



# マルチな要求に,マルチでお応えする 電源IC





低消費電力のパワーマネジメントをワンチップで実現

製品例: 1チャネル		1チャネル	FA7700V, FA7701V, FA7702P
		2 チャネル	FA3686V, FA3687V, FA7703V,
			FA7704V, FA7715J
		3チャネル	FA7711V
		5 チャネル	FA7708R, FA7716R
		6 チャネル	FA3675F, FA3676F, FA7709R
用	途:	TFTパネル月	]電源 , ビデオカメラ・ディジタルスチル
		カメラ用電源	原など
特	長:	低オン抵抗	讠DMOS出力トランジスタ内蔵可能なC/D
		MOSプロ <sup>.</sup>	セスによるパワー段と制御部をワンチップ化
		CMOSア	ナログ回路による低消費電力
		同期整流対	す応や駆動素子の極性切換機能など幅広い
		電源構成は	二対応
		過電流,過	過熱,短絡などに対する保護機能の充実
		豊富なパッ	ッケージのラインアップ , 小型化・薄型化
		にも対応	
		TSSOP-8	3 • 16 • 24 , SON-16 , QFN-36 ,
VQFN-48,LQFP-48など			





Quality is our message





# IC 特集

<b>飽くなき挑戦</b> 岩崎 裕	144(2
富士電機の IC の現状と展望 <sub>鶴田 芳雄</sub> ・ <sub>黒田 栄寿</sub>	145(3
起動素子付き低待機電力対応電源 IC <sub>丸山 宏志</sub> ・ 城山 博伸・ 園部 孝二	149(7
液晶モニタ用 3 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC <sub>藤井 優孝</sub>	153 ( 11
1.8 V 起動 2 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC <sup>野村 ─郎</sup> ・ 中橋 保徳	156 ( 14
小型 5 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC <sub>山田谷政幸</sub>	160 ( 18
シリーズレギュレータ IC <sup>荒井 裕久</sup>	163 ( 21
マイクロ DC-DC コンバータチップサイズモジュール 林 善智 ・ 片山 靖 ・ 江戸 雅晴	166 ( 24
PDP スキャンドライバ IC 技術 <sup>澄田 仁志 ・ 平林 温夫 ・ 小林 英登</sup>	169 ( 27
PDP アドレスドライバ IC 技術 多田 元 ・川村 一裕 ・斉藤 俊	172 ( 30
7 μmセンサピッチ小型・高性能オートフォーカスモジュール <sup>松並 和宏</sup>	175 ( 33
0.6 µmアナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術 <sup>北村 明夫</sup>	178 ( 36
<b>アナログ IC 設計技術</b> 尾 上 久 ・ 藤 澤 旭 ・ 菅原 敬人	182(40
SMBus 対応バッテリー残量計測 IC の開発 <sup>野中 智己 ・ 赤羽 正志 ・ 岩本 基光</sup>	185 ( 43
マスタスライス方式マルチチャネルDC-DCコンバータ制御IC <sup>三添 公義</sup>	189 ( 47
低オン抵抗トレンチ横型パワー MOSFET 集積化技術 <sup>澤田 睦美 ・ 岩谷 将伸 ・ 藤島 直人</sup>	193 ( 51
	197 ( 55

目 次

表紙写真	
	FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
IN3 FB3 IN4 IN5 EA EA	
	Table Sector

時代とともに進化を続ける電子機器は小型 化,省電力化,高機能化が常に要求されてい る。電子機器の心臓部ともいえる IC もまた 同じ状況にあり,新技術を反映した新製品が これらの要求に応えている。

富士電機は独自の CMOS アナログ技術を ベースに,低耐圧から高耐圧まで幅広い電圧 範囲に対応した特徴のある IC 製品群を提供 しており,IC を使用した電子機器の省電力 化と高機能化,小型化に貢献している。

表紙写真は,携帯用電子機器に搭載される 電源 IC を回路イメージとともに示している。 拡大部は新たに開発したボディサイズ 5 mm × 5 mmのQFN (Quad Flat Nonlead) パッケージに収められた電源 IC であ る。

# 飽くなき挑戦



岩崎 裕(いわさき ひろし) 大阪大学産業科学研究所教授 工学博士

昨今,ナノテクノロジーが喧伝されている。ナノメータ スケールでの加工により,新機能のデバイスを作るという のがひとつの大きな柱である。ナノテクノロジーの環境が 整ったのは,生物学,化学,表面科学,材料科学などの科 学の各分野と広く製造技術の発展が一斉に進んでのことと 思われる。特筆すべきは,走査プローブ顕微鏡という原子 レベルにも達する汎用的な表面観察手法の発明がある。製 造技術分野では,もちろん半導体集積回路 IC の発展があ る。半導体デバイス・プロセス開発は微細加工の最先端を 切り開いてきた。ミクロンスケール,サブミクロン, ディープサブミクロン,クオータミクロンと経て,超高集 積回路 ULSI はナノスケールに突入している。

次世代の LSI についてみてみよう。従来型のトランジス タでは,スケーリング則をそのまま延長したのでは性能限 界を迎えるため、さまざまな工夫が考えられている。例え ば、シリコンより格子定数の大きい Si-Ge 層の上に歪んだ シリコンチャネル層を成長させ,バンド構造の変形により 電子やホールの有効質量を小さくし移動度を大きくするよ うな工夫が試みられ、トランジスタ動作高速化が実証され ている。ゲート駆動能力を高め,チャネル高ドープの弊害 を避けるため,種々のダブルゲートトランジスタが開発さ れている。張り合わせ技術を用いて上下のゲート電極を形 成するものや,チャネルと両ゲートを後工程で置き換える 仮のスタック構造を用いるものなどが提案されている。後 者では,シリコン基板からの選択エピタキシャル法で200 程度もの高アスペクト比の中空領域にシリコンチャネルを 形成する曲芸的なプロセスが用いられている。また,カー ボンナノチューブをチャネルに用いたトランジスタも開発 され,実際インバータやリングオシレータが作製されてい る。

これらのデバイス構造やプロセスに先駆けて,かつて, DRAMの開発において日本から3次元的なキャパシタの さまざまな構造・プロセスが提案され,中には多くの奇抜 なアイデアに基づくデバイスの試作が行われていた。実際 には,スタック型のキャパシタが用いられたのであるが, 次世代 LSI では曲芸的なデバイス・プロセスを実際に使お うということである。ICのように日進月歩の激しい技術 開発の世界においては,ある世代に使われたプロセスも, 次の世代では陳腐化するということは多数見られる。そこ で,折角責重なリソースをつぎ込んで研究開発するからに は,なるだけ寿命の長い,複数の世代にわたって用いられ るデバイス・プロセスであるかどうかを見分ける鑑識眼も 要求される。又,過去のDRAM研究開発のデータが次世 代LSI研究に十分生かされるようなドキュメンテーション が残されているか否かは,開発競争にとって重要なファク ターといえ,科学の基礎的な素養が開発現場においても大 切である。

さまざまな常識を覆すようなプロセスが多用されること になるが,常識を覆すということでは,銅配線,CMPな ど信頼性や,ウエハ加工均一性の立場からは考えられない ようなプロセスが導入されたのも比較的最近である。これ までのさまざまなプロセスの革新を見ていると,予断にと らわれないで,基礎に立ち返って考えることの重要性が示 されている。

科学と製造技術の世界は,ある目標を達成したら,それ で終わりというものではない。ある意味では,DNA がこ の宇宙の中で模索する無間とも言える営みの一部ではない だろうか。われわれから見ると,そこに,日本という色合 いがついているのではあるが。

日本人は,ナノスケールの世界での科学や,加工が得意 なのではないかと思っている。非常に手の込んだ加工や, 複雑で精密なプロセスが要求されるナノスケールの製造技 術,加工技術に,楽しんで挑戦していける場面も多いので はないだろうか。ただし,そのためには,企業における生 産技術開発と,大学における研究,さらに高校,中学,小 学校の理科教育が円環となった,いわば知の再生産システ ムをしっかり構築し,それを常に更新していかなければな らない。もちろんそこでは,いわゆる資本の再生産のため の経営マネジメント,政策の役割も重要である。それぞれ の持ち場,現場でも,また社会的なシステムにおいても飽 くなき挑戦が求められるのである。

# 富士電機の IC の現状と展望

鶴田 芳雄(つるた よしお) 黒

黒田 栄寿(くろだ えいじ)

### 1 まえがき

富士電機の IC (Integrated Circuit)は,高耐圧技術 (パワー IC 技術),高精度 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)アナログ技術,およびこれらを制 御するためのディジタル技術をコア技術とし,電源 IC や FPD (Flat Panel Display)用ドライバ IC などを中心に製 品展開を図っている(図1参照)。

これらの製品分野では,小型化,軽量化,低消費電力化, 高機能化が求められており,中でも地球環境保護に寄与す る低消費電力化の要求は大きい。富士電機ではこれらの要 求に応えるため,低消費電力高耐圧 CMOS アナログ技術 を開発し,これを電源 IC に適用して,AC アダプタ用電 源 IC,携帯電話用電源 IC,ディジタルスチルカメラ (DSC)用電源 IC などを製品化してきた。

また,高耐圧化技術においては,700 V 耐圧のパワー MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)を IC に内蔵できる高信頼性デバイス・プロ セス技術や,SOI (Semiconductor On Insulator)基板上 に IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)を作成し IC 化する技術など特徴ある技術を開発し,製品展開を 図っている。

さらに,もう一つの富士電機の IC の特徴として,セン サ複合化技術がある。ホトダイオードによる光センサ内蔵 のカメラ用オートフォーカス(AF) IC やピエゾ型ストレ インゲージ内蔵の自動車用圧力センサなどに応用されてい る。

本特集号では,これらの特徴を生かした新製品および新 技術について紹介する。

## 富士電機の IC の現状

#### 2.1 製品展開

2.1.1 電源 IC

富士電機では,高耐圧 CMOS アナログ技術をベースに, パワー IC 分野に注力しているが,その中でも電源 IC を

### 図1 富士電機の IC の特徴



最重点機種として位置づけ,製品展開を行っている。その 製品コンセプトは,低消費電力化,高精度化,小型化,複 合化であり,これらを独自技術により「顧客第一」の視点 で具現化すべく,製品開発に取り組んでいる。

電源 IC 分野は, 商用電源を入力とする AC-DC コン バータ分野と,携帯用電子機器を中心に用いられる DC-DC コンバータ分野に大別される。富士電機では両分野で 製品展開を行っている。表1に富士電機のCMOS 電源 IC の例を示す。AC-DC分野では,近年,待機時電力が注目 されており,その低減が急務となっている。富士電機では これに対応可能な制御 IC の系列化を進めており,今回, 高耐圧(500V)起動回路を内蔵したカレントモード PW M (Pulse Width Modulation) 制御 IC を開発した。軽負 荷時に周波数を低減させ,消費電力低減と低出力リプル電 圧の両立を目指したものである。また,この分野では高調 波抑制の対応も重要である。これに対しては力率改善用 ICをすでに製品化済みであるが,より使いやすさを目指 した製品開発は継続していく計画である。700 V 耐圧のパ ワー MOSFET 内蔵のパワー IC は, AC アダプタ用途を 中心に市場が拡大している。すでに量産を開始している製 品もあるが,これについても機種系列拡大を含め,今後重 点的に製品開発を行う予定である。

DC-DC 分野は各種携帯機器市場の拡大とともに,アプ リケーションごとの専用 IC 化が進んでいる。今回,富士 電機では,DSC 用に的を絞った電源 IC を開発した。DSC

# 5

**鶴田 芳雄** CMOSIC のプロセス・デパイス 開発に従事。現在,松本工場 IC 第二開発部長。電気学会会員。



#### 黒田 栄寿

電源 IC を中心に, IC の製品開発 に従事。現在,松本工場 IC 第一 開発部長。電子情報通信学会会員。

# 表1 CMOS電源ICの一覧

# (a)AC-DC分野

페 성	D max	適用回路		動作モード		保護回路			との問題		
≅ 右	(%)	フライバック	フォワード	力率改善	ボルテージ	カレント	OCP	ocv	OTP	WOS海区里川	95#3
FA13842	96										8ピン
FA13844	48										8ピン
FA3641/3747	70										8ピン
FA5510/5511 FA5514/5515	46/70										8ピン
FA5501											8ピン
FA5502											16ピン
FA5701	70									700V内蔵	6ピン
FA5504	46										8ピン
FA5506/07/08	80										8ピン
FA5520	95										5ピン

# (b)DC-DC分野

		チャ D <sub>max</sub> ネル数 (%)	電圧範囲			適用回路					
型名	チャ ネル数		2.5~18 V系	2.5~5.5 V系	10~25V系	ステップ ダウン	ステップ アップ	イン バータ	フライ バック	MOS駆動	外形
FA3675F	6	任意設定									48ピン
FA3676F	6	任意設定									48ピン
FA3698F	7	任意設定									64ピン
FA3630V	2	任意設定									16ピン
FA13843	1	96									8ピン
FA13845	1	48									8ピン
FA3686V	2	85									16ピン
FA3687V	2	任意設定									16ピン
FA7700	1	90									8ピン
FA7701	1	100									8ピン
FA7703/7704	2	任意設定									16ピン
		ch1 , 87									
FA3629AV	3	ch2 , 87		2.5~5.8 V系						NMOS内蔵	16ピン
		ch3,86									
FA3635P	1	任意設定			10~45V系					PMOS内蔵	8ピン
FA3685P	1	任意設定			10~45V系					PMOS内蔵	8ピン
FA7702	1	100			10~45V系					PMOS内蔵	8ピン
FA7706	5	任意設定	2.5~12V系								48ピン
FA7707	2	任意設定									20ピン
FA7708	5	85	1.4~10 V系								48ピン
FA7709	6	85	1.4~10 V系								48ピン
FA7710	2	92			6.5~28V系						24ピン
FA7711	3	任意設定	4.5~15 V系								24ピン
FA7715	2	88	1.8~12 V系								16ピン

#### ( c ) その他の分野

	チャ ネル数	主要用途	電圧範囲	適用回路					
型名			2.5~5.5 V系	ステップ アップ	チャージ ポンプ	シリーズ レギュレータ	スイッチ	MOS駆動	外形
FA3721	4	RGB LED PWM制御	3.15~5.0V <sup>*1</sup> 2.7~3.2V <sup>*2</sup>					PMOS内蔵 NMOS内蔵	16ピン
FA3717	1	白色LED 階調制御	3.1 ~ 4.3 V <sup>*1</sup> 2.75 ~ 2.95 V <sup>*2</sup>					NMOS内蔵	16ピン
FA3705	1	低ノイズ チャージポンプ	2.7 ~ 4.4 V					PMOS内蔵	8ピン
FA3901	1	低消費電力 LDO	2.0~6.0V					PMOS内蔵	5ピン

\*1:パワー系電源,\*2:制御系電源

は回路ブロックごとに必要な電源電圧が異なるため,マル チチャネル化が進んでいる。またバッテリー動作時間を延 長するために,電源部の高効率化ときめ細かいパワーマネ ジメント機能が要求される。さらに多様なバッテリーに対 応するため,動作入力電圧の下限を引き下げることも必要 である。これらを CMOS アナログ技術により実現した。

液晶パネル駆動電源用に,富士電機の電源ICは従来から数多く採用されている。今後,従来のCRTモニタの置換えとして,液晶モニタが期待されているが,今回専用の電源ICを開発した。3個の外部パワーMOSFETを直接駆動でき,入力電圧範囲が広い(5~20V)ため使いやすいICとなっている。

携帯電話端末を代表とする携帯電子機器は,機能・性能 向上のため搭載される LSI (Large Scale IC)の微細化が 進展しており,電源電圧は年々低下している。携帯電話端 末では従来,これらの電源はバッテリーからシリーズレ ギュレータを通して供給されていた。しかし,シリーズレ ギュレータ方式ではバッテリーと電源出力の電圧差が大き くなると,変換効率が著しく悪化するという問題がある。 このため,シリーズレギュレータ方式からスイッチング方 式への転換が必要であるが,スイッチング方式は外部イン ダクタの形状が大きく,その対策が強く求められている。 この対応として,富士電機ではインダクター体型の電源 ICの開発に取り組んできており,今回,1Wクラスで世 界最薄・最小レベルの電源 IC を実現した。今後,お客様 の要望を取り入れながら,製品化に向け開発を加速してい く予定である。また,今回これと合わせて,LDO(Low Drop Out Regulator)も新たに製品化した。スイッチン グ方式と合わせて使用することにより,用途ごとに最適な

電源回路が構築できる。 以上説明した製品・技術の詳細については,本特集号の 別稿に掲載されているので参照いただきたい。

#### 2.1.2 PDP ドライバ IC

大画面テレビ用として, PDP (Plasma Display Panel) が注目されており,市場も本格的な拡大期を迎えようとし ている。高耐圧パワー IC の展開として,富士電機では PDP ドライバ IC の製品化を進めている。PDP ドライバ IC には,中耐圧小電流(85 V/30 mA)のアドレス IC と 高耐圧大電流(~200 V/~1,000 mA)のスキャン IC が ある。アドレス IC は,C/DMOS (Complementary/Double Diffused MOS)技術,スキャン IC は SOI 基板を用い た IGBT デバイス技術を用いて製品化を行っている。今回, 新たに開発した PDP ドライバ IC を別稿にて紹介してい るので,参照いただきたい。

#### 2.1.3 AFIC

富士電機では光学センサ技術応用製品として,カメラ用 AFIC も手がけている。カメラ市場は従来の銀塩カメラか ら,DSC へ急速にシフトしている。DSC のシャッタレ リーズタイムの短縮を図るため,市場では富士電機製 AFIC が搭載され始めている。この流れを加速すべく,新 製品開発を行っているが,小型化,低価格化要求にいかに 応えていくかが鍵である。これに対し,今回,光学モ ジュールと IC チップを一体組立により小型化と低コスト 化を実現した広角モジュールの製品化を行った。詳細は別 稿「7µm センサピッチ小型・高性能オートフォーカスモ ジュール」にて紹介する。

# 2.1.4 圧力センサ

圧力センサ技術の適用では自動車用圧力センサを展開し ている。従来,バイポーラ上に薄膜トリミングで形成して いた圧力センサに対し,今回,CMOSプロセスによる ディジタルトリミング型圧力センサを開発した。チップ内 部には,圧力をひずみに変換するゲージ,増幅回路,EMI フィルタ,サージ保護素子が内蔵されており,高精度で安 定的なトリミングが可能である。標準パッケージ製品とし て,エンジン吸気圧測定用スタンドアロンタイプと,大気 圧補正などに用いる自立型セルタイプがある。いずれもセ ンサ内部に真空基準室が設けられており,高精度の絶対圧 測定が可能な圧力センサである。

#### 2.2 技術開発

#### 2.2.1 プロセス・デバイス技術

富士電機のプロセス・デバイス技術の特徴の一つは高耐 圧化技術である。例えば,2層メタルシールド構造を採用 した高信頼性の700 V ワンチップパワー IC デバイス・プ ロセスや SOI 基板上に IGBT 素子を形成し(図2参照), 高耐圧(200 V),大電流(1,000 mA)の出力段を実現した PDP ドライバ IC 用デバイス・プロセスなど,独自技術を 開発している。

また,もう一つの特徴である CMOS アナログ用デバイ ス・プロセスとしては,本特集号で紹介している「0.6 µm アナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術」を開発した。 これは,アナログ回路用に低しきい値電圧のアナログ CMOS,ディジタル回路用には微細ルール(0.6 µm ルール) のディジタル CMOS,高耐圧 MOS としては 30 V 耐圧保 証の HV-MOS と出力段 DMOS を用意している。これら により,低電圧駆動可能な,高性能アナログ回路と,CPU などの高集積ディジタル制御回路の混載が可能となり,高 性能・高機能電源 IC の製品化が可能となる。



# 図 2 SOI 基板上に形成した IGBT の断面構造

#### 2.2.2 設計技術

IC 設計技術においては,高集積化,高機能化,短納期 設計などの要求に応えるため,自動設計システムの構築, 高精度シミュレーション技術の開発,設計資産の再利用な どを進めている。特に,富士電機の最重要製品である電源 IC のようなアナログ IC に対しては,アナログマクロセル ライブラリ,アナログ回路設計検証技術,アナログ自動マ スクレイアウト設計技術などを開発し,電源 IC の高精度 化,高機能化,短納期開発に寄与している。詳細は本特集 号の別稿「アナログ IC 設計技術」にて紹介する。

また,ディジタル系のトップダウン設計環境も構築して おり,前述のアナログ設計環境と合わせ,ディジタル・ア ナログ混載設計技術の高度化を実施している。さらに,テ スト自動設計技術の開発なども行っており,今後ますます 高度化が予測される携帯機器用システム電源 IC などの開 発に対応可能な設計環境の構築を推進している。

今後の展望

富士電機では,今後とも高耐圧技術とCMOSアナログ 技術を中核技術とし,さらにインテリジェンスを加え,電 源ICを中心として市場の要求に対応した特徴ある製品を 開発していきたいと考えている。

電源 IC 分野においては,これからますます深刻化が予 想される環境問題に対応していくため,低消費電力化・高 効率化が最重要課題となってくる。富士電機ではこの課題 に対し,電力変換効率の高いスイッチング方式を主力方式 として取り組み,今までにコア技術として構築した高耐圧 低消費電力 PWM スイッチング技術をさらにブラッシュ アップさせ,この技術を有効利用したパワーマネジメント 技術を創出し,高精度でインテリジェントな電源 IC を開 発し,製品化していく。

また,プロセス・デバイス技術については,低オン抵抗

図 3 トレンチ横型パワー MOSFET (TLPM)の断面構造



デバイス技術をさらに発展させていく。具体的には,本特 集号の別稿「低オン抵抗トレンチ横型パワー MOSFET 集 積化技術」で紹介しているようなユニークな技術を今後と も開発し,製品に適用していく(図3参照)。

#### 4 あとがき

電源 IC を中心に,富士電機の IC の現状と展望を述べた。今後とも富士電機では,高耐圧と CMOS アナログ技術を中心に独自技術に磨きをかけ,顧客満足度を向上させることのできる製品を提供していく所存である。

#### 参考文献

- (1) 鹿島雅人ほか.CMOS 力率制御用電源 IC.富士時報. vol.74, no.10, 2001, p.551-553.
- (2) 古森敏夫.富士電機の IC の現状と展望.富士時報.vol.74, no.10,2001,p.547-550.



# 起動素子付き低待機電力対応電源 IC

丸山 宏志(まるやま ひろし)

```
城山 博伸(しろやま ひろのぶ)
```

園部 孝二(そのべ こうじ)

# 1 まえがき

近年,地球温暖化が世界的な問題としてクローズアップ され,電気製品全般での省エネルギー化が重要となってい る。特に常時コンセントに接続されるテレビ,AV製品, OA機器,ノートパソコンのACアダプタなどでは実際に 使用している時間より,使用されずに待機状態となってい る時間の方が圧倒的に長いのが実態であり,全体的にみれ ば待機時に消費する電力の方が大きな比率を占めている。

このため待機電力の低減に各メーカーの努力が続けられ, 現在では,製品によって待機電力300mW以下,100mW 以下といった仕様の電源設計が要求される場合が多くなっ ている。

富士電機では商用交流電源(100 V,240 V)を直流電源 に変換する AC-DC コンバータ用の制御 IC として,低消 費電力化に有効な高耐圧 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセスを用いた製品を開発して きた。

今回は, さらに低待機電力対応の機能を強化した 8 ピン のカレントモード PWM (Pulse Width Modulation)制御 IC「FA5506P/N」シリーズを開発したので, その概要を 紹介する。

2 製品の概要

#### 2.1 特 徴

富士電機では,30 V 耐圧の CMOS プロセスを使用し, 外付けのパワー MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)を駆動するタイプの AC-DC 電 源制御 IC を系列化してきた。

今回の開発品では,待機電力対応として500 V 耐圧の起動素子を内蔵し,また軽負荷時に発振周波数を下げる機能を取り入れている。

パッケージ外形は DIP (Dual Inline Package)と SOP (Small Outline Package)の2種類を用意し,ピン配置は, 8ピンに高圧系の起動素子(VH)端子を設定し,7ピン



丸山 宏志 スイッチング電源制御 IC の開発 に従事。現在,松本工場 IC 第一 開発部。



城山博伸

スイッチング電源制御 IC の開発 に従事。現在,松本工場 IC 第一 開発部。



園部 孝二

スイッチング電源制御 IC の開発 に従事。現在,松本工場 IC 第一 開発部。

を未接続(NC)端子にして高電圧対策としている。 図1に製品の外観,図2にチップ写真を示す。 ICの主な特徴は以下のとおりである。

(1) 500 V 耐圧の JFET (Junction Field Effect Transistor)を内蔵し,IC 起動時は VH 端子から VCC 端子への充電電流を供給し,スイッチング動作状態になれば,高圧系からの起動電流をオフして損失を低減する。
 起動時:3mA(電源入力電圧 V<sub>cc</sub> = 0V)~

250 $\mu {\rm A}$  (  $V_{\rm CC}$  = 15 V )

図1 製品の外観



#### 図 2 FA5506 のチップ写真



動作時:10µA

(2) FB 端子電圧(二次側からのフィードバック電圧)で 軽負荷時を判定し,発振周波数を異音防止・リプル対策 のためリニアに低下させることで,電源のスイッチング 損失を低減させる。

最低発振周波数 = 約 1.5 kHz

(3)通常動作時の発振周波数は、今回の開発品では内部で 設定され外付け部品での調整はできないため、発振周波 数の違う3機種を系列化した。最大オンデューティは 80%に設定している。

FA5506:130 kHz, FA5507:100 kHz, FA5508:60 kHz

(4) VCC 端子はヒステリシス特性を持つ低電圧誤動作防
 止(UVLO: Under Voltage Lock-Out)回路を内蔵している。

14.8 V オン/9 V オフ

- (5) IS 端子は外部 MOSFET の電流をモニタする端子で, 最大入力レベルは 500 mV である。オン時のノイズ誤動 作を防止するためブランキング時間を 400 ns に設定し ている。
- (6) 過負荷, VCC 端子の過電圧, ラッチ遮断, ソフトス タートなど各種保護機能を内蔵している。

#### 2.2 起動回路

VH 端子から接続される JFET は,AC 入力を整流した 高圧ラインから直接接続される。このドレイン部分が 500 V 耐圧構造の素子である。この JFET のピンチオフ電圧 は 25 V となっているため,JFET のソースはこの電圧以 上には上昇しないのが特徴である。

図3にIC全体のブロック図を,図4に起動回路部分を 示す。JFETから電流調整用のpチャネルMOS(MP1) を通してダーリントン接続のnpnトランジスタ(Q1,Q2) が接続される。この部分が起動回路のスイッチ動作をする。

起動時はオンオフ信号が H レベルとなり MN2 はオン, MN1 はオフとなる。そのため抵抗 R2 を通して npn トラ ンジスタ Q1 にベース電流が流れ npn トランジスタはオン となり VCC 側へ電流が供給される。

図3 回路ブロック図



VCC 端子電圧が上昇し,スイッチング動作状態の場合 は,オンオフ信号がLレベルとなり,MN1をオン状態に する。このときは,Q1のベース電流をMP2,MP3,MN1 側へ吸い込み npn トランジスタをオフさせて,VCC 端子 への供給をカットする。このとき抵抗 R2 は約 2 M の大 きな抵抗値を持つため,VH 端子からの流入電流は 10 µA 程度に抑えられる。

2.3 周波数低減回路

図 3 で FB 端子からダイオードを通した電圧レベルが抵 抗を通して IS コンパレータ(IScomp)に入力されるとと もに,1M,5pFのフィルタを通して発振器(OSC)に 入力される。この発振器内部の回路を図5に示す。

発振器では VCO 入力の電圧をアンプ(AMP1)で増幅 し,FB 端子電圧が1V のときに AMP1 の出力が 2.5 V に なるように設定されている。AMP2 は,AMP1 出力と 2.5 V の低い方の電圧をバイアス抵抗(Rbias)に発生させ, このとき流れる電流(*I*<sub>bias</sub>)が発振器の周波数可変をコン トロールする。

また,カレントミラー回路(MP1)で *I*<sub>bias</sub> と同じ電流 値の電流源を作り,さらに定電流源(I\_fmin)で示した発 振周波数で1.5 kHz に相当する分の電流を加算したものを, カレントミラー回路(MN1)に流し,発振器(OSC)の タイミングコンデンサの充電電流として供給する。

このため, FB 端子の電圧が低下した場合の発振周波数 は FB > 1 V では通常の発振周波数, FB < 1 V でリニア

図4 起動回路



図5 周波数可变回路(発振器)



に周波数は低下し,最後は1.5 kHz まで低下しそのまま維持される。

発振器は,オン期間用とオフ期間用の2系統の充放電回路をフリップフロップを使って交互に切り換えることで動作し,コンパレータのレベルを,4:1に設定することで最大デューティを80%に設定している。

# 3 従来 IC との電源回路の比較

FA5506は,従来外付け回路で構成していた起動回路や 過電圧保護回路など,多くの機能をIC内部に取り込んで いる。FA5506を使用して,一般的な電源回路を構成した 場合の回路図と,これに対し代表的な従来型の電流モード 制御ICであるFA13842を使用して,ほぼ同じ機能を実 現した場合の回路図を図6に示す。従来型の回路図の中で, 太線で囲った部分が今回FA5506に取り込んだ部分である。 両者を比較して分かるように,FA5506を使用した場合, IC周辺の回路を非常にシンプルに構成できる。実際,両 者の回路図を比較すると,19点の部品が削減できている。 この結果,IC周辺部分の省スペース化に寄与し,電源 セットの小型化にも効果が期待できる。

4 電源回路への応用

4.1 評価用電源

この IC を使った場合の電源回路としての特性を確認するため,実際に電源を作成し,その特性を確認した。

- 作成した電源の主な仕様は以下のとおりである。
- (1) 入力電圧:AC80~264V,50/60Hz
- (2) 出力:DC5V,25W

図6 電源回路の比較

- (3) 保護機能:過負荷ラッチ,過電圧ラッチ,過電流制限
- (4) 使用 IC: FA5506(定格時発振周波数:130 kHz)

#### 4.2 軽負荷時周波数低減機能

定格負荷時のスイッチング波形を図7に,無負荷の場合 を図8に示す。定格負荷時には130kHzで動作しているが, 無負荷時には発振周波数が低下し,約1.5kHzで動作して いることが分かる。また,出力電力と発振周波数の関係を 図9に示す。軽負荷になると発振周波数が徐々に低下して いる様子が分かる。

4.3 軽負荷時の効率改善

軽負荷時の効率改善効果を確認するため,従来型のIC を同じ評価用電源に搭載し,特性の比較を行った。

比較に使用した IC は, 起動回路および周波数低減機能 を内蔵していないが, その他の特性はほぼ同等のものであ る。また起動回路としては,一般的に使用される抵抗のみ とした。このため従来の IC の場合には, IC が起動した後 も常時損失が発生している。

入力が AC 240 V の場合の効率特性を図10 に示す。出力 電力が大きい部分では,どちらの IC も同じ発振周波数で 動作しており,また起動回路で発生する損失も出力電力に 比べ十分小さいため,効率にはほとんど差が見られない。

これに対し出力電力が小さくなると,FA5506の場合, 効率が大きく改善しており,最大で約40%の効率改善を 実現できている。これには大きく二つの要因が考えられる。

ーつは,FA5506の場合,軽負荷時にスイッチング周波数が低下することにより,スイッチングロスが削減できていることが挙げられる。

もう一つは,起動回路の効果である。従来のICでは, 起動回路として抵抗を用いた。この抵抗で発生する損失は 比較的小さいものではあるが,軽負荷時にはこの損失の比 率が大きくなり無視できなくなってくる。これに対しFA 5506では,ICが動作している間はこの起動回路で発生し ている損失をほぼゼロとすることができるため,効率を改



# 図7 定格負荷時のスイッチング波形(入力 AC 240 V)



図8 無負荷時のスイッチング波形 (入力 AC 240 V)



#### 図 9 発振周波数特性



善することができた。

#### 4.4 無負荷時の入力電力

無負荷時の入力電力の比較を行った。電源回路での無負荷の状態は,例えば AC アダプタをコンセントに差し込ん

図 10 効率特性(入力 AC 240 V)







だまま,これを利用するセット側を動作させていないよう な場合に見られる。つまり,無負荷時の入力電力はすべて 損失となり,省エネルギーの観点からは,この無負荷時の 入力電力を削減することも大きなポイントとなる。

結果を図11に示す。ほぼ全入力電圧範囲で70%以上, 最大で約85%の損失を削減できている。この結果,無負 荷時の入力電力をAC100Vの場合には48mW,AC240 Vの場合には75mWに抑えることができ,全入力電圧範 囲で無負荷時の入力電力を100mW以下に収めることが できた。

### 5 あとがき

起動素子付きの低待機電力対応電源 IC について紹介した。この分野は今後もさらに低消費電力化の要求が厳しくなってくることが予想されるため,さらなる機能強化・使いやすさを追求した製品を開発していく所存である。

#### 参考文献

(1) 丸山宏志. 軽負荷時省電力機能付 PWM 制御 IC. 富士時 報.vol.73, no.8, 2000, p.427-431.

# 液晶モニタ用 3 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC

#### 藤井 優孝(ふじい まさなり)

# 1 まえがき

マルチメディア化の進行に伴い,電子機器においても軽 薄短小,低消費電力化の傾向があり,表示機器分野ではこ れらの特徴を生かした液晶モニタが従来の CRT から急速 に置き換えられている。

現在,小型の表示機器では CRT から液晶モニタへの置換えが一般的となっているが,今後表示機器の大型化に伴い,軽薄短小・低消費電力である大画面液晶モニタへの ニーズはますます高まると予想される。一方,普及の促進には低価格化が重要なアイテムとなっている。

一般的に液晶モニタの駆動には昇圧・降圧そして極性反 転の3種類の電圧が必要であり,液晶モニタへの入力電圧, その駆動に必要な電圧構成および電源シーケンスは各モニ タメーカーや機種により異なっている。このため,より一 層汎用性の高い電源 IC が液晶モニタメーカーからは求め られている。

富士電機ではこれまでも液晶モニタ用の電源 IC を系列 製品化してきたが,上述の課題を解決するために,このた び新系列として大画面液晶モニタ用電源を構成するうえで, 外付けパワー MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)駆動用バッファが不要である3 チャネルの PWM (Pulse Width Modulation)方式スイッ チング電源制御 IC「FA7711V」を開発・製品化したので, ここにその概要を紹介する。

2 製品の概要

図1にFA7711Vの外観を示す。

#### 2.1 IC 全体の特徴

今回,開発製品化した FA7711V は大型の液晶モニタ用 電源制御 IC で,大容量パワー MOSFET を直接駆動でき るため,従来必要であった外付けパワー MOSFET 駆動用 のバッファが不要となる。また,3チャネルの PWM 制御 出力端子を内蔵しているため液晶モニタに必要な電源を簡





単に構成することができる。

FA7711Vの特徴は次のとおりである。

- (1) 大容量パワー MOSFET (*C*<sub>iss</sub> = 2,000 pF 程度)を直接駆動可能(ピーク出力電流 ± 800 mA)なため,高速 スイッチングにより高効率化が可能
- (2) 降圧,昇圧,極性反転およびフライバック回路が構成 可能な3チャネル PWM 制御出力内蔵
- ○チャネル1

p チャネル MOS 駆動専用(降圧回路)

○チャネル2, チャネル3

n チャネル MOS/p チャネル MOS 駆動切換(昇圧,降 圧,極性反転)。OUT2とOUT3とは互いに逆相。極性 切換は極性切換端子にて個々に設定

- (3) 広い動作電源電圧範囲: 4.5~15V
- (4) 200~800 kHz の高周波動作が可能で,タイミング抵抗のみで動作周波数の設定が可能
- (5) 基準電圧: 3.70 V(精度 + 1%)
- (6) CMOS プロセスにより低消費電流 (動作時 7 mA)
- (7) 各チャネル独立のソフトスタート回路と最大デュー ティ設定が可能
- (8) 各チャネル独立のタイマ・ラッチ式出力短絡保護回路 内蔵
- (9) 低電圧誤動作防止回路内蔵
- (10) 小型・薄型の TSSOP-24 ピンパッケージ (取付け高



# 藤井 優孝

りん酸形燃料電池発電装置の開 発・設計を経て,スイッチング電 源制御 IC の開発・設計に従事。 現在,松本工場 IC 第一開発部。 さ最大 1.20 mm)

#### 2.2 動作説明

図 2 に FA7711V の内部ブロック図を示す。また,各部の動作について以下に述べる。

## (1) PWM 制御部

各チャネルとも誤差増幅器の非反転入力端子(IN+) にて外部から 1.3 ~ 2.3 V の範囲内で個々に基準電圧を入 力設定することが可能である。

図 2 FA7711Vの内部ブロック図



図3 FA7711Vの応用回路例

出力の極性切換は極性切換端子(SEL)にて設定する。 また,チャネル2とチャネル3とは逆相となっており,電 源を駆動する際の入力電源の負荷を分散することにより入 カリプルの低減ができる。

(2) 最大デューティ設定

昇圧回路および極性反転回路駆動の場合は外付けパワー MOSFET のフルオンによる電源入力とグラウンド間の短 絡を防止するために最大デューティを制限する必要がある。 このため,各チャネルともソフトスタート端子(CS)に て 1.3 ~ 2.3 V の範囲内で入力し,最大デューティを設定 することができる。

#### (3) ソフトスタート回路

各チャネルとも独立したソフトスタート回路にて起動時 にデューティサイクルを徐々に広げ,入力電源の突入電流 と電源出力電圧のオーバシュートを防止することができる。 ソフトスタート端子(CS)には内部電流源を内蔵してい るため外部にコンデンサを接続して使用する。

(4) タイマ・ラッチ式出力短絡保護回路

各チャネルとも独立したタイマ・ラッチ式出力短絡保護 回路にて個々の誤差増幅器の出力電圧異常を監視し,ある 一定の遅延時間経過後,IC出力を停止する。この遅延時 間の設定は内部に電流源を内蔵しているタイマ・ラッチ用 コンデンサ接続端子(CP)にて設定することが可能であ る。

(5) 低電圧誤動作防止用回路

電源入力端子(VCC)および基準電圧出力端子(VREF) の電圧が低下(3.3 V以下)するとすべてのチャネルの出 力を停止する。



図 4 8 ~ 14 V 入力電圧の電力変換効率データ (560 kHz スイッチング)





図5 4.5~8V入力電圧の電力変換効率データ

(6) 三角波発振器

三角波発振器の発振周波数はタイミング抵抗接続端子 (RT)に28~6kの抵抗を接続することで200~800 kHzの間で任意に設定できる。三角波の振幅は1.3~2.3 V であり,各チャネルのPWMコンパレータの基準電圧と して供給されている。

3 応用回路例

図3にFA7711Vの応用回路例を示す。入力電圧範囲が 変わることで出力電圧が変わり,出力電圧の検出抵抗の回 路定数が変更となる。入力電圧が8V以上の場合,電源の 入出力条件は以下のとおりである。

- (1) 入力電圧(Vin) 8~14 V
- (2) 出力電圧(*V*out)
  - チャネル1:降圧(3.3 V/300 mA)
  - チャネル2:極性反転(-10V/50mA)
  - チャネル3:昇圧(15V/800mA)

この場合の電力変換効率(=出力電力/入力電力)を図 4に示す。出力部の高速スイッチングによりICでの損失 を抑えることで91~93%の高い効率を実現している。

入力電圧が8V以下の場合,電源の入出力条件は以下の とおりである。

- (1) 入力電圧 4.5~8V
- (2) 出力電圧
  - チャネル1:降圧(3.3 V/300mA)

チャネル2:極性反転(-7.5 V/50 mA)

チャネル3:昇圧(10 V/800 mA)

この場合の電力変換効率を図5に示す。入力電圧が低い ことにより,ラインの電流増加による構成素子抵抗分の電 力損失増大のために入力電圧8V以上の場合よりも効率は 低下するが,89~91%と比較的高い効率となっている。

4 あとがき

液晶モニタ用電源制御 IC である FA7711V の概要を紹 介した。

現在,表示機器の分野ではモニタサイズの大小によらず, 従来のCRT モニタから液晶モニタへの置換えが急速に進 み,電源の小型・薄型化およびこれに伴う低消費電力化の 要求が高まっている。一方,液晶モニタの低価格化要求に より,ICの外付け部品の削減が電源の低コスト化に対し 重要なアイテムとなっている。富士電機ではこうした市場 要求に応えるべく,今後パワー MOS 内蔵化など液晶モニ タ用電源制御 IC のさらなる系列化を進めていく所存であ る。

#### 参考文献

- 山田谷政幸.LCDパネル用電源IC.富士時報.vol.74, no.10,2001,p.561-563.
- (2) 野村一郎.1 チャネル CMOS DC-DC コンバータ制御 IC.
   富士時報.vol.73, no.8, 2000, p.432-435.
- (3) 遠藤和弥.6 チャネル DC-DC コンバータ用 IC.富士時報.
   vol.71, no.8, 1998, p.438-441.

# 1.8 V 起動 2 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC

野村 一郎(のむら いちろう) 中橋 保徳(なかはし やすのり)

#### 1 まえがき

ディジタルスチルカメラなどの携帯機器では,軽量化や 連続動作長時間化に対応し,待機時および動作時の低消費 電力化,バッテリー搭載数低減のための低電圧動作,部品 の小型化・削減の重要性が従来にも増して高まっている。

富士電機ではこれらの要求に応え,電源入力 1.8 ~ 10 V 動作,低消費電力化に向けたパワー MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)の直結駆 動,待機時の低消費電流,厚さ 0.95 mm 小型パッケージ への搭載を達成した 2 チャネル出力 DC-DC コンバータ制 御 IC「FA7715J」を製品化したのでここに紹介する。

#### 2 製品の特徴

FA7715Jは,電源の出力数が比較的少ない機器,変圧 器などを使用して多出力電源の回路簡素化を図る機器を対 象に,2チャネル出力制御用として開発した。図1に内部

#### 図1 内部ブロック図



ブロック図を示す。特徴は次のとおりである。

(1) 起動直後から制御回路切換なしで電源入力 1.8 ~ 10 V
 の広範囲(起動後は 1.5 V まで)で動作可能

一般的に電源入力 1.5 V の低電圧動作可能な電源 IC で は電源出力確立後には高精度の周波数動作になるが,起動 直後は周波数などが低精度の起動回路で動作せざるを得な い欠点がある。

本 IC では起動時から定常時まで制御回路の切換なく周 波数やパルス幅制御回路が常に高精度で動作するため,電 源回路設計がしやすい構成となっている。

- (2) 高精度基準電圧内蔵:電源出力電圧設定用エラーアン プ反転入力 IN1-, IN2-端子しきい値電圧 0.5 V±1%, REF 端子出力電圧 1.4 V±1.2%
- (3) パワー MOSFET を直結駆動可能(ピーク ± 150 mA) チャネル1は npn トランジスタまたは n チャネル MOS
   FET 駆動,チャネル2は SEL 端子がローレベル(0V) で npn トランジスタまたは n チャネル MOSFET 駆動, SEL 端子がハイレベル(1.1 ~ 1.7V)で pnp トランジス タまたは p チャネル MOSFET 駆動が可能である。
- (4) 動作周波数範囲が広い: 50 kHz ~ 1MHz
- (5) 低待機電流を実現:標準7µA,最大20µA
- (6) 最大デューティサイクル 88 % (標準)に内部固定

外付けトランジスタ駆動(OUT1,OUT2端子)のオン 時比率(デューティサイクル)最大値を100%より小さく することで電源入力と接地の短絡防止を図るとともに,昇 圧回路構成の場合の昇圧比を約5倍まで確保でき,種々の 電源入出力仕様に幅広く対応できる。

(7) 各チャネルごとにオンオフ制御可能

ON/OFF1,2 端子を 0.3 V 以下でオフに,1.2 V 以上の 低入力信号でオンとなるため,CPU から直接制御可能で あり,電源出力の起動シーケンス設定が容易である。

(8) 各チャネルごとにソフトスタート時間を設定可能 CS1, CS2 端子とも - 1.6 µA の微小ソース電流による充

電のため,比較的小容量のコンデンサを使用できる。

(9) 低電圧誤動作防止回路内蔵

電源入力(VCC 端子)電圧に対し,スイッチング動作



野村 一郎

DC-DC コンパータ用,AC-DC コンパータ用などの電源制御 IC の開発に従事。現在,松本工場 IC 第一開発部プリンシパルエン ジニア。



中橋 保徳

スイッチング電源制御 IC の開発 に従事。現在,松本工場 IC 第一 開発部。

# 図2 FA7715Jの外観



#### 表1 FA7715Jの主要仕様

項目	仕様
機能	2チャネル出力スイッチング 電源制御
電源電圧	1.8~10 V (起動後は1.5 Vまで動作)
動作周波数	50 kHz ~ 1 MHz
MOSFET駆動電流	± 150 mA
ON/OFF1,ON/OFF2端子入力電圧	オフ: - 0.3 ~ 0.3 V オン:1.2 ~ 5.5 V
ソフトスタート用CS1/CS2ソース電流	- 1.6 μA(標準)
タイマ・ラッチ短絡保護用CP端子 ラッチしきい値/解除しきい値	0.6 V/0.2 V(標準)
CP端子ソース電流	- 1.6 μA(標準)
待機時消費電流	7 μA(標準)
動作時消費電流	2.4 mA(標準)
パッケージ	SON16 (厚さ最大0.95 mm)

の開始と停止のしきい値電圧をおのおの1.55V(標準)と 1.30V(標準)としてヒステリシスを設け,乾電池2本レ ベルの電圧まで電源リプルに対して安定動作が可能である。 (10) タイマ・ラッチ短絡保護回路内蔵

- 1.6µA の微小ソース電流による充電のため,比較的容 量値の小さいコンデンサを使用できる。また,ラッチ(ス イッチングの完全停止)と解除をおのおの0.6 V/0.2 V と してヒステリシス電圧を0.4 V と大きくすることによりノ イズに対し安定したラッチ動作が得られている。

保護動作のリセットは, ON/OFF1 端子と ON/OFF2 端子の電圧をともにローレベルにしたときのみ機能する CP 端子電圧の内部プルダウンで行う。

このため,出力短絡により VCC 端子電圧の過渡的な急低下で低電圧誤動作防止回路のしきい値近傍の電圧になっても短絡保護機能がリセットされず正常に機能するメリットがある。

 (11) 小型・薄型の SON (Small Outline Non-lead) 16 ピン パッケージを採用[リードピンを含む外形:最大 5.4 ×
 4.7 × 0.95 (mm)]

図 2 に FA7715J の外観を,表1に主な仕様を示す。

図3 バイポーラトランジスタ駆動の応用回路例



#### 図4 MOSFET 駆動の応用回路例



# 3 製品概要と応用回路例

FA7715Jの応用回路例を図3,図4に示す。

図3はnpnトランジスタ駆動の昇圧チョッパを2回路 構成とした例であり,電源の入出力仕様は入力1.8~4V (起動後は1.5Vまで動作),出力は2系統で定格5V/100 mAと10V/20mAである。

OUT1 端子(9番ピン)はON/OFF1 端子,OUT2 端子 (8番ピン)はON/OFF2 端子にわずか1.2V以上の低入 力信号の印加でスイッチングを開始できる。同印加のタイ ミング設定により,各チャネル,すなわちOUT1 端子, OUT2 端子で駆動する電源出力系の起動シーケンスを任 意に設定可能である。

各電源出力系のスイッチング開始後の立上り時間は, CS1 端子, CS2 端子に接続のコンデンサ容量値により各外 付け npn トランジスタのオン時比率を徐々に広げる時間 (ソフトスタート時間)を調整して設定可能である。

過負荷や出力短絡などの異常により,電源出力電圧が設 定値に対し低下し一定時間経過した場合,タイマ・ラッチ 短絡保護回路が働き,スイッチング機能を完全に停止する。 上記の一定時間,すなわちタイマ・ラッチ遅延時間は, CP 端子に接続するコンデンサの容量値で適宜設定できる。

なお,図3の npn トランジスタを n チャネル MOSFET に置き換える場合は,同 MOSFET のゲート駆動電圧を十 分に確保するため,電源入力約 2.5 V 以上の印加が必要で あり,また,OUT1 端子,OUT2 端子と同 MOSFET ゲー ト電極の間は抵抗,コンデンサの接続なく直結が可能であ る。

図 4 は n チャネル MOSFET 駆動による昇圧チョッパ回 路と p チャネル MOSFET 駆動による降圧チョッパ回路の 例であり,電源の入出力仕様は入力 4 ~ 12 V,出力は 2 系統で定格 14 V/100 mA と 2 V/300 mA である。

図 3 に対し OUT2 端子の極性を変えるために SEL 端子 に 1.1 ~ 1.7 V の電圧を印加し p チャネル MOSFET 駆動 とする。

起動シーケンスやソフトスタートの設定は図3の場合と 同様である。

図3,図4の応用回路例に対応したスイッチング波形を おのおの図5,図6に示す。npnトランジスタQ1,Q2の コレクタ電圧波形,およびnチャネル/pチャネル MOS FET Q3,Q4のドレイン電圧波形に示すとおり,数+ns の高速スイッチングを実現しており,本例の約500kHzの 高周波動作においてスイッチング損失を十分に小さくでき

図 5 バイポーラトランジスタ駆動例のスイッチング波形 (条件:電源入力 3 V,電源出力 5 V/100 mA,10 V/ 20 mA)



図 6 MOSFET 駆動例のスイッチング波形 (条件:電源入力 8 V,電源出力 14 V/100 mA,2 V/ 300 mA)



る。

図3,図4に対応した電力変換効率データをおのおの図7,図8に示す。

図7のバイポーラトランジスタ駆動の例では,電力損失 になる駆動電流の直流分が負荷電流の10分の1程度のオー ダーと比較的大きいことから,効率は73~77%程度と比 較的低くなっている。電源入力電圧上昇に伴い,電源入力 電流低下のためIC外付け主回路(npnトランジスタ,イ ンダクタ,ダイオード,電源出力の平滑コンデンサ)抵抗 分による電力損失が減少する一方,npnトランジスタの ベース電流が上昇し電力損失増加の支配的な要素となる。 これらの電力損失減少・増加要素により,入力2V近傍で 効率が最大となっている。

図8の MOSFET 駆動の場合,駆動電力がバイポーラト ランジスタの10分の1程度のオーダーと比較的小さいこ とから,約84%の高効率を得ている。電源入力電圧上昇 に伴い,MOSFETを含むIC外付け主回路抵抗分による 電力損失は電源入力電流低下により減少する一方,MOS FET 駆動電力は増加するが,上記のとおり比較的小さい 値である。これらの電力損失減少・増加要素が打ち消し合 い,入力電圧依存性の小さい効率特性となっている。

上記の例では MOSFET のオン抵抗を十分に下げる駆動



図7 バイポーラトランジスタ駆動例の電力変換効率 (条件:電源出力5V/100mA,10V/20mA)

# 図 8 MOSFET 駆動例の電力変換効率 (条件:電源出力 14 V/100 mA, 2 V/300 mA)



電圧が 2.5 V 以上程度であることを考慮して,電源入力 1.8 V 程度の低電圧動作に対しバイポーラトランジスタ駆 動としたが,MOSFET 駆動しきい値電圧低下の方向で製 品開発がされており,より低電圧動作にMOSFET が適用 されていくと考える。このため,本ICのように低電圧動 作とMOSFET 駆動が可能な制御ICと低しきい値MOS FETの採用により,今後は低入力電源の高効率化がさら に進展すると考える。

# 4 あとがき

携帯機器に適した電源入力 1.8V 起動が可能な 2 チャネ ル出力 DC-DC コンバータ制御 IC FA7715J の概要を紹介 した。この分野の制御 IC は機器のモデルごとに最適の チャネル数が必要になるとともに,パッケージの小型化, 外付け部品の削減,高効率化など,電源仕様の向上に寄与 する制御方式の考案・採用が常に求められている。

富士電機では今後もこれらの要求に応えるべく,独自の 有益なソリューションを提供する製品化を推進する所存で ある。

#### 参考文献

- (1)野村一郎.1 チャネル CMOS DC-DC コンバータ制御 IC. 富士時報.vol.73, no.8, 2000, p.432-435.
- (2) 遠藤和弥. 同期整流対応6 チャネル DC-DC コンバータ制御IC. 富士時報.vol.73, no.8, 2000, p.436-439.
- (3)野村一郎,米田保.汎用2チャネルDC-DCコンバータIC.富士時報.vol.74, no.10, 2001, p.557-560.
- (4) 山田谷政幸.LCDパネル用電源IC.富士時報.vol.74, no.10,2001,p.561-563.



# 小型 5 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC

#### 山田谷 政幸(やまだや まさゆき)

# 1 まえがき

ディジタルスチルカメラを中心とした携帯型電子機器は 近年急速に市場が拡大している。これらの電子機器は高性 能・多機能化が進んでいるが,同時に小型・軽量・薄型化, そして低価格化も顕著である。電子機器内部を構成する部 品は多岐にわたり,これらが必要とする電圧の種類は多く なっているのが実情である。したがって,電子機器の電源 部分の基板に占める割合は比較的大きく,この削減要求が 次第に高まってきている。

富士電機ではこれまでも携帯型電子機器向けに PWM (Pulse Width Modulation)方式のマルチチャネル出力 DC-DC コンバータ制御 IC を数多く開発してきたが,今 回これらの市場要求に応え,外付け部品を大幅に削減し 36 ピン小型パッケージを採用した5 チャネル出力 DC-DC コンバータ制御 IC「FA7716R」を開発したのでここにそ の概要を紹介する。

### 2 特 徴

今回開発した FA7716R はこれまで富士電機で開発して きた5 チャネル出力 DC-DC コンバータ制御 IC で構成で きる電源回路と等しい機能を維持しつつ,外付け部品の内 蔵化や小型パッケージの採用により PWM 方式の5 チャ ネル出力 IC では従来に比べ大幅に小型化されている。ま た,富士電機の IC の特徴である CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)を用い,低消費電流を実現 している。

5 チャネルの出力はすべて MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)を直接駆動する ことができ、インダクタを用いた昇圧回路や降圧回路のほ か、トランスを用いたフライバック回路などの駆動にも適 している。また各チャネル独立にオンオフ制御することが でき(一部チャネルは共通化)、あらゆる電源シーケンス に対応できる。

FA7716Rの主要特性を表1に示し,特徴を以下に挙げ

#### 表 1 主要特性

項目	条件	最小	標準	最大	単位
電源電圧範囲		2.5		10	V
三角波発振周波数範囲		200	500	1,200	kHz
基準電圧(誤差増幅器)		0.09	1.00	1.01	V
ソフトスタート時間	0~100%		25		ms
内蔵最大デューティ	DT = GND時	80	85	90	%
制限	DT = VREG時	65	70	75	%
低電圧誤動作防止動作 電圧		1.9	2.1	2.3	v
OUT Hレベルオン抵抗	/ <sub>out</sub> = 10 mA		15	23	
OUT Lレベルオン抵抗	/ <sub>out</sub> = - 10 mA		7	11	
待機電流			2	10	μA
平均消費電流	$f_{\rm osc} = 500 \rm kHz$		4	6	mA

注 特に条件のない限り,電源電圧3.3 V,常温(25)における定格。

#### る。

(1) 36 ピン QFN (Quad Flat Non-lead) パッケージ

(2) 動作電圧範囲: 2.5~10 V

リチウムイオン電池(1セル・2セル),ニッケル水素 電池(4セル),アルカリ乾電池(4セル)に対応

- (3) 発振周波数: 200 kHz ~ 1.2 MHz
- 高周波動作によりインダクタの小型化が可能
- (4) IC 内蔵の基準電圧: 1.00 V + 1 %
- (5) 5 チャネルの PWM 制御出力を内蔵

チャネル1~3はnチャネル駆動用,チャネル4はp チャネル駆動用,チャネル5はn/pチャネル駆動選択可

- (6) タイマ・ラッチ方式出力短絡保護回路,低電圧誤動作 防止回路を内蔵
- (7) 各チャネル独立オンオフ制御,ただしチャネル4と チャネル5は共通
- (8) ソフトスタート回路内蔵, IC 内部にて固定
- (9) チャネル4 に対するチャネル5の起動時遅延時間の設 定可能
- (10) 最大デューティ制限を内蔵
  - チャネル1・3・5(n チャネル駆動時)は85%,68%



山田谷 政幸 電源ICの開発に従事。現在,松 本工場IC第一開発部。 のいずれかを選択可能,また任意の最大デューティ制限の 設定も可能,チャネル2は85%に内部固定

# 3 製品の概要

図1にFA7716Rの内部ブロック図および応用回路例を 示す。機能の概要は以下のとおりである。

#### 3.1 PWM 制御系

チャネル3を除き誤差増幅器の非反転入力はいずれも内 部にて基準電圧に接続されている。チャネル3の誤差増幅 器は非反転・反転入力ともに外部にて設定できる。

チャネル1・2・3の出力はn チャネルドライバ, チャ ネル4の出力はp チャネルドライバ, チャネル5の出力 はn チャネル/p チャネルのドライバ切換が可能である。

チャネル3は誤差増幅器の非反転入力が設けられている ことから,ディジタルスチルカメラなどで使用される LED バックライトの駆動に使用することができる。

# 3.2 最大デューティ制限回路

チャネル1・3 およびチャネル5のn チャネル駆動時は

図1 内部ブロック図および応用回路例

最大デューティ制限を設定することができる。ICには 85%と68%の2種類の最大デューティ制限が内蔵され, DT端子電圧をGND側またはVREG側に固定することで 切り換えることができる(図2)。またDT端子に外部か ら電圧を印加することで任意の最大デューティ制限を設定 することも可能である。チャネル5についてはpチャネ ル駆動時のみ最大デューティ制限は一切無効となる。











#### 3.3 ソフトスタート回路

一般に各チャネルの起動は任意のタイミングで行われる ため,ソフトスタートは各チャネルに対し独立に設定する 必要があり,チャネル分の外付け部品が必要である。 FA7716R ではソフトスタート機能すべてを内蔵化し,外 付け部品を不要とした。またこれにより IC のピン数削減 を実現した。

IC 内部のソフトスタート信号はコンパレータに三角波 と比較電圧を入力することで得ている。比較電圧は数 ms の緩い時間傾斜を持つため,発振器,カウンタ,および D-A コンバータを用いて生成している。カウンタと D-A コンバータを各チャネルが持つことで,各チャネルのオン オフを行う CNT 端子に信号が投入されるとソフトスター トの信号が発生する(図3)。

なお, チャネル4 とチャネル5 は同一の CNT45 端子に て制御され,後述の遅延時間を持っておのおの独立のソフ トスタート信号が発生する。

#### 3.4 チャネル5 遅延回路

チャネル4とチャネル5はディジタル系に電圧を供給す ることを目的とし,共通のCNT45端子で制御される。 ディジタル系は一般に2種類の電圧についてシーケンスが 定められており,起動時に一方の電圧がもう一方の電圧を 追い越してはならないとされている。

そこで FA7716R ではチャネル4の起動に対しチャネル 5の起動に遅延時間を設定できるようにした。使用する入 力電圧範囲や負荷条件により各チャネルの起動にかかる時 間は異なるため,セットに組んだ際に最適な状態に調整で きるよう,遅延時間は外付け抵抗にて可変とした。

チャネル4とチャネル5の起動時の関係は図3に示すと おりである。 図4 パッケージの外観



#### 3.5 出力ドライバ電源入力端子の分割

トランスを駆動する際など,耐圧の高い MOSFET による駆動が必要となる場合がある。この際, MOSFET のしきい値電圧は高くなる傾向にあり,電池電圧では能力不足ということもあり得る。

この対策として昇圧回路で生成した電圧をドライバの電 源入力端子に帰還することにより,より高い電圧で MOS FET を駆動することが可能になり効率改善も期待できる。

しかしチャネルによってはこの昇圧した電圧を帰還する と不都合が生じる場合もあるため,FA7716Rではドライ バ電源入力端子を三つに分割し,自由度が高い電源回路設 計を可能としている。

3.6 パッケージ

FA7716Rの小型化に際してはピン数の削減のほか, パッケージ自身の小型化にも大きく寄与している。

36 ピン QFN パッケージにてピン間隔 0.4 mm を採用し た結果,ボディサイズ 5 mm × 5 mm を実現した。また厚 さは最大 0.95 mm であり,薄型化を図っている。

パッケージの表面および裏面の外観を図4に示す。

#### 3.7 応用回路例

FA7716R を用いた応用回路例を図1に示した。本例以 外にもいろいろな組合せの電源回路を構成することが可能 である。

# 4 あとがき

新たに開発した小型5 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC について製品紹介を行った。

ディジタルスチルカメラを中心とした携帯型電子機器は 今後も発展を続けることは間違いない。その中で電源回路 は多チャネル化と少チャネル化に二極化する動きが見られ, 将来その構成比率がどうなるのかは現在のところまったく 予測がつかない状況である。

富士電機では今後の動向をにらみ,さらなる外付け部品 の内蔵化,そして電源回路の高効率化を目指し,新たな魅 力ある新製品の開発を迅速に推し進めていく所存である。

# シリーズレギュレータ IC

#### 荒井 裕久(あらい ひろひさ)

# 1 まえがき

近年,普及が急速に進んでいる PDA (Personal Digital Assistant)やディジタルスチルカメラ,携帯電話などの 携帯電子機器において,持ち運びの利便性,バッテリー電 源の長寿命化の面から使用する半導体部品に対し,小型 化・軽量化・低消費電力化の要求が高い。

これらの半導体部品には,電源のリプルを嫌う場合があ り,また随時変動する電源では動作範囲を超えるとの問題 を解消するため,安定化した電源を供給すべく,低消費電 流型シリーズレギュレータ IC が必要となる。

富士電機では,低消費電力化(消費電力の削減),小型 化(SOT23-5 パッケージ)に対応した携帯機器用電源 IC としてシリーズレギュレータ IC「FA3901Y」を開発,製 品化したので概要を紹介する。

# 2 製品の概要

FA3901YはCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセス技術を用いて開発した,高精度, 低消費電流の電圧レギュレータICで,基準電圧源,誤差 増幅器,出力電圧設定用抵抗網,短絡電流制限回路, シャットダウン回路などで構成されている。

出力電圧は,1.5~4.0 V の範囲において 0.1 V ステップ で設定可能であり IC 内部で固定される。

CMOS プロセスによる低消費電流特性と,低オン抵抗 p チャネル MOS トランジスタ内蔵による低ドロップアウ ト電圧特性および待機機能により電池の長時間使用に対応 可能である。

特徴は次のとおりである。

(1) 出力電圧

1.5~4.0 V において 0.1 V で設定可能

(2) 低消費電流

typ.0.85µA [チップイネーブル (CE)抵抗に流れる電 流は除く]

typ.0.01µA(待機時)

#### 図1 FA3901Yの外観



### (3) 低ドロップアウト電圧

typ. 60 mV ( $I_{out} = 10 \text{ mA}$ ,  $V_{out} = 3.0 \text{ V}$ )

- (4) 高出力電圧精度
   <u>+</u>2 %
- (5) 低出力電圧温度係数 typ. <u>+</u>100 ppm/
- (6) 高ラインレギュレーション
- typ. 2 mV ( $V_{in} = V_{out} + 0.5 V \sim V_{in} = 6 V$ )
- (7) 小型パッケージ
   SOT23-5
   FA3901Yの外観を図1に示す。
- (8) 短絡電流制限機能typ. 150 mA
- (9) 出力電流

100 mA 出力可能(1.8 V 出力品,*V*<sub>in</sub> = 2.8 V 時) 150 mA 出力可能(3.0 V 出力品,*V*<sub>in</sub> = 4.0 V 時) 図 2 にブロック図を示す。

3 仕 様

表1に絶対最大定格を,表2に主要電気的特性を示す。



荒井 裕久
 電源 IC の開発,設計に従事。現在,松本工場 IC 第一開発部。

# 図2 ブロック図



#### 表1 絶対最大定格

衣 1 紀刈取入正格		指定なき場合	: <i>T</i> <sub>a</sub> = 25
項目	記号	定格	単位
入力電圧	Vin	- 0.3 ~ + 6.5	V
入力電圧(CE端子)	V <sub>CE</sub>	- 0.3 ~ V <sub>in</sub> + 0.3	V
出力電圧	Vout	- 0.3 ~ V <sub>in</sub> + 0.3	V
出力電流	/ <sub>out</sub>	200	mA
許容損失	PD	250	mW
動作周囲温度	T <sub>opr</sub>	- 40~ + 85	
接合温度	Tj	+ 1 2 5	
保存周囲温度	T <sub>stg</sub>	- 55~ + 125	

4 IC の概要

# 4.1 LDO レギュレータ

FA3901YはCMOSによるLDO(Low Drop Out)レ ギュレータ IC で,バイポーラあるいは高 PSRR (Power Supply Rejection Ratio) レギュレータと比較して消費電 流が小さく,ドロップアウト電圧が小さいため,バッテ リーの消費を抑え,かつ低いバッテリー電圧での使用が可 能である。

またトリミングにより,出力電圧を用途に応じ1.5~ 4.0 Vの範囲において 0.1 Vステップで電圧の設定を可能に している。

図3に出力電圧ー出力電流特性を示す。

4.2 待機機能

レギュレート動作の起動および停止を行う。

待機時:CE入力L

内部回路すべて動作停止

出力 p チャネル MOSFET がオフとなり VOUT

端子は数 M で GND 端子に接続

# 動作時:CE 入力 H

内部消費電流約 0.85 µA で動作する

図4に消費電流-入力電圧特性を示す。

#### 表 2 主要電気的特性

項目	記号	条件	最 小	標準	最 大	単 位
出力電圧	V <sub>out</sub>	V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 1.0 V I <sub>out</sub> = 50 mA	× 0.98		× 1.02	V
		V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 1.0 V V <sub>out</sub> 2 V		100		mA
出力電流	/ <sub>out</sub>	V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 1.0 V 2.1 V V <sub>out</sub> 2.9 V		120		mA
		V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 1.0 V 3.0 V V <sub>out</sub> 4.0 V		150		mA
		V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 2.0 V	120			mA
負荷安定度	V <sub>out</sub> / I <sub>out</sub>	V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 2.0 V 1 mA I <sub>out</sub> 100 mA		30	50	mV
入出力電位差	V <sub>DRP</sub>	I <sub>out</sub> = 10 mA		60	80	mV
当 弗 示 法	/ <sub>Vin_A</sub>	/ <sub>out</sub> = 0 mA		0.85	1.5	μA
月 頁 电 派	/ <sub>Vin_B</sub>	I <sub>out</sub> = 10 mA		0.85	1.5	μA
消費電流(待機時)	I CC_STBY	V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> = 1.0 V V <sub>CE</sub> = 0 V		0.01	0.5	μA
入力安定度	V <sub>out</sub>	V <sub>out</sub> + 0.5 V V <sub>in</sub> 6.0 V J <sub>out</sub> = 10 mA		2	20	mV
出力電圧温度係数	V <sub>out</sub> / T	$V_{in} - V_{out} = 1.0 V$ $I_{out} = 30 \text{ mA}$ $- 40 T_{opr} = 85$		±100		ppm/
短 絡 電 流	/ LIM	V <sub>out</sub> = 0 V		150		mA
CEプルダウン抵抗	R <sub>PD</sub>			6		М
CE Hレベル入力電圧	V <sub>CEH</sub>		0.7 × V <sub>in</sub>		Vin	V
CE Lレベル入力電圧	V <sub>CEL</sub>		0		0.3 × V <sub>in</sub>	V

# 図3 出力電圧-出力電流特性







#### 4.3 短絡保護

FA3901Yは,VOUT-GND 端子間の短絡から出力ト ランジスタを保護する短絡保護機能が付いている。

図5に出力電圧ー出力電流(短絡電流)特性を示す。

短絡保護回路は,図5に示すように出力電圧に対して出 力電流を制御し VOUT – GND 端子間が短絡した場合でも 出力電流を150 mA に抑える。

本 IC の立上り時には,短絡保護回路は動作しないので, 立上りが遅くなることはない。

図6に立上り特性(電源投入)を示す。

#### 4.4 出力コンデンサ

ボルテージレギュレータではレギュレーション動作の安 定化および過渡応答特性の向上のため一般的に出力コンデ ンサが使われる。本 IC は過渡応答向上のため,出力コン デンサとしてセラミックコンデンサ1µF を使用すること を推奨する。









### 5 今後の予定

現在,シリーズレギュレータの系列化を図るため高 PSRR 型シリーズレギュレータを開発中である。

携帯機器のアナログ系,通信系は,電源を介してノイズ による影響を受けやすいため,リプル除去率の高いレギュ レータが必要となる。

#### 6 あとがき

以上,携帯機器用の電源 IC として開発したシリーズレ ギュレータ IC FA3901Y の概要について紹介した。

富士電機では,今後も電源の小型化,低消費電流化,高 精度化へと,一層の拡大が期待される携帯電子機器市場の ニーズに応えるとともに,電子機器の発展に貢献していく 所存である。

# マイクロ DC-DC コンバータチップサイズモジュール

林 善智(はやし ぜんち)

片山 靖(かたやま やすし)

江戸 雅晴(えど まさはる)

# 1 まえがき

携帯電話,携帯情報端末を代表とする携帯用電子機器に 搭載される内部電源装置には,小型・薄型・軽量化とバッ テリーによる長時間動作が絶えず求められ続けている。

また近年,LSIを動作させるための電源電圧は,その処理データ量の増加とデザインルールの微細化に伴い年々低下する傾向にあり,現在では1.5 V ないし1.2 V が主流となっている。

一方,携帯機器用バッテリーの主流であるリチウムイオ ン二次電池の出力電圧は3.6 V であり,このバッテリー電 圧と使用電圧の電圧変換比の拡大,消費電流の増加により 電源回路の変換効率がクローズアップされるようになって きた。このため,従来電圧変換に多く使用されてきたシ リーズレギュレータに比べて変換効率の点で有利なスイッ チング方式のDC-DCコンバータへの置換えの検討が進ん でいる。しかしながら,従来のDC-DCコンバータは,シ リーズレギュレータに比べると外形寸法が大きくなってし まうため,さらなる小型化・薄型化が求められている。

このような携帯用電子機器の市場要求に応えるため,超 小型・薄型のスイッチング方式 DC-DC コンバータモ ジュールを開発したので,その概要を紹介する。

#### 2 開発品の概要

この DC-DC コンバータモジュールは制御用の IC とイ ンダクタを一体化した単一出力の降圧型スイッチングレ ギュレータの構成になっている。1W 以下の出力条件にお いて,最小のサイズで最高の変換効率を実現するための工 夫と最適化が図られており,以下の特徴を持つ。

- (1) モジュールサイズ: 3.5 × 3.5 × 1.0 (mm)
- (2) 最大出力:1W
- (3) 効率:最高 93.4 %

# 3 内部構成

以下に本モジュールの各構成素子とその特徴,モジュー ル化プロセスの概要などを述べる。

#### 3.1 制御 IC

本 IC の回路構成は図1のとおりである。電圧制御は PWM (Pulse Width Modulation)方式を採用しており, 制御部の基本回路はCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)によって構成されている。1~2.5 MHz の高い周波数でスイッチングを行うため,DC-DCコンバー 夕の回路構成に必要な受動素子の小型化と,出力電圧の高 速応答を可能としている。また,スイッチング素子を内蔵 し,同期整流方式での動作が可能であるため,ディスク リートの半導体部品の外付けが不要となり,DC-DCコン バータ回路全体としての小型化・薄型化を可能にしている。 表1にこの IC の電気的特性を示す。

出力部は MHz オーダーの高い周波数のスイッチングに 最適化された低損失のメインスイッチ用,同期整流用の二 つの MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)と,LDO (Low Drop Out)レギュレータを

図 1 IC 回路ブロック図





林善智

超小型スイッチング電源の開発に 従事。現在,(株)富士電機総合研 究所デバイス技術研究所。日本応 用磁気学会会員。



片山

パワーエレクトロニクス製品の開 発を経て,スイッチング電源制御 ICの開発に従事。現在,(株)富 士電機総合研究所デパイス技術研 究所。電気学会会員。

迼



江戸 雅晴

マイクロマシンの研究およびマイ クロインダクタの開発に従事。現 在,(株)富士電機総合研究所材料 技術研究所。日本応用磁気学会会 員。 備えており,出力負荷条件に応じて切換が可能になってい

- る。本 IC の特徴を以下にまとめる。
- (1) 同期整流 PWM バックコンバータ (500 mA)
- (2) 軽負荷時には内蔵 LDO へ切換が可能
- (3) 外付け抵抗にて出力電圧の調整が可能
- (4) 高精度出力電圧(<u>+</u>4%)
- (5) 保護回路〔短絡保護 UVLO (Under Voltage Lockout)〕
- (6) 発振器内蔵(1~2.5 MHz)
- (7) スリープモード/シャットダウンモード
- 3.2 マイクロインダクタ

従来, DC-DC コンバータ回路の構成部品の中で最も占

表1 :	E要電気的特性
------	---------

	項目	特性値		
電源電圧範	囲	2.7~5.0(V)		
出力電圧	電圧精度	外付け抵抗にて可変 ±4%		
出力電流		~ 500 ( mA )		
スイッチン	グ周波数	1.0~2.5 (MHz)		
	シャットダウンモード	1 (µA) max.		
	スリープモード	20 ( µA ) max.		
消費電流	LDOモード	100 ( µA ) max.		
	スイッチングモード (1.8 MHz)	500 ( μA ) max.		

### 図 2 マイクロインダクタの特性



有体積の大きかったインダクタを薄膜技術によりフェライ トウェーハに形成する技術を開発した。

あらかじめスルーホールをマトリックス状に形成した厚 さ525μmのフェライトウェー八上に電解めっきでソレノ イド巻線構造のマイクロインダクタを形成している。図2 にインダクタ特性を,図3に切り出したマイクロインダク タの電子顕微鏡による外観写真を示す。

マイクロインダクタにはコイル配線とともに表面と裏面 を,スルーホールを介して接続するためのペリフェラル キャスタ構造の端子電極も同時形成されており,これによ リモジュール形成時の小型化を可能にしている。

#### 3.3 モジュール化プロセス

新しいモジュール構造として,IC チップと同等のサイ ズにモジュール化するチップサイズモジュール(CSM) 技術を開発した。インダクタの磁心となるフェライト基板 にモジュールの支持基板としての機能を持たせ,シンプル な構造としたことにより,斬新(ざんしん)な小型・薄型 化を可能とした。図4にCSMの構造概念図を示す。

インダクタ基板と IC チップの接合には,Au スタッド バンプの接合による超音波フリップチップボンディングを 用いた。インダクタ基板と IC チップの間にできるすきま に,はく離強度補強のためのアンダーフィルを充てんし接 着した後,最後にダイシングによりモジュール間のスルー ホールを二分割するようにカットして個片化する。図5に

#### 図3 マイクロインダクタの外観



図4 CSM の構造概念図



# 図 5 DC-DC コンバータモジュールの外観



開発した CSM タイプの DC-DC コンバータモジュールの 外観拡大写真を示す。チップサイズが 2.9 × 2.9 × 0.27 (mm)の IC を用いて外形 3.5 × 3.5 × 1.0 (mm)のモ ジュールサイズを実現した。これにより,従来品と比べて 実装スペースの大幅な低減と薄型化が可能となる。

4 DC-DC コンバータ特性

図6はこのモジュールによる DC-DC コンバータの入力 電圧 3.6 V,出力電圧をそれぞれ 1.2 V,1.5 V,3.0 V とし たときの効率特性を示す。最高で 93.4 %の高効率を得て いる。

# 5 あとがき

電源回路の超小型・軽量・薄型化を狙ったマイクロ DC-DC コンバータチップサイズモジュールの開発概要を 紹介した。

富士電機では,この高周波スイッチングによる超小型電 源技術をベースに,今後さらなる躍進が期待される携帯機 器市場のニーズに応えるとともに,技術革新の手伝いをさ せていただき,社会の発展に貢献していく所存である。

#### 図 6 DC-DC コンバータ効率特性



#### 参考文献

- (1) 林善智ほか.高周波 DC-DC コンバータ用 IC 技術.富士
   時報.vol.73, no.8, 2000, p.443-445.
- (2) 片山靖ほか.薄膜インダクタを集積化した1W級モノリシック DC/DC コンバータの開発.電気学会全国大会.2-S11-5,2000,p.877.
- (3) 江戸雅晴ほか.携帯端末用マイクロ電源チップへの挑戦. 電気学会全国大会.2-S8-5,2001,p.839.
- (4) 林善智ほか.薄膜インダクタを集積した完全ワンチップ DC-DCコンバータ.日本応用磁気学会誌.vol.25, no.8, 2001, p.1457-1461.
- (5) Sato, T. et al. A magnetic thin film inductor and its application to a MHz switching DC-DC converter . IEEE Tran. Magn . vol.30, no.2, 1994, p.217-223.
- (6) Mino, M. et al . A compact buck-converter using a thin film inductor . Proc. Appl. Power Electronics Conf . 1996 , p.422-426 .
- (7) Sugahara, S. et al. Characteristics of a Monolithic DC-DC Converter utilizing a Thin-film Inductor. IPEC-Tokyo2000. 2000, p.326-330.
- (8) Katayama, Y. et al. High-Power-Density MHz-Switching Monolithic DC-DC Converter with Thin-Film Inductor . PESC 00. 2000, p.1485-1490.

# PDP スキャンドライバ IC 技術

澄田 仁志(すみだ ひとし)

平林 温夫(ひらばやし あつお)

小林 英登(こばやし ひでと)

# 1 まえがき

家庭用テレビのフラットパネルディスプレイ(FPD) 化が急速に進んでいる。この FPD 化を加速するパネルの ーつがプラズマディスプレイパネル(PDP)である。PDP は 2000 年から 2001 年にかけて 30 インチ以上の画面サイ ズで日本の PDP テレビ市場を立ち上げ,その市場は伸び 続けている。そしてこの市場拡大を受け,発光効率の向上 や低消費電力化,また低コスト化など PDP 技術の開発に ますますの拍車がかかっている。

PDP ではパネルの周辺回路が占めるコスト比率が高く PDP を駆動するドライバ IC に対するコストダウンの要求 は年々厳しくなっている。また,ドライバ IC はパネルの 発光を制御するため,ドライバ IC の性能が PDP の性能 に直接影響を及ぼす。そのため,ドライバ IC に対しては 低コスト化とともに,高性能化が常に求められている。

PDP はスキャンドライバ IC とアドレスドライバ IC の 二つのドライバ IC で駆動されている。富士電機では両ド うイバ IC を 1980 年代から製品化してきた。そして,現 在もパネルメーカーからの上記要求に応えるべく, PDP ドライバ IC 技術の開発を進めている。

本稿では,富士電機が開発した PDP ドライバ IC 技術 のうち,スキャンドライバ IC 技術について説明する。あ わせて,2002 年に製品化した最新のスキャンドライバ IC を紹介する。

2 PDP スキャンドライバ IC の特徴

PDP 駆動システムを図1に示す。スキャンドライバIC はパネルの縦方向に配置され,パネル内部の放電セルを行 方向に一括して制御している。パネルの種類によって異な るが,1パネルあたり10個程度のスキャンドライバICが 搭載されている。

スキャンドライバ IC の特徴は以下のとおりである。

(1) 150 V 前後の耐圧と 400 mA 以上の駆動電流を有する 高耐圧・大電流のパワー IC である。

#### 図 1 PDP 駆動システム



- (2) パネルの放電セルを充放電させるために,出力回路に は二つの高耐圧デバイスによって構成されるトーテム ポール回路が採用されている。
- (3) 一つのスキャンドライバ IC には高耐圧の出力回路が 64 以上搭載されている。

富士電機では高耐圧・大電流・多出力といったスキャン ドライバ IC の特徴に着目し,独自のスキャンドライバ IC 技術を開発してきた。③章で,富士電機のスキャンドライ バ IC 技術について紹介する。

# 3 PDP スキャンドライバ IC 技術

ここでは富士電機が開発したスキャンドライバ IC 技術 として,要素技術となる素子間分離技術と高耐圧横型 SOI (Silicon On Insulator)デバイス技術について概説する。

### 3.1 素子間分離技術

パワー IC を形成する素子間分離技術には自己分離技術 と pn 接合分離技術,そして誘電体分離技術がある。各分 離技術の特徴を表1に示す。なお,表1の誘電体分離技術 は,はり合せ SOI 基板を用いた誘電体分離技術(SOI 方 式誘電体技術)を対象としている。

表1に示すように,各分離技術には一長一短がある。S OI方式誘電体分離技術はウェーハコストおよび加工費が



登田 仁志 高耐圧デバイスの開発に従事。現 在,松本工場IC第二開発部。エ 学博士。電子情報通信学会会員。 電気学会会員。



平林 温夫 高耐圧 SOI プロセスの開発に従 事。現在,松本工場 IC 第一部。



小林 英登

PDPIC の開発,設計に従事。現 在,松本工場 IC 第一開発部。

#### 表1 素子間分離技術の性能比較

項 目 分離技術	分離性能	分離面積	コスト
自己分離			
接合分離			
誘電体分離			$\rightarrow$

\*優劣の順は > > である。

高く,これがパワー IC への適用に大きな障害となっていた。しかし,この分離技術には狭い分離面積,適用デバイスが無制限,といった利点がある。この利点を生かすことにより,高耐圧・大電流・多出力の特徴を備えたスキャンドライバ IC には,SOI 方式誘電体分離技術がコストと性能の面から最適な分離技術になることを見いだした。そして富士電機では,SOI 方式誘電体分離技術をスキャンドライバ IC 技術のベース技術としてデバイス・プロセス開発を進めている。また,この SOI 方式誘電体分離技術に対しても,スキャンドライバ IC の低コスト化を目的に改良を続けている。

### 3.2 高耐圧横型 SOI デバイス技術

3.1節で述べたように,スキャンドライバ IC には SOI 方式誘電体分離技術を適用する。そのため,IC に搭載す る高耐圧デバイスは SOI 基板上の横型デバイスとなり, 高耐圧横型 SOI デバイスの開発が不可欠となる。ここで は,スキャンドライバ IC の出力用デバイスに適用してい る横型 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)(200 ページの「解説」参照)と,レベルシフタ回路を構成する 横型 p チャネル型 MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)について説明する。

### 3.2.1 横型 IGBT

64 以上の出力端子を備えたスキャンドライバ IC では出 力回路部がチップ全体の 60 %以上を占める。そのため, IC のコストダウンを目的とした IC チップの面積縮小を実 現する最大の手段が,出力回路部の占有面積縮小となる。 そして,その出力回路は出力部のトーテムポール回路を構 成する横型 IGBT が半分以上の面積を占めている。した がって,IC チップの面積縮小を図るためにはまず,横型 IGBT の電流駆動能力向上によるデバイス形成領域の縮小 を達成しなければならない。

富士電機では SOI 基板を用い,1997年にスキャンドラ イバ IC 用の横型 IGBT (第一世代 SOI-IGBT)を開発し た。そして,第一世代 SOI-IGBT の3倍以上の電流駆動 能力を備えた第二世代 SOI-IGBT の開発を2001年に完了 し,2002年から製品に適用している。以下に,この第二 世代 SOI-IGBT について紹介する。

第二世代 SOI-IGBT では電流駆動能力の向上を図るため,第一世代 SOI-IGBT に対して下記の改良を施している。

(1) セル構造の最適化によるセルピッチの短縮

(2) ゲート酸化膜の薄膜化

#### 図2 第一・第二世代 SOI-IGBT の電圧電流特性



(3) n バッファ層の最適化

図2に,第二世代SOI-IGBTの電圧電流特性を第一世 代SOI-IGBTの特性と比較する。第二世代SOI-IGBTは 650 mA/cm<sup>2</sup>の電流駆動能力を備え,これは第一世代 SOI-IGBTの3倍以上に相当する。また,飽和領域におけ る抵抗値は第一世代SOI-IGBTの約30%の大きさである。

このように,電流駆動能力を向上させた第二世代 SOI-IGBT を開発した。このデバイスはスキャンドライバ IC の高性能化と低コスト化に大きく貢献している。

3.2.2 横型 p チャネル型 MOSFET

SOI 基板上の高耐圧横型 p チャネル型 MOSFET (SOI-PMOS)を設計する場合,素子耐圧に対する SOI 基板の バックゲート効果を考慮する必要がある。また,パワー IC への適用においては IC の製造コスト増加を抑える目的 から,SOI-PMOS を構成する拡散層は可能な限り n チャ ネル型 MOS デバイスと共用する必要がある。富士電機で はこれらの項目を満足させ,かつ最適化されたデバイス構 造により,スキャンドライバ IC のレベルシフタ回路に適 したデバイス特性を実現している。

SOI-PMOS を構成する拡散層の最適設計例として, SO I-PMOS のチャネル形成領域となるn型ウェル(nウェ ル)層のイオン注入ドーズ量について示す。このnウェ ル層は出力回路を構成する高耐圧nチャネル型 MOSFET と共用している。

図3はSOI-PMOSの素子耐圧におけるnウェル層のイ オン注入ドーズ量依存性を示す。この図のとおり,nウェ ル層のイオン注入ドーズ量によってSOI-PMOSの耐圧値 を直線的に制御することができる。この関係を用いて SOI-PMOSの耐圧値を見積もると同時に,nチャネル型 MOSFETの特性を考慮したうえでnウェル層のイオン注 入ドーズ量を決定している。

### 4 PDP スキャンドライバ IC の最新製品

富士電機では 2002 年に,第二世代 SOI-IGBT を搭載した 150 V 保証のスキャンドライバ IC を製品化した。その 新製品と,第一世代 SOI-IGBT を搭載した 200 V 保証の

図 3 SOI-PMOS の素子耐圧における n ウェルイオン注入 ドーズ量依存性



既存品のチップ写真を図4に示す。新製品のチップサイズ は既存品の約70%である。これは,第二世代 SOI-IGBT の適用および IGBT 以外の出力回路構成デバイスの改良, ならびに SOI 方式誘電体分離技術の改良により達成して いる。

性能面で比較すると,新製品の電流駆動能力は既存品の 3倍以上ある。しかも,既存品の20%以下の消費電力や 50%以下のスイッチング時間を実現するなど,新製品の 出力特性は既存品に比べて大幅に改善されている。

このように,新製品は既存品に比べて一層の高性能化と 低コスト化を実現し,パネルメーカーの要求を満足してい る。

# 5 あとがき

本稿では富士電機の PDP スキャンドライバ IC 技術として,素子間分離技術と SOI 基板上に形成した高耐圧横型 IGBT と横型 PMOS について説明した。

これまで画面サイズが 30 インチ以上の FPD 市場は PDP が独占していた。しかし,液晶パネルがこのインチ クラスに参入し,液晶パネルとの競争が始まっている。液 晶パネルとの差異化を図るために,PDP の高性能化と低 価格化に向けた技術が急速に進歩している。富士電機では, パネルメーカーからの要求を満足する PDP ドライバ IC をタイムリーに提供できることを使命とし,高耐圧デバイ

#### 図4 スキャンドライバ IC の新製品と即存品のチップ写真



ス・プロセス技術の開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 田中直樹ほか. FPD が開くテレビ新機軸大画面,モバイ ルが離陸.日経マイクロエレクトロニクス.no.209,2002, p.89-97.
- (2) 大久保聡ほか.フラットパネル・ウォーズ艶やかさで競う.日経エレクトロニクス.no.835,2002,p.89-125.
- (3) 石川弘之ほか.プラズマディスプレイ駆動用 IC.富士時報.vol.61, no.7, 1988, p.478-481.
- (4) 澄田仁志.ドライバ IC のデバイスとプロセス.第17回プ ラズマディスプレイ技術討論会資料.1997.
- (5) Sumida, H. et al. A High-Voltage Lateral IGBT with Significantly Improved On-State Characteristics on SOI for an Advanced PDP Scan Driver IC. Proceedings of the 2002 IEEE International SOI Conference. 2002, p.64-65.
- (6) 平林温夫ほか.SOI に形成した Pch-LDMOS の耐圧特性.
   1995 年電子情報通信学会総合大会講演論文集エレクトロニクス2.1995, p.152.
- (7) Sumida, H. et al. A high performance plasma display panel driver IC using SOI. Proceedings of the 10th ISP SD. 1998, p.137-140.

# PDP アドレスドライバ IC 技術

元(ただ げん) 名田

川村 一裕(かわむら かずひろ)

吝藤 俗(さいとう まさる)

# 1 まえがき

PDP (Plasma Display Panel) は大画面でありながら薄 型を特徴とし,これまでの課題であった輝度やコントラス トも CRT 並みに改善され,家庭用テレビ分野で急速に市 場が拡大してきている。今後さらに普及するためには PD Pの低価格化が鍵となるが,ドライバ IC に対してもさら なる低価格化が要求されている。

富士電機では,2001年に第二世代アドレスドライバ IC を開発し,現在量産供給している。しかし低価格化の要求 に応えるため,今回 IC チップコストを 2/3 に低減したプ ロセス・デバイス技術を開発し,第三世代アドレスドライ バICとして製品適用した。

本稿では,プロセス・デバイス技術の概要と,本技術を 適用した第三世代アドレスドライバ IC の製品概要につい て紹介する。

# 2 プロセス技術

富士電機では,従来からアドレスドライバ IC 用のプロ セスとして,埋込みエピタキシャルウェーハを用いた pn 接合分離技術を適用しており,高性能で低価格な製品を供 給してきた。しかし,市場のさらなるコストダウン要求に 応えるためには,ウェーハプロセスの工程短縮が必要であ り,また将来生産量が増加した場合でも安定して供給でき るウェーハプロセス体制が必要である。

以上の要求に応えるべく新プロセスを開発した。特徴は 次のとおりである。

- (1) 拡散層の共通化や酸化工程の削減によりマスクステッ プを従来プロセスの 75% に削減し, ウェーハプロセス の短縮を行った。
- (2) 埋込みエピタキシャルウェーハ工程を含めてウェーハ プロセスを8インチ化し,将来生産量が増加した場合で も安定して供給できる体制を整えた。

# 3 デバイス技術

チップコストを低減するためには,ウェーハプロセスの 工程短縮だけでなく,チップサイズを縮小することが鍵と なる。そこで今回,デバイスデザインの最適化を行い, チップサイズを従来の70%以下に小型化した。以下にそ の概要を述べる。

### 3.1 高耐圧デバイス縮小技術

高耐圧デバイスは,アドレスドライバ IC 全体の約 50%の面積を占めている。そのため,チップサイズを縮 小するためには高耐圧デバイスを縮小するのが最も効果が ある。図1に高耐圧 n チャネル MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)(高耐圧 NMOS) の断面図を示す。

高耐圧 NMOS はリサーフ構造を用いているが,今回, ドレインドリフト領域となる n ウェル層の張り出し長さ (L<sub>d</sub>)を最適化することで,所望の耐圧を得ながらもオン 抵抗を低減した。さらにチャネル長(L<sub>q</sub>)の最適化を図 り,しきい値電圧の最適化とデバイスピッチの縮小を行っ た。図2に高耐圧 NMOSの電流電圧波形を示す。

一方,高耐圧 p チャネル MOSFET (高耐圧 PMOS) に ついても同様の手段でデバイスを縮小した。図3に高耐圧 PMOS の電流電圧波形を示す。

これらの結果,70 Vのスイッチング動作を保証する高

図1 高耐圧 NMOS 断面図





元 高耐圧 IC のデバイス・プロセス 開発に従事。現在,松本工場 IC 第一開発部プリンシパルエンジニ ア。電気学会会員。

多田



川村 一裕 CMOSIC の開発に従事。現在, 松本工場 IC 第一開発部。



斉藤 俗

高耐圧 IC のデバイス・プロセス 開発に従事。現在,松本工場 IC 第二開発部。

## 図 2 高耐圧 NMOS の電流電圧波形



図 3 高耐圧 PMOS の電流電圧波形



図4 デバイスサイズの比較



耐圧デバイスを,当社従来デバイス比で約60%に縮小できた。

3.2 従来技術とのデバイスサイズ比較

高耐圧デバイス以外にも,低耐圧デバイス(ロジック部) およびパッドサイズの縮小を行った。

 デザインルールの微細化により,ロジック部面積を当 社従来技術比で 2/3 に縮小した。 図5 ブロック図



(2) パッドサイズを従来の90%に小型化した。 以上の結果,全体では従来技術の70%以下にサイズを 縮小した(図4)。

4 第三世代アドレスドライバ IC への適用

今回新規に開発した特徴あるプロセス・デバイスを適用 し,カラー PDP アドレスドライバ IC を開発したので以 下に紹介する。

#### 4.1 概 要

- この IC の概要は下記のとおりである。
- (1) 128 ビット高耐圧プッシュプル出力
- (2) 高耐圧出力:85V(最大), +30mA(標準)
- (3) 高耐圧出力高速スイッチングスピード
- (4) 高速データ転送: 40 MHz (データ取込み時最大)
- (5) 3.3 V CMOS 入力インタフェース
- (6) 4ビットデータ入出力ポート
- (7) 32 ビット双方向シフトレジスタ4回路

# 4.2 回路構成

図 5 にこの IC のブロック図を示す。

回路構成としては,3.3 V CMOS 入力インタフェースを 可能にする入力バッファ回路,32 ビット×4回路の双方 向シフトレジスタ回路,128 ビットラッチ回路,全高耐圧 出力 H/L/Z 制御用のゲート回路,低消費電流レベルシフ ト回路,128 ビット高耐圧プッシュプル出力回路から構成 されている。

#### 4.3 特徴と従来機種比較

### 4.3.1 チップサイズ

図6に従来のICと、このICのチップサイズを比較する ために両ICのチップ写真を示す。このICは、新規に開 発した低オン抵抗デバイスの採用、微細加工プロセスを採 用することにより、従来ICと同等の特性であるにもかか わらず、チップ面積では、従来の約70%に小型化するこ

# 図6 チップ写真(従来 IC と開発 IC の面積比較)



#### 表1 代表特性の比較

項目	記号	条件・適用	従来機種	開発機種	単位
高耐圧H出力 電圧	V <sub>OH DO</sub>	/ <sub>OH</sub> = - 30 mA	64.8	65.4	V
高耐圧 L 出力 電圧	V <sub>OL DO</sub>	/ <sub>OH</sub> = 30 mA	2.2	2.8	v
動作時消費 電流	/ <sub>DD</sub>	ロジック 電源電流 40 MHz動作時	34.0	18.8	mA
最大クロック 周波数	f <sub>CLK</sub>	単体	50.0以上	50.0以上	MHz
出力伝達遅延	t <sub>pHL</sub>	<i>C</i> = 50 pF	55.8	46.2	ns
時間	t <sub>pLH</sub>	<i>C</i> = 50 pF	130.0	135.6	ns
出力立上り 時間	t <sub>r</sub>	<i>C</i> = 50 pF	52.3	45.3	ns
出力立下り 時間	t <sub>f</sub>	<i>C</i> = 50 pF	75.6	83.5	ns

注 特に指定のない限り, T<sub>j</sub>=25 , V<sub>DL</sub>=5V, V<sub>DH</sub>=70V

とができた。

4.3.2 代表特性

この IC の代表特性の比較を表 1 に示す。

(1) 高耐圧 H/L 出力電圧

H出力電圧,L出力電圧ともに従来機種と同等の特性を 実現した。この特性は高耐圧デバイスの面積に大きく影響 する特性であるが,デバイス面積としては60%程度に小 型化したうえで,従来機種と同等の特性を実現できた。 図7 高耐圧出力スイッチング波形



(2) 動作時消費電流(ロジック部)

ロジック回路素子サイズの最適化により,消費電流を従 来機種の約55%にまで低減できた。

(3) スイッチング時間

特徴となる特性としては,図7のように伝達遅延時間を コントロールすることにより,LからHに変化する出力 とHからLに変化する出力のH期間が重ならないように し(*t*<sub>pLH</sub> *t*<sub>pHL</sub> + *t*<sub>f</sub>),PDPの誤発光を防止するものであ る。PDPは,ある期間においてデータドライバがH出力 しているビットのみが発光書込みされる。したがって,発 光させたくないビットは,すばやくL出力に立ち下がっ ていることが望ましい。このICについてもこの特徴的な スイッチング波形を実現している。

#### 5 あとがき

本稿では PDP アドレスドライバ IC 技術について概説 した。ウェーハプロセスの工程短縮ならびにデバイスサイ ズの縮小により,従来技術に比較してチップコストを 2/3 に低減し,市場のコストダウン要求に応えている。

富士電機では,今後も PDP の普及のために,高性能で 低価格なドライバ IC の開発を行っていく所存である。

#### 参考文献

- (1) 野口晴司ほか.第二世代 PDP アドレスドライバ IC.富士
   時報.vol.74, no.10, 2001, p.574-577.
- (2) 多田元,北村明夫.高耐圧 IC プロセス技術.富士時報. vol.69, no.8, 1996, p.410-416.
- (3) Meguro, K. et al. Advances of Driver IC Techniques for PDPs . IDW 02 . 2002, p.733-736.
- (4) Appels, A. et al. High Voltage thin Layer Devices(Resurf Devices). IEEE IEDM . 1979, p.238-241.

# 7µmセンサピッチ小型・高性能オートフォーカス モジュール

松並 和宏(まつなみ かずひろ)

# 1 まえがき

従来の銀塩カメラ分野だけでなく,ディジタルスチルカ メラ(DSC)分野でも,高速な外付けオートフォーカス (AF)システムが求められている。また,コンパクトカメ ラ業界では小型・軽量化が急速に進められており,富士電 機のAFモジュールも小型・軽量化が大きなポイントと なっている。

従来,富士電機では,センサデータの A-D 変換と AF 演算回路をワンチップ化した AFIC に光学系を組み合わ せた AF モジュールを 1992 年から量産してきた。そして, その後,センサピッチの縮小が可能なアナログデータ出力 タイプの AF モジュールを 1998 年から量産し,好評を得 ている。特に APS (Advanced Photo System)フィルム 用カメラの登場による一層の小型化の要求に対しては,2 倍ズーム機用に 12 µm ピッチセンサで小型の光学系を組 み合わせた「FM6255AT42」を量産している。

今回,富士電機では,高倍ズーム機用 AF 分野において も小型化の要求に応えるために,3倍超ズームクラスの銀 塩カメラおよび DSC 向けにアナログデータ出力タイプの 7µm ピッチセンサと,新構造の IC パッケージを採用した 「FM6270W45」を開発した。

図1に FM6270W45 の外観を示し,以下にその構成,構造,特徴を紹介する。また,表1にはアナログタイプ AF

図1 FM6270W45の外観





# 松並和宏

オートフォーカス IC,オート フォーカスモジュールの開発に従 事。現在,松本工場 IC 第一開発 部 モジュールの機種系列を示す。

2 FM6270W45の主な特徴

- 2.1 IC の特徴
- (1) 測距分解能の向上

センサピッチを従来の 12 µm から 7 µm に縮小したこと により, *Bf* 積を変えずに測距分解能が向上している。

(2) 自由度,使いやすさの向上

従来の感度は高感度,低感度の2段階切替えであったが, FM6270W45では感度は4段階切替えとなっており,感度 選択の自由度が上がっている。また,アドレス指定読出し を取り入れたことにより,部分読出しが可能となった。

2.2 新構造 IC パッケージの採用

新構造の IC パッケージ(以下,新構造パッケージと略

機種項目	FM6255 AT42	FM6266 W37	FM6270 W45
適用AFIC	FB6255AT (クリアモールド)	FB6266W (新構造)	FB6270W (新構造)
端子数(ピン)	16	12	12
適用対象	2倍以下の ズーム コンパクト カメラ	3倍以上の ズーム コンパクト カメラ	3倍以上の ズーム コンパクト カメラ
基線長 B(mm)	5.566	5.566	5.566
焦点距離 <i>f</i> (mm)	5.7	10.7	10.7
<i>Bf</i> 積(mm <sup>2</sup> )	32.6	61	32.1
センサ数	2×130	2×224	2×224
センサピッチ <i>ρ</i> (μm)	12	12	7
センサ感度(V/s) (A光源5EV)	200	147	230
最大視野角(度)	10.8	10.1	10.8
電源電圧(V)	4.0 ~ 6.0	3.0 ~ 6.0	3.0 ~ 5.5
測距分解能(Bf/p)	2.717	5.083	4.586

表1 アナログタイプAFモジュールの機種系列

す)を採用した小型・高性能 AF モジュールの特徴は次の とおりである。

(1) 精度向上

柔軟性に富む材料で IC チップを封止する構造となって いるため,封止時の応力がほとんどかからず,応力に起因 する特性の変動を生じない新構造パッケージを採用した。 (2) 遮 光

新構造の採用により従来は必要であったクリアモールド 部分の遮光が簡略化され,より少ないスペースで実装が可 能となった。

#### 3 AFIC の回路構成

図 2 に FM6270W45 の回路ブロック図を示す。本 IC は, 左右センサアレイの各ホトダイオードの光電流を, MOS (Metal Oxide Semiconductor)トランジスタからなる積 分回路および増幅回路で電圧に変換,増幅し,センサデー タとしてサンプルホールドする構成になっている。

積分は基準電圧 V<sub>ref</sub>からスタートし,積分時間に応じて 出力電圧が下降していく回路構成となっている。そして, 積分終了の信号を受けて,そのときの電圧がサンプルホー ルドされる。各画素のセンサデータは外部クロックに同期 して選択・出力され,そのデータは図3に示すように,被 写体像の明るい部分が結像した画素は出力電圧が低く,暗 い部分に対応する画素は出力電圧が V<sub>ref</sub>に近い値となる。

# 4 7 µm ピッチセンサの適用

富士電機で現在量産中の AF モジュールの最小センサ ピッチは FM6255AT42, FM6266W37 などの 12 µm であ



#### 図2 FM6270W45の回路ブロック図

る。今回の FM6270W45 は,センサピッチを 7 μm とした。 図 4 に示すように,センサピッチを縮小し,その比に応じ てレンズの焦点距離 fを縮小すれば,センサピッチに対す る被写体像の大きさの比は変わらず,同等の測距精度が得 られる。これにより,FM6270W45 では,FM6255AT42 とほぼ同じ大きさで,3倍超ズーム機用の AF モジュール として十分な測距精度を実現した。

#### 5 新しいモジュール構造の特徴

#### 5.1 新構造パッケージの適用

従来の構造を持つ AF モジュール FM6255AT42 と新構 造パッケージを採用した FM6270W45 の外形を比較して 図 5 に示す。

従来構造の FM6255AT42 では, リードフレーム上にダ イ付けとワイヤリングをした AFIC チップを透明エポキ シ樹脂で封止して AFIC 単体(クリアモールド)を最初 に製作する。この AFIC 単体に, レンズを接着した遮光 ケースを一つずつ位置決め接着して AF モジュールとして

図3 センサデータの出力例



図4 センサピッチ縮小によるモジュールの小型化



### 図 5 従来の AF モジュールと新構造 AF モジュールの外形比較



#### 仕上げる。

一方で今回の FM6270W45 では,従来のクリアモール ドに替えて,リード端子をインサート射出成形した樹脂製 のセンサステージに,AFIC チップをダイ付け,ワイヤリ ングする。透明板をセンサステージに接着した後,透明板 とAFIC の間に透明な封止材を注入して硬化させ,AFIC 単体を製作する。以降は従来と同様に,レンズを接着した 遮光ケースを一つずつ位置決め接着して AF モジュールと して組み上げる。

# 5.2 センサ特性の改良

新構造パッケージによりセンサ特性も改善される。従来 のモールドタイプの IC では,モールド樹脂である透明エ ポキシ樹脂の AFIC チップへの応力が温度や湿度によっ て変動し,それがセンサ特性に微妙な影響を及ぼしていた。 センサピッチが大きい場合はほとんど問題がないが,セン サピッチが縮小するにつれて影響が大きくなる。

FM6270W45 に使用する封止材は構造を支える必要がな いために柔軟性に富む材料を採用することができ,このた め AFIC チップには応力がほとんどかからず,特性の変 動を生じない。

#### 図6 従来のクリアモールド IC と新構造 IC の比較



#### 5.3 遮光性の改良

従来,カメラに AF モジュールを搭載する際に, 黒色 テープやカメラ内の構造的な仕切りによって透明なクリア モールド部分を完全に遮光する必要があった。FM6270W 45 では,図6に示すように従来のクリアモールドに相当 する部分のほとんどは黒色の樹脂で構成されている。AF モジュールにおいては,遮光ケースと新構造パッケージの 接続部の透明板周辺部のみ,最低限の遮光処理を施せばよ く,カメラへの組込みの際の工数やスペースの削減に寄与 できる。

#### 6 あとがき

以上,7µm センサピッチ小型・高性能 AF モジュール FM6270W45 を紹介した。

富士電機では,今後,より高性能,低コストのAFモジュールを開発し,顧客のニーズに対応した独創性の高い 製品を開発していく所存である。

#### 参考文献

- (1) 泉晶雄,西部隆.オートフォーカスモジュール.富士時報.
   vol.68, no.7, 1995, p.415-420.
- (2) 田中誠ほか.MOSアナログセンサを適用したオート フォーカスモジュール.富士時報.vol.71, no.8, 1998, p.445-447.
- (3) 泉晶雄.広角・小型オートフォーカスモジュール.富士時報.vol.73, no.8, 2000, p.462-465.
- (4) 小松幸哲.新構造パッケージ適用オートフォーカスモ ジュール.富士時報.vol.74, no.10, 2001, p.578-580.

# 0.6 µmアナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術

北村 明夫(きたむら あきお)

# 1 まえがき

富士電機の IC のデバイス・プロセス技術は微細加工技術と高耐圧技術との融合が特徴であり,電源 IC,ドライバIC などのパワー IC (181 ページの「解説」参照)の分野に適用されている。この分野では小型化・軽量化・低消費電力化・高機能化が望まれており,具体的には部品点数の削減のため外付けデバイスのワンチップ化,電源電圧の低下に伴う低電圧駆動化,高性能なアナログ回路技術などが要求されている。さらに近年,これらに加え,CPU などの高集積ディジタル制御による高機能化の要求も高まっており,デバイス・プロセス技術はこれらの高耐圧アナログデバイス,微細 CMOS デバイスの混載が求められている。

本稿ではこの電源 IC 用途に適した,アナログ CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)と高耐圧 横型 DMOS (Double Diffused Metal Oxide Semiconductor), さらに 0.6 µm ディジタル CMOS を搭載した,0.6 µm ルールアナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術につい て紹介する。

# 2 パワー IC 微細化トレンド

図1にパワーIC 微細化トレンドを示す。ロジックLSI に対して約6年ほど遅れているが,着実に微細化が進んで いる。ロジックLSIの分野でのDRAM・システムLSI混 載の方向性からもインタフェースとなるパワー部の集積化 が望まれており,今後急激に微細化の必要性が増すと予想 されている。このような情勢の中,富士電機も1999年に は0.6µmプロセスを開発し,製品適用を図っている。

用途として,携帯用電子機器に使用されるリチウムイオン電池などのバッテリー充電を制御するバッテリーチャージャ IC などがある。

3 要素デバイス構造と主要特性

図2に要素デバイスの断面を示す。また,表1にデバイ



北村明夫

高耐圧 C/DMOS デバイス・プロ セスの研究開発に従事。現在,松 本工場 IC 第二開発部主任。 図 1 パワー IC 微細化トレンド



スリスト,表2にプロセスフローを示す。本プロセスは 0.6μm プロセスをベースとしている。ディジタル回路用に はゲート長の縮小を図るためのパンチスルーストッパ層が 形成されたディジタル CMOS を,アナログ回路用にはし きい値電圧の低減を狙い上記パンチスルーストッパ層を遮 へいしたアナログ CMOS を用意している。また,高耐圧 MOS (HV-MOS) としては 30 V 耐圧保証の HV-MOS と 出力段 DMOS を用意している。

表 3 にデバイス特性一覧を示す。また,図 3 にデバイス *I-V* 特性を示す。

本デバイスの特徴は次のとおりである。

- (1) 高集積ロジック回路用 0.6 µm CMOS とアナログ
   CMOS,高耐圧 MOSの混載技術
- (2) アナログ CMOS,高耐圧 MOS の低しきい値電圧化技術

3.1 ディジタル・アナログ・高耐圧混載化技術

富士電機では電源 IC 分野をメインに,1 µm ルールベー スのアナログ・高耐圧混載プロセスを 1996 年から量産展 開してきた。近年,これらアナログ・高耐圧回路をディジ タル的に制御することで高機能化を図る動きがあり,さら には CPU などを取り込むことによりさらなるインテリ

# 図2 要素デバイス断面構造



# 表1 デバイスリスト

能動素子	受動素子
NMOS	高抵抗ポリシリコン抵抗
PMOS	低温度係数ポリシリコン抵抗
低 V <sub>th</sub> NMOS	拡散抵抗
低 V th PMOS	ポリシリコン容量
デプレションNMOS	MOS容量
低オン抵抗 30V NDMOS	
低オン抵抗 30V PDMOS	
低V <sub>th</sub> 30V NMOS	
低V <sub>th</sub> 30V PMOS	
NPN	
PNP	
ツェナーダイオード	

表2 プロセスフロー

プロセスフロー	標準プロセス	オプション プロセス
nウェル拡散		
pウェル拡散		
pオフセット拡散		
nオフセット拡散		
nツェナー拡散		
フィールド酸化膜形成		
チャネル拡散		
デプレション拡散		
ゲート電極形成		
LDD拡散		
スペーサ形成		
ソース・ドレイン拡散		
パンチスルーストッパ拡散		
高抵抗・低温度係数ポリシリコン形成		
コンタクト形成		
第1金属形成		
第2金属形成		
パッシベーション形成		

本プロセスでは,高耐圧 MOS 部へはパンチスルース トッパ層の形成を遮へいし,かつウェル高濃度化に対して はオフセットドレインの RESURF 条件の最適化を図るこ

ジェント化を図りたいという要求もある。これらを踏まえ, 0.6 μm ディジタル CMOS との混載化に着手してきた。

ディジタル CMOS はゲート長の縮小のために,通常の LDD(Lightly Doped Drain)スペーサ構造に加えて, ウェル濃度の高濃度化,パンチスルーストッパ層の追加が 必須となる。しかし,高耐圧 MOS にとっては上記追加が RESURF(Reduced Surface Field)構造のバランスを乱 すことになる。

# 表3 デバイス特性一覧

帚生	CMOS (W/	L=25/0.6)	低 V <sub>th</sub> CMOS(	W/L=25/25)	30 V DMOS (	W/L = 25/2.0)	低V <sub>th</sub> 30V MOS	S(W/L=25/25)
电丸 特性	NMOS	PMOS	低 V <sub>th</sub> NMOS	低 V <sub>th</sub> PMOS	低オン抵抗 30V NDMOS	低オン抵抗 30V PDMOS	低	低
V <sub>th</sub>	0.6 V	0.7 V	0.7 V	0.9 V	0.8 V	1.1V	0.7 V	0.8 V
BVdss	1 0 V	1 0 V	1 1 V	1 0 V	40 V	35 V	65 V	55 V
R on A	-	-	-	-	0.05 mm <sup>2</sup>	0.17 mm <sup>2</sup>	-	-

#### 図3 デバイス /- / 特性



とにより, ディジタル CMOS と高耐圧 MOS との混載化 を可能とした。

3.2 低しきい値電圧化技術

ディジタル LSI の動作電圧の低下や,携帯機器に使用 される電池電圧の低下により,低電圧駆動が要求されてい る。

そこで,アナログ回路を構成する CMOS,高耐圧 MOS の低しきい値電圧化を図った。具体的には上記のパンチス ルーストッパ層の遮へいとチャネルイオン注入の打ち分け を行い,表3のデバイス特性に示すように低しきい値化を 実現し,ICとして2V以下の低電圧駆動が可能となった。

# 4 機種適用例

図 4 に今回この 0.6 μm C/DMOS プロセスを適用した機 種例を示す。本 IC はリチウムイオン電池の充電機能を制 御する IC で,電源電圧定格は 18 V である。

# 5 あとがき

パワー IC の分野では,高性能な高耐圧アナログ回路技術とディジタル回路技術との融合のニーズが高まっており, デバイス・プロセスとしてもこの要求に応え,かつその先

# 図4 リチウムバッテリー充電制御 IC



を見据えた開発が必要である。富士電機は高耐圧・低オン 抵抗技術をベースとし,さらに特徴あるデバイス・プロセ ス技術を開発し,社会に貢献していく所存である。

#### 参考文献

- 北村明夫ほか.Surrounding-Body 領域を有する自己分離
   型高性能横型 DMOSFET 構造.電子情報通信学会総合大会. C-561,1995, p.154.
- (2) Kitamura, A. et al . Self-Isolated and High Performance Complementary Lateral DMOSFETs with Surrounding-Body Regions . Proceedings of ISPSD 95 . 1995 , p.42-47 .
- (3) 北村明夫ほか.Surrounding-Body 領域を有する DMOS
   FET の電気的特性.電気学会研究会.EDD-95-93,1995,
   p.75-80.
- (4) 多田元,北村明夫.高耐圧 IC プロセス技術.富士時報.vol.69, no.8, 1996, p.410-416.
- (5) 北村明夫,佐々木修.アナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術.富士時報.vol.73, no.8, 2000, p.456-459.

# 解説 パワー IC

パワー IC は高耐圧パワー素子と駆動回路,制御回路,保護回路などをワンチップ化したもので,システムの小型・軽量化,部品点数の削減要求に応える手段として近年ますます注目されてきている。

パワー素子は至るところで使用されているが,特に 携帯用電子機器などでは小型・軽量化の点からパワー IC化が望まれている。

パワー IC の難しいところは,従来の CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor),あるいは Bi-CMOS (Bipolar CMOS)プロセスをベースに,い かに追加プロセスなく,駆動能力の高いパワー素子を 作れるかにかかっており,各社独自の技術でしのぎを 削っている。

最近の動向としては,上述のような回路だけではな く,CPU,マイクロプロセッサ,不揮発性メモリ,ア ナログ回路,A-Dコンバータなどをワンチップ化し たものが開発されており,ベースプロセスである CMOS も本特集号 178 ページの図 1 のように微細化 が進んできている。

# アナログ IC 設計技術

尾上 久(ぉのうえ ひさし) 藤澤 旭(ふじさわ ぁきら) 菅原 敬人(すがわら たかと)

#### 1 まえがき

近年の携帯機器に代表される電子機器の発達により,搭載される IC の小型化・低価格化が進んでいる。またプロセス技術と回路設計技術の進展により,IC の高集積化と高機能化が進んでいる。一方,製品サイクルは短くなり, 短期間での効率的な開発が強く求められている。

富士電機では,これらの状況に対応するため,設計段階 から製品品質を作り込むことが可能な設計技術の開発,さ らに設計資産の再利用や設計の自動化システムの構築を推 進している。

本稿では,富士電機の主力製品である電源 IC をター ゲットとしたアナログ回路設計検証技術,自動マスクレイ アウト設計技術などのアナログ IC 設計技術を紹介する。

アナログ IC 設計フロー

本章では,アナログ IC の設計フローの概要を述べる。 図 1 に設計フローを示す。

#### (1) 回路設計

仕様に基づいて行われる回路設計は,回路図入力システムにより行う。ここでは開発実績があり回路動作が保証されたアナログマクロセルライブラリを利用した設計が可能である。さらにアナログ記述言語を用いて,IC周辺回路を含めたシステム構成を確認しながら設計を行える環境が 構築されている。

### (2) 回路検証

回路ブロックごとに,アナログシミュレーションやディ ジタル・アナログ混在シミュレーションで,設計された回 路の検証を行う。さらに,コーナーシミュレーションやモ ンテカルロシュミレーションなどの統計解析によるプロセ ス変動や温度変化に対するシステム全体特性の検証も行っ ている。

# (3) マスクレイアウト設計

従来行ってきた手作業でのマスクレイアウト設計と,自 動で自由な素子形状の作成が可能なシンボリックレイアウ



**尾上**久 CAD 技術の開発に従事。現在, 松本工場 IC 第二開発部。



藤澤 旭

CAD 技術の開発に従事。現在 , 松本工場 IC 第二開発部。



菅原 敬人

CAD 技術の開発に従事。現在, 松本工場 IC 第二開発部。

トやブロック間配線などを行える自動マスクレイアウト設 計を行う。

(4) マスクレイアウト検証

規則どおりの幅や間隔でマスクレイアウト設計が行われ ているかの検証として,DRC(Design Rule Check)や, 回路図と設計したマスクレイアウトが完全に一致している ことを確認するためLVS(Layout Versus Schematic)な



どを実施している。

#### (5) バックアノテーション

マスクレイアウトデータから,配線抵抗や配線容量など の寄生素子を抽出し,それらを考慮したシミュレーション を行う。シミュレーションの実行にあたっては,チップ全 体の寄生素子を考慮するのか,あるいは特定配線(クリ ティカルパスやグラウンドなど)や特定回路ブロックの寄 生素子のみを考慮するのかを指定することが可能である。

# アナログ IC 設計技術

本章では,前章アナログ IC 設計フローの各設計段階に おける技術のうち,アナログ回路設計・検証にかかわる技 術と,マスクレイアウト設計技術の概要を述べる。

### 3.1 アナログマクロセルライブラリ

設計効率の向上と短納期に対応するため,設計資産の再 利用を推進しており,アナログマクロセルライブラリを構 築している。アナログマクロセルライブラリには,これま でに使用実績があり,再利用可能な機能を有する演算増幅 器回路などの基本回路を中心に登録されている。アナログ マクロセルライブラリの主な構成は次のような内容である。

- (1) 回路図入力用シンボル
- (2) トランジスタレベルで記述した回路図データ
- (3) 自動マスクレイアウト設計でも使用可能なレイアウト データ
- (4) 効率よくシミュレーションするために回路機能をアナ ログ記述言語などで特性化したマクロモデル

また,表1に現在登録しているアナログマクロセルライ ブラリの登録セル数を示す。ライブラリは電源 IC の各分 野ごとに構築されており,富士電機の主要プロセス1μm ルール2層金属配線 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセスに対応している。

#### 3.2 アナログ回路検証技術

 3.2.1 アナログ記述言語を使ったフルチップシミュレー ション

富士電機では,多数の素子からなるアナログ回路をアナ ログ動作記述言語でマクロモデル化し,高機能 IC 単体や 周辺素子を含めたシステム全体の機能の検証が短時間で行

# 表1 アナログマクロセルライブラリ内の登録セル数

適用IC	ライブラリ名	登録セル数
	AFCY1000	5
DC-DC電源IC	AFDW1000	34
	AFDW4000	18
	AFCW1500_AD	19
	AFPW2000_AD	44
DC-DC電源IC周辺回路	FMACRO	24
AC-DC電源IC周辺回路	FMACRO_AD	4

#### える環境を構築している。

この環境を利用して行った機能検証の結果を図2に示す。 マクロモデルを使った波形はトランジスタレベル回路の波 形とよく一致しており,シミュレーション時間はトランジ スタレベルのシミュレーションと比較し,約1/20まで短 縮することが可能である。

3.2.2 モンテカルロシミュレーション

高精度が要求されるアナログ IC では, 製造ばらつきを 考慮した回路動作の検証が必要であり, 素子のパラメータ を統計分布に基づいてばらつかせるモンテカルロシミュ レーションは有効な手法の一つである。

富士電機では,図3に示すモンテカルロシミュレーショ ン用ユーザーインタフェースを開発し,ばらつき範囲やシ ミュレーション回数から各デバイスばらつきの最大・最小 値を設定することができる。また,シミュレーション結果 の分析のため,度数分布グラフの作成などを行える環境を 整えており,設計検証段階での品質の作り込みを十分行う ことが可能である。



図 2 アナログ記述言語を使ったフルチップシミュレーション 適用例

#### 図3 モンテカルロシミュレーション用ユーザーインタフェース



# 図4 コンデンサ作成用ユーザーインタフェース



# 3.3 自動マスクレイアウト設計技術

IC 設計において,多くの時間を費やすのがマスクレイ アウト設計である。

富士電機では,このマスクレイアウト設計期間を短縮す るため,シンボリックレイアウトを使用した自動マスクレ イアウト技術と,自動配線技術を確立している。

3.3.1 シンボリックレイアウト

シンボリックレイアウトは,レイアウトブロック内の各 デバイスのマスクレイアウト設計において,抵抗値,抵抗 幅など,デバイス作成に必要なパラメータを基に目的のマ スクレイアウトを自動生成するマスクレイアウト設計方法 である。シンボリックレイアウトを使用することにより, 従来の人手による抵抗やトランジスタなどのマスクレイア ウト設計を自動化することはもとより,回路図内のパラ メータを基に,回路図からマスクレイアウトを自動生成す ることが可能となる。

このシンボリックレイアウトセルは,アナログ IC 特有 のデザインに対応している。例えば,コンデンサのサイズ を縮小,最適化するために,矩形(くけい)以外の形状が 必要となる場合がある。富士電機では,このような複雑な マスクレイアウト設計の自動化を可能にするため,独自の アルゴリズムによるシンボリックレイアウトを開発してい る。

さらに,パラメータ設定の複雑化を緩和するためのユー ザーインタフェースも開発している。図4に示すコンデン サ作成用のユーザーインタフェースは,コンデンサの形状 とターミナル作成位置をマウスにより簡単に設定できる。

このように複雑なデザインのマスクレイアウトデータを 簡単に自動作成するシステムが構築されている。

#### 図5 自動配線技術の適用例



3.3.2 アナログ自動配線

富士電機では,先に述べた,アナログマクロセルライブ ラリに登録しているレイアウトやシンボリックレイアウト, もしくは手作業により新規設計されたマスクレイアウトブ ロックの,プロック間自動配線を実現している。

アナログ IC の配線は, 配線幅, インピーダンスや電流 密度など, アナログ IC 特有の制約条件を考慮する必要が ある。富士電機ではこのようなアナログ IC 特有の制約条 件を考慮した自動配線が可能な技術を確立している。

さらに,このような自動配線に必要な制約条件を回路図 上で簡単に付加できるようなユーザーインタフェースを開 発し設計効率の向上を実現している。

図5は,自動配線技術を使用して配線したマスクレイア ウトであり,マスクレイアウト設計における配線期間を約 1週間まで短縮することが可能である。

### 4 あとがき

以上,富士電機でのアナログ回路設計検証技術,自動マ スクレイアウト設計技術の概要について述べた。

今後も IC に対する高機能化はもとより, IC 開発期間の 短縮がますます強く求められるものと考えられる。

富士電機では,これらの要求に応えるため,アナログマ クロセルライブラリのさらなる充実と回路定数最適化技術 であるアナログ合成技術による設計資産の再利用,および マスクレイアウトの自動配置技術の開発によるマスクレイ アウト設計の自動化などの開発を進めていく所存である。

#### 参考文献

- (1)藤本英俊,藤澤旭.CMOS アナログ IC 設計技術.富士時報.vol.73, no.8, 2000, p.452-455.
- (2) 鹿島雅人ほか.CADシステム技術.富士時報.vol.64, no.2,1991,p.139-141.

# SMBus 対応バッテリー残量計測 IC の開発

野中 智己(のなか ともみ)

```
赤羽 正志(あかはね まさし)
```

岩本 基光(いわもと もとみつ)

```
1 まえがき
```

近年,どこでもインターネットや電子メールのアクセス ができるノートパソコンの需要が伸び,2001年には国内 のパソコン出荷台数の50%以上を占めている。これら ノートパソコンには,ニッケルカドミウムやニッケル系二 次電池に比べ軽量で長時間駆動ができるリチウムイオン二 次電池が用いられている。しかしノートパソコンの高速化 により低消費電力化が進まず,バッテリーで2~3時間し か使用できない。このため正確なバッテリー残量の表示が 強く求められている。

バッテリーの電力と残量の管理に関して,従来各社が独 自の仕様をベースにさまざまな電力管理システムを構成し ていたが,1994年にインテル社と米国のバッテリーメー カーであるデュラセル社により,SMBus(System Management Bus)という統一規格が提唱され,SMBusの柱 としてバッテリーの電力管理仕様であるSBS(Smart Battery System)が開発された。SBSは、システムホスト, スマートバッテリー,スマートバッテリーチャージャなど のデバイスで構成され,これらのデバイスがSMBusを経 由して情報を交換し、バッテリーの管理(充電,残量計測, 保護など)を行うもので,現在このSBSが業界の標準仕 様となりつつある(図1)。

SMBusに対応したバッテリー残量計測 IC (Smart





Battery IC: SBIC)の開発を行ったので概要を紹介する。

#### 2 SBIC の概要

SBIC は, ノートパソコンの2または3セル用リチウム イオンバッテリーパックに必要な残量計測・二次保護・通 信機能をワンチップの IC で実現している。SBIC のチッ プ写真を図2に示す。

SBIC の特徴は次のとおりである。

- (1) バッテリーの充放電電流を検出,積算することで充放 電電気量を求め,それに電流値,温度により補正計算を 行い,高精度(±1%)なバッテリー残量表示を実現し ている。
- (2) バッテリーの過充電,過放電を監視し,異常時はア ラームの出力とシステムホストへの通知ができる。
- (3) SMBus ver1.1 インタフェース(I/F)を搭載し、シ ステムホストへ保護状態データや残量データの通知がで きる。
- (4) 内部回路の電源・クロック制御と低消費電流アナログ 回路により低消費電流(125µA typ.)を実現している。

図 2 SBIC のチップ写真





野中智己

CMOS ディジタル IC の開発・設 計に従事。現在,(株)富士電機総 合研究所デバイス技術研究所。



赤羽 正志

電子機器の開発に従事。現在, (株)富士電機総合研究所デバイス 技術研究所。



岩本 基光

電子機器の開発に従事。現在, (株)富士電機総合研究所デバイス 技術研究所。 3 回路の構成と動作

3.1 回路構成

SBICの内部構成を図3に示す。各ブロックの機能は以下のとおりである。

 マイクロコンピュータ(マイコン) + RAM + ROM SBIC 内の機能ブロックを制御し,バッテリー残量など の演算を行う。

(2) SMBus 通信回路

SBS では,他のデバイスとの通信を SMBus で行う。本 回路はマイコンが SMBus を通じて他のデバイスと通信を 行うための回路である。

(3) EEPROM I/F 回路

残量計測を行うための参照データやバッテリー残量デー タを外部の EEPROM に格納している。マイコンは本回路 を通じて EEPROM にアクセスし,データの入出力を行う。

(4) AD 変換回路(ADC)

マイコンからの定周期指令でバッテリー電圧を計測する。 (5) VF 変換回路(VFC)

定周期でバッテリー電流の積算値を計測する。マイコン はこの値を参照してバッテリー残量を演算する。

(6) 電 源

バッテリーから IC 内に供給する電源を生成している。 (7) OSC1 + OSC2

バッテリー残量を演算するには正確な周波数のクロック が必要であり,これには時計用水晶(32.768 kHz)を使っ て生成している。マイコンなどのロジック回路を駆動する ためのクロックはこれとは別のリングオシレータ(発振周 波数 500 kHz)で生成している。

3.2 回路動作

図4にマイコンの動作スケジュールを示す。

マイコンが動作している状態をラン状態,待機している 状態をアイドル状態と呼ぶ。ラン状態の動作は大きく分け て次の二つがある。

 (1) 一定周期でバッテリー電圧・電流を測定し残量演算を 行う。

図3 SBIC の回路ブロック図



(2) 他のデバイスと SMBus を介して通信を行う。

(1)は一定周期ごとに行い,(2)は他のデバイスからアクセ スがあった場合や,バッテリーが他のデバイスにアラーム を出す場合など,必要に応じて行う。

これらの動作を行うとき以外はマイコンは動作する必要 がないため,マイコンはクロック供給を停止させ,アイド ル状態になって消費電流を低くした状態で待機している。

#### 3.3 SBIC における低消費電流化技術

SBIC はバッテリーパックに内蔵されるため,低消費電 流で動作する必要がある。以下に本 IC における低消費電 流化技術の一部を説明する。図 5 に,SBIC の状態遷移図 を示す。

ラン状態からパワーダウン状態への遷移は,バッテリー が未接続状態でバッテリー電流を計測する必要がない場合 や,バッテリーが過放電状態で電源として使用することが できない場合に行われる。

図6に,電源・クロック制御部のブロック図を示す。

パワーダウン状態になると,バッテリーの消費を節約す るためほとんどの回路ブロックへの電源供給を停止する。 ただし,すべてのブロックへの電源供給を停止するとラン 状態への復帰ができなくなるため,電源回路を二つ用意し, 片方(図6の電源1)は復帰条件監視回路のみを駆動し, もう片方(図6の電源2)は復帰条件監視回路以外の回路 を駆動するようにしている。電源1は常時動作し,電源2 はラン・アイドル時のみ動作する。こうすることで,パ ワーダウン時の消費電流をきわめて低くしている。

本 IC ではこれ以外に,電源部や VFC 内の回路に低消 費電流タイプのオペアンプを使用する,プログラムを格納 する ROM のセンスアンプを間欠動作させるなどの低消費 電流化技術を用いている。

### 図4 マイコンの動作スケジュール



図5 SBIC の状態遷移図



#### 図6 電源・クロック制御部のブロック図



4 残量計測プログラム

リチウムイオン二次電池の特性を把握し,その特性をも とに,独自のアルゴリズムを用いた SBIC 用残量計測プロ グラムを開発した。以下,リチウムイオン二次電池の特性, 残量計測アルゴリズム,残量計測結果の順に述べる。

#### 4.1 リチウムイオン二次電池の特性

リチウムイオン二次電池は,残量の減少に伴い電圧が低 下する特性を持つ。しかし,バッテリーには内部抵抗があ るため,電圧は流れる電流の大きさや温度で変化し,電圧 から残量を推定することは難しい。ただし,電流が流れて いない状態が数時間継続する(休止状態)と電圧が安定す るため,休止状態の電圧から残量を推定することができる。

また,バッテリーが放電できる電気量(放電可能量)は 放電条件(温度,電流)で異なるが,低温・大電流条件の 放電後も標準条件(20,02A)に戻すことででさらに 放電を行うことができ,条件が変化してもこれらの合計放 電量は一定である。つまり,バッテリーに蓄えられた電気 量は常にすべて放電されるのではなく,放電条件に応じた 放電できない電気量(非放電量)が存在する。この非放電 量と温度・電流との関係を図7に示す。SBICではこれら の特性を利用することで残量補正を行い高精度な残量計測 を実現している。

### 4.2 残量計測アルゴリズム

図 8 に今回開発した SBIC のプログラムを中心とした残 量計測の機能ブロック図を示す。

テーブル は休止状態の電圧と残量率(バッテリー容量 に対する残量の割合),テーブル は温度および電流と非 放電量,テーブル は温度と非充電量(バッテリーが充電 できない電気量)との関係を数値化したテーブルである。

充放電時(通常動作時)は,充放電電流から求まる電気 量の積算で残量を更新するが,ノートパソコンの電源をオ フにした場合のような休止時には,バッテリー電圧とテー ブル から残量率を求めて残量を修正する。さらに,残量

#### 図7 温度・電流と非放電量との関係



#### 図8 残量計測の機能ブロック図



がバッテリー容量に近い状態になった場合(満充電時), バッテリー容量を残量に置き換えて修正する。

初期状態で SBIC の認識する残量と実際の残量とが異 なっていた場合でも、この休止時の残量修正と満充電時の バッテリー容量修正が繰り返されることにより、SBIC の 認識残量が次第に実際の残量に近づく。

また放電残時間は,残量とテーブルから放電可能量を 計算し,放電可能量を電流で除算する方法で求める(充電 残時間は残量とテーブルを用いて計算する)。

#### 4.3 残量計測結果

SBIC による残量測定結果を図9に示す。

これは,定格容量 1.8 Ahのバッテリーを用い,初期残 量 0.9 Ah(残量率 50%)から,残量率が 100%→50% →100%と変化するようにバッテリーの充放電を繰り返し たときの,SBIC内の認識残量と実際の残量の変化を見た ものである。充放電を繰り返すたびに補正が行われ,最終 残量(残量率 100%)の測定精度は約1%で,良好な結果 が得られている。

また図10は,0 と20 でバッテリーを1.8 A で放電さ

#### 図 9 残量測定結果



図10 残時間測定結果



せたときの, SBIC による残量予測時間と実際の放電時間 を比較した結果であるが,残量予測時間の誤差は1%以内 と,非常に良好な結果が得られている。

# 5 テストの容易化

製品出荷前のテスト工程において,SBICのようなアナ ログ・ディジタル混在回路では,テスト容易化設計なくし てはテスト時間の増大と複雑化を招き,場合によっては機 能や性能の評価が十分できないこと(品質低下)もありう る。SBICでは三つの手段を組み合わせたテスト容易化設 計を取り入れている。以下に,ATE(Automatic Test Equipment)を用いたSBICのテスト方法を述べる。

# 5.1 ディジタル部(マイコン, SMBus 通信回路, EEPROM-I/F回路)

回路の約6割を占めるディジタル部はテスト合成ツール を利用してスキャンパス回路設計を行っており,ATPG (Automatic Test Pattern Generator)で生成された98% 以上の故障検出パターンを利用してテストを行っている。 テストに使用するピンはSMBusとEEPROM通信用の端 子を兼用することで,ピン数の増加を抑制している〔図11 (a)。

#### 5.2 ROM/RAM部

ROM/RAM 部は,マイコンを利用した BIST (Built In Self Test) でテストを行っている。ATE が SMBus 通信

図 11 SBIC のテスト概要



を利用してマイコンに対しテスト命令を発行し〔図11]b〕 〕, マイコンが ROM, RAM の自己診断を行う〔図11]b

診断結果は SMBus 通信を使い ATE が読み出し,デバイスの良否判定に用いる〔図11 b)

### 5.3 ADC/VFC 部

ADC/VFC部のテストは,ATEとマイコンが連携して 行う。まず,ATEが該当するピンにアナログ値を設定し [図11(c)],マイコンにADCまたはVFCのテスト開始 命令を送ることで〔図11(c)],マイコンがADCまたは VFCのディジタル変換値を読み取り〔図11(c)〕レジスタ に値を保持する。保持された結果は通信経路を使いATE が読み出し〔図11(c)〕,期待値と比較して判定する。

#### 6 あとがき

高精度なバッテリー残量計測と低消費電力を実現した SMBus対応バッテリー残量計測 IC(SBIC)の概要を紹 介した。

今後,ディジタルとアナログの特徴を生かした技術開発 を行い,さらに市場が拡大すると予想される携帯情報機器 をターゲットとしたパワーマネジメント用 IC の開発を 行っていく所存である。

#### 参考文献

- (1) Smart Battery Data Specification Rev. 1.1, 1998-12.
- (2)小澤秀清.二次電池駆動回路の基本構成と課題.電子技術.1999-11, p.9-17.
- (3) 後藤正治ほか.特集 あなたの設計では出荷テストができません. Design Wave. 2001-03, p.28-76.

# マスタスライス方式マルチチャネル DC-DC コンバータ 制御 IC

三添 公義(みぞえ きみよし)

# 1 まえがき

近年,携帯電話やディジタルスチルカメラ,ディジタル ビデオカメラなどのディジタル携帯機器が急速に普及して いる。これらの携帯機器は,多機能化しつつより低消費電 力とする傾向がある。そのため,搭載する電源はパワーマ ネジメントのために機能ごとに分散したマルチチャネル化 が進んでいる。その中で,富士電機では携帯機器に搭載す るマルチチャネル電源 IC の製品化を積極的に進めている。 携帯機器の商品サイクルと同様に電源 IC の製品サイクル は短く,顧客仕様を満たすためには開発期間を短縮し1日 でも早く顧客へサンプル提供して評価していただくことが 命題となっている。

そこで,開発期間の短縮のため,DC-DC コンバータ電源制御 IC の開発にマスタスライスの手法を採り入れた。

本稿では,マスタスライス方式マルチチャネル DC-DC コンバータ電源制御 IC の機能と構成,CAD 利用による 開発手法について解説をする。

2 マスタスライス方式の電源制御 IC

本章では,マスタスライス方式を採用した目的と,ター ゲットとする DC-DC コンバータ電源制御 IC の基本機能 などについて述べる。

#### 2.1 マスタスライス方式とは

製品開発を行う場合は,仕様決定後に回路設計とレイア ウト設計で約2か月,プロセス工程で約2か月の日数を要 し,評価期間を含めると約5か月の開発期間であった。

マスタスライス方式を採り入れた場合,あらかじめ電源 制御ICに必要となる基本機能を決めて回路ブロックとそ れに対応したチップレイアウトを準備しておき,設計時に ブロック間配線でチャネル数や機能を変更していく。また, ウェーハプロセスではシリコン上にメタル工程前までの回 路を造り込んでおき,ブロック間配線に対応したメタル配 線のみでチャネル数や機能を変更するだけで済む。



# 三添 公義

リニア IC, 主に CMOS アナログ 回路の研究・開発に従事。現在, (株)富士電機総合研究所デバイス 技術研究所。電気学会会員。 マスタスライス方式には,次のような利点がある。

- (1) 基本的な要素回路とそれにより構成されている回路ブロックの動作実績があるので,個々の回路ブロックの検証は必要なくなり設計の段階でブロック間の検証のみで済み,1週間程度まで設計期間を短縮させることができる。
- (2) ウェーハプロセス工程ではメタル配線のみ変更のため メタル工程以降の期間だけであり、プロセス工程期間が 従来に比べて4分の1程度まで短縮できる。
- (3) 仕様決定からサンプル提供まで5週間という短期間開 発が実現可能となる。

従来方式とマスタスライス方式を採り入れた開発期間の 比較を図1に示す。

以上のように,マスタスライス方式を採用することによ り電源制御 IC の仕様決定からサンプル提出までの期間が 大幅に短縮される。

#### 2.2 電源制御 IC の基本機能

2.2.1 ターゲット

基本的には昇圧・降圧の組合せで最大4 チャネルの DC-DC コンバータ電源に対応する。

入力ソース電源 Vin が最低 1.5 V の低電圧のときでも動 作するように起動回路をオプションで用意する。したがっ て,ICの入力電源仕様は,低電圧起動回路を用いるかに よって違い,表1のようになる。詳細な機能については次 項で説明する。



# 図1 IC 開発期間

- 2.2.2 内蔵基本機能
- 電源制御 IC に次のような基本機能・回路を内蔵する。
- (1) 内部制御回路電源レギュレータ(2.2 V 出力)
- (2) 低電圧誤動作防止回路(UVLO)
- (3) 基準電圧回路(1V出力)
- (4) 三角波発振回路(外付け素子により周波数変更可)
- (5) タイマ・ラッチ(外付け素子により時間設定可)
- (6) ソフトスタート(外付け素子により時間設定可)
- (7) PWM (Pulse Width Modulation) 制御回路
- (8) 出力トランジスタドライバ(昇圧・降圧の変更可)
- (9) 電流制限(1チャネルのみ利用可能)
- (10) 同期整流
- (11) 入力電源低電圧起動回路(Vin 1.5 V)

図2に電源制御IC全体のブロック図を示す。左側のブ ロックは共通ブロックであり,内部電源ブロックには1と (2),基準電圧ブロックには3),発振回路ブロックには4), コントロールブロックには500機能をそれぞれ内蔵する。 また,右側のチャネルごとのPWM制御回路・ドライバ のブロックには6),(7 および8 を内蔵し,1チャネルのみ (9 の機能を入れる。また,(10 の機能を構成できるようにす る。低電圧電源を利用するときに必要となる低電圧起動回 路ブロックは11 の機能となる。

入力ソース電源が低電圧である場合(Vin 1.5V),低 電圧起動回路で昇圧回路を動作させ,昇圧回路の出力を制 御回路電源入力に接続して昇圧した電圧を制御回路に用い る。入力ソース電源が低電圧でない場合(Vin 2.5V)は, 低電圧起動回路を使用する必要がないので,そのまま入力 ソース電源を制御回路電源入力に接続する。

#### 表1 電源仕様

図 2 電源制御 IC のブロック図

低電圧起動回路	入力ソース電源範囲(V <sub>in</sub> )	単位
なし	2.5 ~ 20	Ň
あり	1.5 ~ 20	V

低電圧電源入力 低電圧起動 回路 制御回路 電源入力 内部電源 電流制限 回路 PWM制御 基準電圧 ドライバ 回路 PWM制御 ドライバ 回路 発振回路 PWM制御 ドライバ 回路 PWM制御 ドライバ コントロール 回路

2.3 実現可能な電源備	成
--------------	---

1~4 チャネルで昇圧・降圧の DC-DC コンバータと, さらにシリーズレギュレータ,同期整流で表2のような電 源の組合せが実現できる。図3には昇圧・降圧の回路構成 例を示す。この昇圧・降圧の設定は,設定端子あるいは内 部プロック間配線で切換が可能である。シリーズレギュ レータは内蔵エラーアンプを利用することにより構成でき, また,同期整流の制御回路は2 チャネル分の PWM 制御 回路を用いて構成することもできる。シリーズレギュレー タの構成例を図4に,同期整流用制御回路の構成を図5に 示す。

オプションとして,次の機能を選択できる。

(1) PWM 制御回路の基準電圧を内蔵の基準電圧回路出力 あるいは外部設定の選択(基準電圧の外部設定は,極性

組合せNo.	昇圧・降圧	シリーズレギュレータ	同期整流
1			
2			1チャネル
3	1チャネル	1チャネル	
4		1チャネル	1チャネル
5		2チャネル	
6			
7	0 チャ <b>ナ</b> リ		1チャネル
8	27771	1チャネル	
9		2チャネル	
10	25421		
11	37 7 470	1チャネル	
12	4チャネル		
13		1チャネル	1チャネル
14			2チャネル

#### 表 2 電源の組合せ

図3 昇圧·降圧回路構成例



# 図4 シリーズレギュレータ構成例



#### 図5 同期整流回路の構成



反転などのアプリケーション構成時に用いる)。

- (2) 低電圧起動回路(Vin 1.5)の使用
- (3) 電流制限回路の使用
- 3 開発手法

本章では,マスタスライス方式を適用した電源制御 IC の具体的な開発手法について述べる。

#### 3.1 回路ブロックの準備

前章の2.2.2項で述べた回路ブロックについて,実際の 回路,レイアウトを準備する。回路ブロックは,要素回路 (セル)を組み合わせて上位の大きなセルとして作成する。 回路ブロックと使用したセルの対応を表3に示す。回路動 作検証は回路ブロックごとに行っておく。また,レイアウ トも回路ブロックごとに要素回路との接続配線まで行い, ブロック間の配線のための接続情報を設定しておく。なお, 仕様によって回路ブロックの特性を調整できるように,抵 抗やコンデンサの素子値をメタルで変更できるようにして ある。完成した回路ブロックレイアウトを配置し,入出力 パッドを用意したブロック間メタル配線前のチップレイア ウトを作成する。このレイアウトを図6に示す。

## 3.2 自動メタル配線レイアウト

# 3.2.1 電源構成例

設計事例として,表4のような電源構成にする。昇圧・ 降圧回路2チャネルと同期整流制御回路1チャネル,また

#### 表3 各回路ブロックの使用セル

回路ブロック	使用セル
	内部電源シリーズレギュレータ
内部電源	バイアス電流回路
	低電圧誤動作防止回路
基準電圧	1V基準電圧回路
* = 0 %	三角波発振回路
光 旅 凹 路	デューティ制限パルス発生回路
コントロール	タイマ・ラッチ
	エラーアンプ
	コンパレータ
口(14年) 御同 敗	ソフトスタート
PVV Ⅳ 市り 御 凹 路	デューティ制限回路
	ドライバ
	電流制限回路(オプション)
低電圧起動回路	低電圧起動回路(オプション)

# 図6 自動配線前のチップレイアウト



#### 表4 電源構成例

電源構成	設定		
昇圧・降圧2チャネル	No.1	内部基準電圧使用 電流制限機能付き	
	No.2	基準電圧外部設定	
同期整流1チャネル	内部基準電圧使用		
オプション	低電圧起動回路		

低電圧起動回路を使用する。昇圧および降圧は外部設定端 子で変更可能とする。昇圧・降圧回路の No.1 は,基準電 圧に内部の基準電圧回路の出力を用いて,出力トランジス タドライバに電流制限回路を接続する。No.2 は,基準電 圧を外部から設定するようにしておく。また,No.2 にお いて,図4 で示したシリーズレギュレータも構成可能であ る。同期整流制御回路は,図5 で示したように2 チャネル

### 図7 電源制御 IC の全体回路図の作成例



分の制御回路と抵抗 R3, R4 を用いて構成する。また,オ プションとして低電圧起動回路を有効にしている。 3.2.2 CAD ツールの活用

CAD ツールを利用し,表4の電源構成となるように回 路ブロック間を配線した回路図を作成する。次に,シミュ レータにより全体回路図の動作を検証して配線が正しいか チェックする。また,回路図上のブロック間にはレイアウ ト時に配線するメタル配線幅などレイアウトに必要な情報 を設定しておく。図7に作成した回路図を示す。なお,こ の回路図作成が設計時間の大半を占め1~2週間であり, 従来の2か月の設計期間に比べ大幅な短縮となる。

検証が完了した全体回路図をもとに,自動メタル配線レ イアウトツールを利用して回路ブロック間のメタル配線を 行う。メタル配線後の最終的なチップレイアウトを図8に 示す。レイアウトはメタル配線のみとなるので,作業は1 日で完了する。 図8 完成したチップレイアウト



# 4 あとがき

以上のようなマスタスライス方式電源制御 IC の開発を 積み重ね,マスタスライス方式を採用した電源制御 IC の 開発手法を確立した。この手法は,いままで IC 設計・開 発の効率化で取り組んできた CAD 技術がおおいに活用さ れ,設計期間短縮だけでなく IC 自体の開発期間短縮の効 果が発揮される。

今後, 汎用品に近いマルチチャネル DC-DC コンバータ 電源制御 IC のサンプル製作には, 今回開発したマスタス ライス方式の電源制御 IC を利用することにより, 短期間 にサンプル提供を行っていく。また, 多チャネル化や機能 拡張など, 他機種にもマスタスライス方式を展開し, 短期 間に顧客の要望に迅速に応えたサンプルを提供できるよう に製品を開発していく予定である。

# 低オン抵抗トレンチ横型パワー MOSFET 集積化技術

澤田 睦美(さわだ むつみ)

```
岩谷 将伸(いわや まさのぶ)
```

藤島 直人(ふじしま なおと)

# 1 まえがき

近年の電子機器の小型・軽量・薄型・低消費電力化の要求の中で,富士電機では電源IC分野を中心に,高耐圧パワーIC技術の開発に取り組んできた。これまでにパワーICに集積されるスイッチング素子として,高集積化と低オン抵抗化を実現するためにトレンチ(溝)構造を導入した横型パワー MOSFET(Trench Lateral Power Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor: TLPM)を提案し,有効性を実証してきた。

本稿では,電源制御用パワー IC や DC-DC コンバータ 用パワー IC などに要求される素子耐圧 30 V クラスの TLPM を,富士電機既存の 0.6 µm ルール Bi-C/DMOS (Bipolar-Complementary/Double Diffused MOSFET)プ ロセスに集積化する技術を開発したので紹介する。

# 2 デバイス構造と特徴

#### 2.1 従来技術

プレーナ型のパワー素子 LDMOS (Lateral Double Diffused MOSFET)は,図1に示すように,高耐圧に必 要な拡張nドレイン領域をシリコン基板表面に形成する ので,高集積化と低オン抵抗化には限界があった。

#### 2.2 TLPM

図 2 にワンチップ上に集積した CMOS (Complementary MOSFET)と TLPM の断面図を示す。

図2に示すように,TLPMは,ソース領域を基板の表面に,ドレイン領域をトレンチ底面に,そして,トレンチ 側壁に沿ってチャネル領域を形成している。30V耐圧を 持たせるためのnドレイン領域は,トレンチ底面からト レンチ側壁にかけて形成してある。このようにチャネルと ドレインの一部を縦に形成することで,デバイスピッチを 従来の50%に縮小し,単位面積あたりのオン抵抗を大幅 に改善することができた。

#### 図 1 プレーナ型 LDMOS の断面構造



図 2 ワンチップ上に集積した CMOS と TLPM の断面図



#### 3 プロセスフロー

プロセスフローについて説明する。最初に CMOS 部と 共通に形成した p ウェル内部に深さ 2 µm のトレンチを形 成する。トレンチマスク酸化膜をそのままマスクとして, トレンチ底面に n ドレイン領域を形成する [図3(a)]。次 に, p - 領域を形成してから,素子分離のためのフィール ド酸化膜を熱酸化で形成する。そして,しきい値電圧調整 用のチャネルイオン注入を行い,TLPM 部には比較的厚 いゲート酸化膜,低耐圧 CMOS 部には薄いゲート酸化膜 を形成し,ゲート電極となるポリシリコンを堆積(たいせ き)する。TLPM のトレンチ側壁のゲート電極は,ポリ シリコンを異方性エッチングすることにより,トレンチ側 壁酸化膜からポリシリコン膜厚分だけトレンチ内部に張り



低オン抵抗パワー IC のプロセ ス・デバイス研究開発に従事。現 在,(株)富士電機総合研究所デバ

澤田 睦美

イス技術研究所。



# 岩谷 将伸

IC ・パワーデバイスのプロセス 研究開発に従事。現在,(株)富士 電機総合研究所デバイス技術研究 所。



#### 藤島 直人

低オン抵抗パワー IC のプロセ ス・デバイス研究開発に従事。現 在,(株)富士電機総合研究所デバ イス技術研究所グループマネー ジャー。電気学会会員。

# 図 3 プロセスフロー



出した形に,セルフアラインで形成する (図3 b)。 CMOS 部と TLPM 部のソース/ドレイン領域を共通で形 成してから,層間絶縁用の酸化膜を堆積し,トレンチ底面 にコンタクトホールを開口する。トレンチが完全に埋まる ようポリシリコンを堆積し,全面エッチバックをしてトレ ンチ底面プラグを形成する (図3(c))。最後に,層間膜を 堆積し,シリコン基板表面にコンタクトホールを開口し, メタル配線工程,パッシベーション工程をする。

従来の Bi-C/DMOS 工程からの追加は,トレンチ, ゲート電極,およびトレンチ底面コンタクトの3ホトリソ グラフィー工程である。

4 シミュレーション結果

プロセスフロー条件とデバイス構造の最適化を行うため に二次元プロセス・デバイスシミュレーション技術を活用 した。図4(a)に,オフ状態でのポテンシャル分布を示す。 nドレインの接合からトレンチ底面のn+ドレイン端まで 空乏層が広がり,電界を緩和することで30V耐圧が保持 される。このときのブレークダウンポイントは,トレンチ 底部のドレイン側ゲート端である。図4,bに,オン状態で の電流分布を示す。ドレイン電流は,トレンチ側壁に沿っ て,縦方向に流れている。

図 5 に, n ドレインドーズ量に対するブレークダウン電 圧 ( $BV_{ds}$ ) と単位面積あたりのオン抵抗 ( $R_{on}A$ )の依存 性をそれぞれ示す。 $BV_{ds}$  と  $R_{on}A$  はトレードオフの関係に あり, n ドレインドーズ量 2 × 10<sup>13</sup> cm<sup>-2</sup> のとき,  $BV_{ds}$  = 30 V,  $R_{on}A$  = 23 m mm<sup>2</sup> の最適値を得た。

図4 シミュレーション結果



図5 耐圧とオン抵抗の n ドーズ量ドレイン依存性



#### 5 実測結果

図 6 に, CMOS と一体化して作製した TLPM 部分の断 面 SEM (Scanning Electron Microscope) 写真を示す。

図 7 に試作した TLPM の電気的特性測定結果を示す。  $BV_{ds}$ は 35 V で ,  $V_{gs}$  = 18 V ( $E_{ox}$ =2.9 MV/cm ,  $T_{ox}$  = 62 nm)のとき ,  $R_{on}A$  = 16 m mm<sup>2</sup> が得られた。これは , 耐圧 30 V クラスで現在までに報告されている論文の中で 最も低い  $R_{on}A$  である。

# 図 6 TLPM の断面 SEM 写真



#### 図7 TLPM の電気的特性測定結果



図5に,nドレインドーズ量に対する実測での*BV*<sub>ds</sub> と *R*<sub>on</sub>*A*の依存性をシミュレーションと比較して示す。シ ミュレーション結果は,実測結果とほぼ一致している。n ドレインドーズ量5×10<sup>12</sup> cm<sup>-2</sup>でのシミュレーションの *R*<sub>on</sub>*A*が大きい理由として,二次元プロセスシミュレー ションで,nドレイン領域のトレンチ底面コーナー部での 酸化・拡散モデルが不十分であることが考えられる。

図 8 に低耐圧 CMOS の電気的特性を示す。これら CMO S デバイスにより,ディジタル・アナログ混在制御回路の 集積化が可能となる。

#### 図8 低耐圧 CMOS の電気的特性



図9 耐圧とオン抵抗のトレンド



# 6 あとがき

低オン抵抗トレンチ横型パワー MOSFET の既存 0.6 µm ルール Bi-C/DMOS プロセス集積化技術について紹 介した。図9に示す,耐圧とオン抵抗のトレンドから分か るように,TLPMは,耐圧30 V クラスで現在までに報告 されている論文の中で最も低い *R*on *A* を示している。

今後は,この技術を製品に適用していくとともに,p チャネル TLPM の開発,高耐圧化を進め,電源用パワー IC や PDP (Plasma Display Panel)ドライバ IC に適用し ていく所存である。

#### 参考文献

- Fujishima, N.; Salama, C.A.T. A trench lateral power MOSFET using self-aligned trench bottom contact holes. IEDM Technical Digest. 1997, p.359-362.
- (2) Sugi, A. et al. A 30 V Class Extremely Low On-resistance Meshed Trench Lateral Power MOSFET. ISPSD Proceedings . 2002, p.297-300.
- (3) Fujishima, N. et al . A Low On-resistance Trench Lateral Power MOSFET in a  $0.6\,\mu m$  Smart Power Technology for 20–30 V Applications . IEDM Technical Digest . 2002 , p.455–458 .
- (4) 杉祥夫ほか.低オン抵抗トレンチ横型パワー MOS デバイ ス技術.富士時報.vol.74, no.10, 2001, p.588-592.
- (5) Fujishima, N. et al . US patent applied for . 2001 .

- (6) Parthasarathy, V. et al . A 33 V, 0.25 m  $-cm^2$  n-channel LDMOS in a 0.65  $\mu$ m smart power technology for 20 V-30 V applications . ISPSD Proceedings . 1998 , p.61-64 .
- (7) Tsai, C. Y. et al. Optimized 25 V, 0.34 m -cm<sup>2</sup> Very-Thin-RESURF (VTR), Drain Extended IGFETs in a Compressed BiCMOS Process. IEDM Technical Digest. 1996, p.469-472.
- (8) Contiero, C. et al. LDMOS IMPLEMENTATION BY LARGE TILT IMPLANT IN 0.6 µm BCD5 PROCESS, FLASH MEMORY COMPATIBLE. ISPSD Proceedings. 1996, p.75-78.
- (9) Parthasarathy, V. et al. A 0.35 µm CMOS based smart power technology for 7 V-50 V applications. ISPSD Proceedings . 2000, p.317-320.



# 半導体デバイスの微視解析技術

大井 明彦(おおい あきひこ)

# 1 まえがき

近年の半導体デバイスの高性能化・多機能化に伴い,デ バイスの製造プロセスでは高精度で高信頼性の制御が要求 されている。また,デバイス縮小化のための微細化技術も 急速に進展している。このようなデバイス・プロセス技術 の革新に伴い,評価解析技術もまたよりミクロで高精度な ものが求められている。中でも,ウェーハあるいはチップ からデバイスの特性を支配し不良原因となる微視的領域を 特定し,そのような微視的領域における局所物性を評価解 析する技術の確立は新しいデバイスやプロセスの開発には 必要不可欠である。

本稿では、このような評価解析技術として最近開発を 行っている光誘起電流(OBIC)法を用いたゲート故障解 析法と走査型容量顕微鏡(SCM)による拡散構造評価法 について測定原理を含めて紹介する。OBIC法については、 数mmサイズのトレンチ型 MOS(Metal Oxide Semiconductor)デバイスからサブミクロンのゲート不良箇所を見 いだし解析を行った結果を報告する。SCM は走査型プ ロープ顕微鏡の一種であり、ナノスケール領域の微小静電 容量を測定し二次元キャリヤ濃度を評価する新しい道具と して活発に研究開発されている。ここでは、次世代のパ ワー IC の中核デバイスと期待されているトレンチ横型パ ワー MOSFET(Trench Lateral Power MOSFET: TL

2 ゲート故障解析

半導体にバンドギャップ以上のエネルギーを持つ光を照 射すると電子・正孔対が形成される。試料内部にpn 接合 などの局所電界が存在するとこれらキャリヤはドリフトす るので,外部へと電流を取り出すことができる。この電流 を OBIC と呼ぶ。OBIC を用いた素子解析としては,pn 接合不良,配線不良,結晶欠陥,ゲート故障箇所の特定な どが挙げられる。OBIC 法の最大の特徴はミリメートル (mm)のマクロなスケールから,マイクロメートル(μm)



大井 明彦

パワー半導体デバイスのプロセ ス・評価解析の研究開発に従事。 現在,(株)富士電機総合研究所デ バイス技術研究所。工学博士。応 用物理学会会員。 以下のミクロなスケールの不良箇所を特定できることである。以下で,OBIC法によるゲート故障解析方法とその結果について説明する。

OBIC 法によるゲート故障箇所特定の原理を図1のp型 MOS キャパシタを用いて説明する。MOS キャパシタの ゲート電極に正電圧を印加すると,ゲート酸化膜直下の基 板部は空乏化し反転層が形成される。波長1,083 nmの レーザ光をデバイスの裏面から入射すると,シリコン基板 内に電子と正孔が生成される。空乏層領域で生成された電 子はゲート酸化膜界面へ,ホールは基板内部へとドリフト する。ゲート酸化膜が正常であれば,電子はゲート酸化膜 の高いポテンシャル障壁によってせき止められる。一方, ゲート酸化膜に異常がある場合,例えばゲート酸化膜が破 壊されている場合など,電子は基板からゲート電極へと流 れ込み,基板とゲート電極間に電流が流れる。この様子を 図1のバンドダイヤグラムに示す。

通常,素子は数 mm から十数 mm までのサイズであり,

## 図 1 OBIC 法によるゲート故障箇所特定の原理



#### 図 2 トレンチ MOS の裏面 OBIC 像



そこから1µm以下の不良箇所を特定するのは難しい。た とえるならば,山手線内にあるすべての建物から犬小屋1 軒を探し出すようなものである。実際に OBIC 法を用いた 特定方法は以下のように行う。最初にレーザ光の反射像 (光学像)を最大視野(5mm角程度)で観察する。次に, ゲート電極に電圧を印加し MOS ゲートに電流を流す。典 型的な電流値は数十 µA である。そして, OBIC アンプの ゲインと検出電流の下限(オフセット電流)を調整し,素 子の一部に OBIC が流れるところを観測する。本装置の電 流アンプの検出電流は 40 pA と高感度であるため不良箇 所近傍の広い範囲の OBIC を検出することができる。さら に,アンプのゲインとオフセットを調整して,OBICの検 出領域を絞り込む。この様子を図1に示す。次に,対物レ ンズの倍率を高くし,再びアンプを調整して OBIC の検出 領域を小さくしていく。これを繰り返すことで約1µm以 下の不良箇所を特定する。

トレンチ構造の MOS キャパシタを例にゲートの故障解 析について紹介する。一般に,トレンチ構造上に作製され た MOS のゲート酸化膜はプレーナ型のものと比較して, 酸化膜の破壊電界強度が低く,破壊耐圧分布はブロードで ある。この要因としては,トレンチ底部や終端のR部の曲 率などの形状やその分布,エッチングプロセス時に発生す る微小欠陥やシリコン面のマイクロラフネスなどが挙げら れる。トレンチ内のどの部分で破壊されたかを知ることは ゲート破壊原因を明らかにし,トレンチ MOS 形成プロセ スの改善のためには重要である。

最初に,レーザ顕微鏡を用いてデバイス全体の裏面光学 像をとる。ここで,注意しなければならないのは裏面が鏡 面であることと基板抵抗が低い場合は薄片化することであ る。今回の素子はサイズ 6.0 mm × 4.5 mm で,厚さを 120 µm に裏面研磨した。良好な裏面光学像が得られた後 に,OBIC 法を用いて1µm 程度の不良箇所を特定する。 図 2 に,裏面光学像とOBIC 像の合成像を示す。次に,集 束イオン顕微鏡(FIB)を用いて破壊ポイントの断面観察 を行うために,OBIC で特定した不良箇所をマーキングす



る。マーキングしたサンプルを FIB 装置に導入し,OBIC で特定した不良箇所近傍を断面加工しその断面観察を行う。 そして,不良箇所が出現するまでスライス加工と観察を繰 り返す。その一例を図3に示す。このサンプルでは,トレ ンチ底部に0.1~0.2 µm サイズの破壊箇所が見いだされた。 このような微小サイズの破壊の原因としてはトレンチエッ チング時に生成された微小欠陥がゲート酸化膜に取り込ま れ,欠陥トラップを形成しゲート劣化をもたらしたと考え られる。現在,以上のような方法を用いてトレンチ MOS 形成プロセスの評価を行っている。

#### デバイス拡散構造評価

半導体デバイスの作製においてキャリヤ制御するための 不純物ドーピングとそれによる pn 接合の形成がプロセス の根幹をなしている。ドーパントあるいはキャリヤ濃度を 測定する方法は二次イオン質量分析法(SIMS)と拡(ひ ろ)がり抵抗測定(SR)が一般的である。しかしながら, これらの測定方法は一次元的な深さ分布を測定する手法で あり,微視的スケールの二次元的な分布に関しては無力で あった。数年前に走査型プローブ顕微鏡(SPM)を用い た高空間分解能の二次元的なキャリヤ分布を評価する方法 が提案され,現在活発に研究開発されている。SPM によ るキャリヤ濃度の評価法はケルビンフォース顕微鏡(K FM),走査型容量顕微鏡(SCM),走査型拡がり抵抗顕微 鏡(SSRM)がある。ここでは,SCM の原理と実デバイ スを評価した事例について述べる。

図4にSCM装置の構成を示す。装置の基本は原子間力 顕微鏡(AFM)である。AFMは先端が非常に鋭い(曲 率半径が数十nm)探針で試料表面を走査し,表面の凹凸 を観察する。空間分解能は原子レベルで,原子ステップや

#### 図4 SCM 装置の構成



原子像を得ることも可能である。極薄酸化膜が形成されて いる試料表面に導電性の探針を接触させると,探針と試料 間には図4で示したような微小な MOS キャパシタが形成 される。SCM はこの微小キャパシタに交流電圧 Vを印 加し,探針に接続されている UHF キャパシタンスセンサ で静電容量変化 Cを検出する。したがって,SCM は導 電性探針で表面をコンタクトモードで走査し,表面トポグ ラフィー像と *dC*/*dV*の SCM 像を同時に観察する。

微小 MOS キャパシタの静電容量変化は一次元モデルで 近似すると,

 $C = C_{ox}^{2} / (C_{ox} + C_{dep})$  .....(1) と表される。ここで, $C_{ox}$ は酸化膜静電容量, $C_{dep}$ は空乏 層容量である。反転領域での空乏層容量はドーパント濃度  $N_{D}$ と以下の関係がある。

 $C_{dep} = \sqrt{0.5 q} N_D / (V_{FB} - V - k_B T / q)$  .....(2) ここで, q は素電荷, はシリコンの誘電率,  $V_{FB}$  はフ ラットバンド電位, Vは外部電圧,  $k_B T / q$  は温度補正項で ある。

以上から,ドーパント濃度は,

と表され, Cと関係づけられる。SCMの C/ V信号から,ドーパント濃度の定量化が可能となる。現状の不純物濃度の精度はオーダーレベルである。

空間分解能に関しては,不純物濃度に依存する。ドーパントの濃度が10<sup>15</sup> cm<sup>-3</sup>の場合,1不純物原子の占有体積は100 nm<sup>3</sup> である。したがって,SCM での空間分解能の限界はSN 比を考慮すれば200 nm 程度である。他方,高濃度の10<sup>21</sup> cm<sup>-3</sup>の場合の1原子占有体積は1 nm<sup>3</sup> であるが,空間分解能は探針形状に依存し,数十 nm 程度と考えられる。

次に,SCM を用いた実デバイスの断面の拡散構造を評価した例を紹介する。サンプルは本特集号に掲載されているn チャネルのトレンチ横型パワー MOSFET(TLPM)の実験サンプルである。最初に,試料を切り出し,断面を研磨する。研磨後の表面は数nm 程度以下の平たん度と欠陥のないことが必要である。今回,最終仕上がりの研磨は

図 5 トレンチ横型パワー MOSFET の表面トポグラフィー像と SCM 像



コロイダルシリカを用いて行った。表面に安定した極薄酸 化膜を形成するため,研磨後の試料は熱処理を行った。以 上のように作製した試料断面の表面トポグラフィー像と *dC/dV*の SCM 像を図5に示す。

MOS キャパシタの高周波の C-V特性は p 型基板で単 調減少,n 型基板で単調増加するので,dC/dV信号は p とn で位相が反転し符号が逆転する。この現象を利用し て,SCM では p 型とn 型の判別を行っている。図5 では 青系色が+符号で p 型,赤系色が-符号で n 型を表して いる。黄色が出力信号なし,すなわちキャリヤがない領域 を表している。キャリヤが存在しないのは酸化膜などの絶 縁体領域と pn 接合や MOS の空乏層領域である。n 型領 域としてソース部(S)とnドレイン領域(D)が,p型 領域として p ウェルとオフセット(P)と基板(Psub)が 観察された。また,各接合の空乏層領域も観察され,チャ ネル長は 0.9 µm であった。ここで注意しなければならな いのは,前述の式 1),(2 から,ドーパント濃度 Noが増加 すると Cの絶対値が減少することである。すなわち,不 純物濃度が高くなると信号強度はゼロに近づく。

4 あとがき

以上,半導体デバイスの評価解析技術の最近の進展を, マクロからミクロ評価という観点で OBIC/FIB による ゲート不良箇所の位置特定解析技術について,ミクロ領域 の物性評価を可能にした SCM によるデバイスの拡散構造 解析について紹介した。

今後とも,デバイスやプロセス技術の発展は著しいと予

想される。それに伴い評価解析技術も革新し続ける必要が ある。そして,これまで測定できなかったものを観測する ことで,新たなデバイスやプロセスを開発する礎を築きた い。

参考文献

- (1) 中村雅一.走査型キャパシタンス顕微鏡(SCM)による ナノスケール電気特性評価.第5回結晶工学セミナー.応用 物理学会結晶工学分科会.1999, p.41-52.
- (2) 杉祥夫ほか.低オン抵抗トレンチ横型パワー MOS デバイ ス技術.富士時報.vol.74, no.10, 2001, p.588-592.
- (3) Fujishima, N. et. al . A Low On-resistance Trench Lat-

eral Power MOSFET in a  $0.6\,\mu m$  Smart Power Technology for 20–30 V Applications . IEDM Tech . Digest . 2002 , p.455–458 .

- (4) Schroder, D. K. Semiconductor Material and Device Characterization. 2nd ed. New York. John Wiley & Sons. 1998, p.455.
- (5) Henning, A. K. et. al. Two dimensional surface dopant profiling in Silicon using scanning Kelvin probe microscopy. J. Appl. Phys. vol.77, no.5, 1995, p.1888-1896.
- (6) Hantscel, T. et al. Highly Conductive diamond probes for scanning spreading resistance microscopy. Appl. Phys. Lett. vol.76, no.12, 2000, p.1603-1605.

# 解 説 横型 IGBT と縦型 IGBT

図1に横型IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor),図2に縦型IGBTの断面構造を示す。両デバイ スともエミッタ,ゲート,コレクタの3領域から構成 され,基本的な動作は同じである。大きな違いは電流 経路にある。横型IGBTでは三つの電極がすべて半導 体基板の表面に形成され,電流はコレクタ電極(C) からエミッタ電極(E)に向かって基板内部を横方向 に流れる。一方,縦型IGBTではエミッタ電極とゲー ト電極(G)が基板表面に形成され,コレクタ電極が 裏面に形成される。そして,電流は基板の裏面から表 面に向かって基板の縦方向に流れる。横型IGBTは同 ー基板上に他のデバイスと搭載することが可能であり, パワーICの出力用デバイスとして適用される。縦型 IGBTは横型IGBTに比べて高耐圧・大電流化が容易 であり,個別素子として適用される。



# 豊かな地球社会のために

富士電機は、今、 —



148年第10日 自動販売機,コインメカニズム,紙幣識別装置, 貨幣処理システム,飲料ディスペンサ,自動給 茶機,冷凍冷蔵ショーケース,ホテルペンダシ ステム,カードシステム

環境・情報・サービス・コンポーネントを キーワードとして、 新しい技術の時代を 拓こうとしています。

# カンパニー別営業品目

# 電機システムカンパニー

情報・通信・制御システム,水処理・計測システム,電力システム,放射線管理システム,FA・物流システム,環境シス テム,電動力応用システム,産業用電源,車両用電機品,クリーンルーム設備,レーザ機器,ビジョン機器,電力量計, 変電システム,火力機器,水力機器,原子力機器,省エネルギーシステム,新エネルギーシステム

機器・制御カンパニー

電磁開閉器,操作表示機器,制御リレー,タイマ,ガス関連機器,配線用遮断器,漏電遮断器,限流ヒューズ,高圧受配 電機器,電力制御機器,電力監視機器,交流電力調整器,検出用スイッチ,プログラマブルコントローラ,プログラマブル 操作表示器,ネットワーク機器,インダクションモータ,同期モータ,ギヤードモータ,ブレーキモータ,ファン,クーラ ントポンプ,ブロワ,汎用インバータ,サーボシステム,加熱用インバータ,UPS,ミニ UPS

# 電子カンパニー

磁気記録媒体,パワートランジスタ,パワーモジュール,スマートパワーデバイス,整流ダイオード,モノリシックIC, ハイブリッドIC,半導体センサ,サージアブソーバ,感光体およびその周辺装置

# 流通機器システムカンパニー

自動販売機,コインメカニズム,紙幣識別装置,貨幣処理システム,飲料ディスペンサ,自動給茶機,冷凍冷蔵ショーケース,ホテルベンダシステム,カードシステム

一日	士 時	報	第	76	巻	第	3	号	平 成 15 年 2 月 28 日 印 刷 平 成 15 年 3 月 10 日 発 行 定価 525 円(本体 500 円・送料別)
編集	€兼発彳	行人	原		嶋	孝			
 発	行	所	富	±	電 機 技	株 式 術 企	会画	社 室	〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目 11 番 2 号 (ゲートシティ大崎イーストタワー)
編	集	室	富	土電機	情報サ- 「 富 土	- ビス株団 : 時 報 」	式会补 編 集	牡内 €室	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 (新宿コヤマビル) 電 話(03)5388 - 7826 FAX(03)5388 - 7869
ED	刷	所	富	土電機	<b>ℰ情報</b> サ	ービス树	k式≨	≩社	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 (新宿コヤマビル) 電 話(03)5388 - 8241
発	売	元	株	式 会	社オ	_	Д	社	〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電 話(03)3233 - 0641 振替口座 東京6- 20018

© 2003 Fuji Electric Co., Ltd., Printed in Japan ( 禁無断転載 )

# 富士時報論文抄録

- 1		
	富士電機の IC の現状と展望	
	鶴田 芳雄     黒田 栄寿 富士時報 Vol.76 No.3 p.145−148(2003)	丸山 宏志    城山 博伸     園部 孝二 富士時報 Vol.76 No.3 p.149−152(2003)
	富士電機では高耐圧技術, CMOS アナログ技術, ディジタル技術をコア技術とし, 電源 IC, FPD 用ドライバ IC などを中心に製品展開を図っている。特に, 電源 IC における低消費電力化技術や, 高耐圧製品に対しての高耐圧プロセス・デバイス技術など特徴ある 技術を開発し,製品に適用している。また,独自のセンサ複合化技術を開発しており,カメラ用オートフォーカス IC や自動車用圧力 センサなどに応用されている。本稿では,これらの特徴を生かした 新製品,新技術について概要を紹介する。	近年,地球温暖化が世界的な問題としてクローズアップされ,電気・電子製品全般での省エネルギー化が重要となっている。特に常時AC電源のコンセントに接続した状態で使用されるテレビ,ビデオテープレコーダ,OA機器,パソコンのACアダプタなどでは,実際に使用している時間より,待機状態となっている時間が圧倒的に長いため,この待機時電力の低減が望まれている。この要求に応えるため,待機時の電力を低減する機能を内蔵したカレントモード制御ICを開発したのでその概要を紹介する。
	 液晶モニタ用 3 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC	 1.8 V 起動 2 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC
	藤井 優孝 富士時報 Vol.76 No.3 p.153-155(2003)	野村 一郎    中橋 保徳 富士時報 Vol.76 No.3 p.156−159(2003)
	近年,電子機器の表示機器の主流はCRT モニタから軽薄短小および低消費電力化が可能な液晶モニタへと移行してきている。一方,液晶モニタ用の電源においてもコストダウン要求が厳しく,外付け部品の削減が可能な電源ICが求められている。従来,大型の液晶モニタ用電源では外付けパワー MOSFET 駆動用にバッファを必要としていたが,富士電機ではバッファを不要とし直接パワー MOSFET を駆動可能な液晶モニタ用3チャネルの電源制御ICを開発・製品化した。本稿ではこの制御ICの特徴および応用回路例を紹介する。	ディジタルスチルカメラなどの携帯機器では,小型化や連続動作 長時間化に対応し,待機時および定常動作時の低消費電力化,バッ テリー搭載数低減のための低電圧動作の重要性が高まっている。富 士電機ではこれらの要求に応え,電源入力1.8 ~ 10 V 動作,低消 費電力化に向けたパワー MOSFET 直結駆動と待機時消費電流 7μA(typ.),厚さ0.95 mm以下のSON16パッケージへの搭載を達 成した2 チャネル出力 DC-DC コンバータ制御 IC「FA7715」」を 製品化し,携帯機器の連続動作長時間化や小型化に貢献した。
	小型 5 チャネル DC-DC コンバータ制御 IC	シリーズレギュレータ IC
	山田谷 政幸 富士時報 Vol.76 No.3 p.160-162 (2003) ディジタルスチルカメラを中心とした携帯型電子機器は近年急速 に高性能・多機能化が進んでいるが,同時に小型・薄型化も顕著で ある。これらを構成する部品は多岐にわたり,必要な電圧の種類が 多いのが実情である。したがって電源基板の面積の占める割合は比 較的大きく,この削減要求が高まっている。富士電機ではこの要求 に応え,外付け部品を大幅に削減し,5チャネル出力で36 ピン小 型パッケージを採用した FA7716R を開発した。	荒井 裕久 富士時報 Vol.76 No.3 p.163-165(2003) 近年,普及が急速に進んでいる PDA やディジタルスチルカメラ, 携帯電話などの携帯電子機器の半導体部品には,小型化・軽量化・ 低消費電力化の要求が高い。そのシステムの中で安定化した電源を 供給すべく,低消費電流型シリーズレギュレータが必要となる。富 士電機では,低消費電力化(消費電力の削減),小型化(SOT23-5 パッケージ)に対応した携帯機器用電源ICとしてシリーズレギュ レータICを開発,製品化したので概要を紹介する。
	マイクロ DC-DC コンパータチップサイズモジュール 林 華智 片山 靖 江戸 雅晴	PDP スキャンドライバ IC 技術
	富士時報 Vol.76 No.3 p.166-168(2003)	富士時報 Vol.76 No.3 p.169-171(2003)
	携帯用電子機器において急速に進む小型・薄型・軽量化のニーズ に応える超小型で高効率のスイッチング方式 DC-DC コンパータモ ジュールを開発した。従来,外付け部品の中で大きな体積を占めて いたインダクタを薄膜技術によりフェライトウェーハに形成し,こ れにモジュール支持基板としての機能を持たせる構造を採用して IC チップを搭載することにより,斬新(ざんしん)な小型化・薄 型化を実現した。本稿では,その特徴と開発概要を説明する。	本稿では富士電機が開発したプラズマディスプレイパネル (PDP)スキャンドライバIC技術に関して,素子間分離技術と, SOI(Silicon On Insulator)基板上に形成した高耐圧横型デバイス について説明する。素子間分離としてSOI方式誘電体分離技術が 適していることを示し,また高耐圧横型デバイスとして電流駆動能 力などの性能向上を実現した第二世代SOI-IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)について概説する。あわせて,2002年に製品 化した最新のPDPスキャンドライバICを紹介する。

# Abstracts (Fuji Electric Journal)

## Power Supply Controller for Low Standby Power

Hiroshi Maruyama	Hironobu Shiroyama	Kouji Sonobe
Fuji Electric Journal	Vol.76 No.3 p.149-152	(2003)

In recent years, concern for the problem of global warming has heightened and energy saving has become an important consideration for all electrical and electronic products. Especially for the AC adapters used in TVs, VCRs, office equipment, PCs, etc., which are plugged into AC outlets, the actual time of use is much shorter than the time spent in a standby state. Consequently, low power consumption during standby is desired. Accordingly, Fuji Electric has developed a current mode control IC equipped with a built-in function to decrease standby power consumption. An overview of the current mode control IC is described in this paper.

# 1.8V Start-up 2-channel DC-DC Converter Control IC

Ichiro Nomura	Yasunori Nakahashi	
Fuji Electric Jouri	nal Vol.76 No.3 p.156-159	(2003)

In response to the trends toward miniaturization and longer continuous operating time of digital still cameras and other portable electronic devices, it has become even more important to achieve low power consumption during standby and normal operation, as well as low voltage operation due to a reduction in the number of installed batteries. In response to these needs, Fuji Electric has commercialized the FA7715J, a 2-channel output DC-DC converter control IC that operates for power supply input voltages in the range of 1.8 to 10 V and is capable of direct driving of a low-consumption power MOSFET. The FA7715J has a standby current consumption of 7 $\mu$ A (typ.), is housed in a SON16 package having a thickness of 0.95 mm or less, and enables electronic devices to achieve longer continuous operation and smaller size.

#### **Series Regulator IC**

#### Hirohisa Arai

Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.163-165 (2003)

There is strong demand for semiconductors to be made smaller, thinner and consume less power for use in portable electronic devices such as hot-selling PDAs, digital still cameras and cellular phones. In such systems, a low power consuming current-type series regulator is necessary to achieve a stable supply of power. Fuji Electric has developed and commercialized a series regulator IC as a power IC for use in portable devices. This series regulator IC realizes lower power consumption and smaller size (SOT23-5 package). An overview is presented in this paper.

# PDP Scan Driver IC Technology

# Hitoshi Sumida Atsuo Hirabayashi Hidenori Kobayashi Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.169-171 (2003)

This paper describes a device isolation technique and a high-voltage lateral SOI (silicon on insulator) device, developed by Fuji Electric for plasma display panel (PDP) scan driver ICs. Dielectric isolation using SOI is presented as suitable isolation technique and a 3rd generation SOI-IGBT (insulated gate bipolar transistor) that realizes improved performance such as high current handling capability is described as a high-voltage lateral SOI device. Both of these are incorporated into Fuji's latest PDP scan driver IC, which was commercialized in 2002.

### Present Status and Prospects for Fuji Electric's IC Products and Technologies

Yoshio Tsuruta Eiji Kuroda Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.145-148 (2003)

Based on the core technologies of high voltage technology, CMOS analog technology, and digital technology, Fuji Electric is planning product development centered about ICs for power supply units and FPDuse driver ICs. In particular, Fuji is developing advanced technologies such as low power consumption technology in ICs for power supply units and high voltage process device technology for high-voltage products, and is incorporating those developments into products. Fuji has also developed a unique complex sensor technology that has been used in applications such as auto-focus ICs for cameras and pressure sensors for automobiles. This paper presents an overview of the new products and new techniques that leverage these advanced technologies.

#### 3-channel DC-DC Converters Control IC for Liquid Crystal Display

Masanari Fujii

Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.153-155 (2003)

There has been a recent migration of the mainstream display for electronic devices -- from CRT monitors to liquid crystal displays that feature a thin profile, small size, lightweight and low power consumption. However, demand for cost reduction is severe, even for the power supply of a liquid crystal display; and a power IC that enables a reduction in the number of externally attached components is needed. Previously, the power supply for a large-screen liquid crystal display required a buffer for driving an externally attached power MOSFET, however, Fuji Electric has developed and commercialized a 3-channel power control IC for liquid crystal displays which, without buffers, is capable of the direct driving of a power MOSFET. This paper describes the special features of the control IC and presents an example of an application circuit.

#### Small-package 5-channel Output DC-DC Converter Control IC

Masayuki Yamadaya Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.160-162 (2003)

Portable electronic devices, such as digital still cameras, have advanced rapidly in the past few years to achieve enhanced performance and multi-functionality. At the same time, their dimensions have been reduced remarkably to realize smaller and thinner sizes. These devices are constructed from a wide assortment of component parts and have various voltage requirements. The power supply circuit occupies a rather large percentage of the available area in these devices, and consequently, there is demand for a reduction in the number of component parts. In response to these requests, Fuji Electric has developed the FA7716R, a 5-channel output DC-DC converter IC that is housed in a 36-pin small package and realizes a large reduction in the number of externally attached components.

# Micro DC-DC Converter Chip-sized Module

Zenchi Hayashi Yasushi Katayama Masaharu Edo Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.166-168 (2003)

A micro, high efficiency, switching DC-DC converter module has been developed in response to the rapidly advancing needs for smaller, thinner, and lighter weight portable electronic devices. Usually, an inductor previously had occupied a large volume as an externally attached component. An innovative, small and thin power supply module has been realized by stacking up an IC chip and utilizing thin film technology to fabricate an inductor on a ferrite wafer and by adopting a substrate structure that supports modules. This paper describes the special features and development of this micro DC-DC converter module.

PDP アドレスドライバ IC 技術	7 µm センサピッチ小型・高性能オートフォーカス モジュール
多由 元 川村 一裕 斉藤 俊 富士時報 Vol.76 No.3 p.172-174(2003)	松业 和宏 富士時報 Vol.76 No.3 p.175−177(2003)
PDP(Plasma Display Panel)は大画面でありながら薄型を特徴 とし,家庭用テレビ分野で急速に市場が拡大してきている。今後さ らに普及するためには PDPの低価格化が鍵となるが,そのために はドライバ IC のさらなる低価格化が要求されている。その要求に 応えるため,富士電機では従来のアドレスドライバ IC に対して チップコストを2/3 に低減したプロセス・デバイス技術を開発し, 第三世代アドレスドライバ IC として製品適用した。本稿では,プ ロセス・デバイス技術の概要と,本技術を適用した第三世代アドレ スドライバ IC の製品概要について述べる。	高倍ズームコンパクトカメラでは小型化が進められており,高精 度かつ小型なオートフォーカス(AF)システムが求められている。 富士電機は新構造 IC パッケージを採用し,センサピッチを7µm まで小さくして測距分解能を向上させた小型・高性能のAFモジュ ールを,3倍ズーム以上の銀塩カメラおよびディジタルスチルカメ ラ向けに開発した。その構成,特徴について紹介する。
 0.6 μm アナログ C/DMOS デバイス・プロセス技術	 アナログ IC 設計技術
北村 明夫 富士時報 Vol.76 No.3 p.178−181(2003)	尾上 久 藤澤 旭 菅原 敬人 富士時報 Vol.76 No.3 p.182-184(2003)
パワー IC 分野に適用される,高耐圧・アナログ C/DMOS デバ イスと 0.6 μm CMOS デバイスとの混載化技術について説明する。 従来のパワー IC 技術に加え,これらを高機能にディジタル制御し たいという要求も高まっており,本稿ではこれら要求に応え開発し たデバイス・プロセス技術の概要について紹介する。	IC の高集積化・高機能化が進んでおり,製品サイクルも短く なっている。富士電機ではそれらに対応するため,設計資産の再利 用や自動化システムの構築を行っている。本稿では, アナログマ クロセルライブラリ, アナログ記述言語を使ったフルチップシ ミュレーション,モンテカルロシミュレーションなどのアナログ回 路設計検証技術, シンボリックレイアウト,アナログ自動配線な どの自動マスクレイアウト設計技術を紹介する。
 SMBus 対応バッテリー残量計測 IC の開発 野中 智己 赤羽 正志 岩本 基光 富士時報 Vol.76 No.3 p.185-188(2003)	マスタスライス方式マルチチャネル DC-DC コンバータ 制御 IC 三添 公義 富士時報 Vol.76 No.3 p.189-192(2003)
近年,どこでもインターネットや電子メールのアクセスができる ノートパソコンの需要が伸びている。しかしノートパソコンはバッ テリーで2~3時間しか使用できないため正確なバッテリー残量の 表示が強く求められている。富士電機ではバッテリーの特性を利用 した残量補正技術を開発し,マイコンのプログラムとして組み込む ことにより高精度な残量計測精度を実現したバッテリー残量計測 ICを開発した。本稿ではその IC の概要を紹介する。	近年,急速に普及している携帯電話やディジタルスチルカメラな ど携帯機器の商品サイクル短期化に伴い,それら携帯機器に搭載さ れる電源 IC の開発期間を短縮化する必要がある。今回,DC-DC コンバータ電源制御 IC の開発に,メタル配線のみで機能を変更で きるマスタスライスの手法を取り入れることによって,5週間とい う短い開発期間を実現した。最大4チャネルまでの昇圧電源や降圧 電源などを構成できる電源制御 IC の機能と構成,CAD 利用によ る開発手法について解説する。
低オン抵抗トレンチ横型パワー MOSFET 集積化技術	 半導体デバイスの微視解析技術
澤田 睦美 岩谷 将伸 藤島 直人 富士時報 Vol.76 No.3 p.193-196(2003)	大井 明彦 富士時報 Vol.76 No.3 p.197-200(2003)
携帯電子機器に搭載するパワー IC の出力段用として,トレンチ 内部に素子を形成した低オン抵抗横型パワー MOSFET を,富士電 機既存の 0.6 µm ルール Bi-C/DMOS プロセスに一体化した。集積 されるトレンチ横型パワー MOSFET(TLPM)は,35 V 耐圧で面 積抵抗率 16 m mm <sup>2</sup> であり,従来の同等耐圧のプレーナ横型パ ワー MOSFET に対し,50%の低オン抵抗化を実現した。本稿で は,このプロセス・デバイス技術について概要を説明する。	半導体デバイスの微視的解析技術の最近の進展として,OBIC/ FIB によるゲート不良解析技術と SCM による二次元キャリヤの マッピング技術の方法と測定原理を概説する。マクロサイズのトレ ンチ型 MOS デバイスのゲート不良の原因を明らかにするために, OBIC 法で 1µm 精度での不良箇所の位置特定を行い,FIB で微視 解析した結果を述べる。また,トレンチ横型パワー MOSFET の断 面を SCM で観察し,デバイスの拡散構造を調べた。その結果, チャネル長が 0.9µm であることが見いだされた。

#### High Resolution Compact AF Module with 7µm Pixels

Kazuhiro Matsunami Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.175-177 (2003)

Powerful-zoom compact cameras are being downsized and there is demand for a high resolution, compact autofocus (AF) system. By adopting a novel IC package and reducing the sensor pitch to 7  $\mu$ m, Fuji Electric has developed a compact, high performance AF module that enhances the range resolution. This AF module is intended for in 3x and higher zoom film and digital still cameras. Its structure and features are introduced in this paper.

# Analog Integrated Circuit Design Technology

Hisashi Onoue	Akira Fujisawa	Takato Sugawara
Fuji Electric Journ	al Vol.76 No.3 p.	182-184 (2003)

ICs are being manufactured with more dense integration and higher functionality, and their product lifecycle is becoming shorter. Accordingly, Fuji Electric is reusing design resources and is developing an automated design system. This paper introduces: (1) the analog macro cell library, (2) analog circuit design verification techniques such as full chip simulation using an analog description language or Monte Carlo simulation, and (3) automatic mask layout design techniques such as symbolic layout and analog automatic routing.

#### Multi-channel Power Supply Control IC for Switching DC-DC Converter using Master Slice Method

Kimiyoshi Mizoe

Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.189-192 (2003)

As product cycles are shortened for recently popular portable devices such as cellular phones and digital still cameras, it has also become necessary to shorten the development period for the power ICs that are installed in these portable devices. In the development of power supply control ICs for DC-DC converters, the adoption of a master slice method that enables function modification just by changing the metal interconnects has resulted in the realization of a short development period of 5 weeks. This paper describes the functions, configuration and method of CAD-based development of a configurable power control IC in which step-up or step-down voltages can be configured for up to 4 channels.

### Recent Developments of the Microscopic Analysis for Semiconductor Devices

Akihiko Ohi

Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.197-200 (2003)

As recent developments concerning microscopic analysis for semiconductor devices, this paper reports two new analytic methods and the principles thereof. The first method is failure analysis for gate oxides using OBIC combined with FIB. This method is able to specify the locations of breaks in the gate oxide within 1 micron for macroscopic-sized devices, and has been used for the failure analysis of oxides in trench-type MOS devices. The second method is 2-dimensional carrier mapping of the cross-section of a MOSFET by using a scanning capacitance microscope (SCM). It has been found that the channel length of the trench lateral power MOSFET is  $0.9 \,\mu\text{m}$ .

# PDP Address Driver IC Technology

Gen Tada Kazuhiro Kawamura Masaru Saitou Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.172-174 (2003)

The PDP (plasma display panel), having the characteristics of large screen size and thin design, is becoming popular for use as a household television. The key to further growth of this market is lower cost, and accordingly, there is demand for lower priced driver ICs. In response to this demand, Fuji Electric has developed process device technology that reduces the chip cost to 2/3 that of a conventional address driver IC, and has incorporated this technology into 3rd generation address driver IC products. This paper presents an overview of Fuji's process device technology and 3rd generation address driver IC products.

#### 0.6 µm Analog C/DMOS Device Process Technology

Akio Kitamura

Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.178-181 (2003)

The hybrid technology utilized in power ICs for mixed use of high-voltage, analog C/DMOS devices and  $0.6\,\mu$ m CMOS devices is described. As an enhancement to conventional power IC technology, requests have increased for high-performance digital control of this technology. This paper presents an overview of the device process technology developed in response to those requests.

#### Gas Gauge IC with SMBus Interface

Tomomi Nonaka Masashi Akahane Motomitsu Iwamoto Fuji Electric Journal Vol.76 No.3 p.185-188 (2003)

In recent years, demand has increased for notebook PCs capable of accessing the Internet and receiving or sending e-mail from anywhere. However, since the battery in a notebook PC will only last for approximately 2 to 3 hours, accurate indication of the remaining battery power is much needed. Fuji Electric has developed a compensated technique for correctly calculating the remaining power based on battery characteristics and has embedded a software implementation of this technique as a microcomputer program into a gas gauge IC to realize highly accurate monitoring of the remaining battery power. This paper presents an overview of Fuji's newly developed gas gauge IC.

#### Low On-resistance Trench Lateral Power MOSFET in a 0.6 µm Smart Power Technology

Mutsumi Sawada	Masanobu Iwaya	Nad	oto Fujishima
Fuji Electric Journal	Vol.76 No.3 p.193-19	96	(2003)

A low on-resistance trench lateral power MOSFET has been combined with Fuji Electric's existing 0.6  $\mu$ m rule Bi-C/DMOS process for use in the output stage of a power IC designed for portable electronic devices. The integrated trench lateral power MOSFET (TLPM), having a withstand voltage of 35 V and a specific on-resistance of 16 mΩmm<sup>2</sup> achieves 50 % lower on-voltage than a conventional planar lateral power MOSFET of equivalent withstand voltage. This paper presents an overview of the process and device technology.

# 富士電機株式会社

地         地         地         セ         セ、         ロシート         Pass-Pass-Pass-Pass-Pass-Pass-Pass-Pass	本	社	事	務	所	☎(03)5435-7111	〒141-0032	東京都品川区大崎一丁目11番2号(ゲートシティ大崎イーストタワー)
東         文         中         ①         ○	北	海	道	支	社	☎(011)261-7231	〒060-0042	札幌市中央区大通西四丁目1番地(道銀ビル)
ボード         2         7100-0004         通知時後期/03番(15(第四)第二(15	東	北		支	社	<b>23</b> (022)225-5351	〒980-0811	仙台市青葉区一番町一丁目3番1号(日本生命仙台ビル)
中 部 2 0 4 1 で (0.52,004-020)         7460-0003 合き出た中化はキー」目1982/45 (名由黒井一しル)           □ 日 支 4 1 で (0.52,004-020)         7460-0003 合き出た中化はキー」目1982/45 (名田黒井一しル)           □ 日 支 4 1 で (0.22,014-030)         7400-0012 満然市田町一目68845 (元税満転業ビル)           □ 日 支 4 1 で (0.22,014-030)         7400-0012 満然市田町一目68845 (元税満転業ビル)           □ 日 支 4 1 で (0.22,014-030)         7400-0012 満然市田町一目68845 (元税満転業ビル)           □ 日 支 4 1 で (0.22,014-030)         7400-001 満活市市大阪大田二目68845 (元税満転業ビル)           □ 日 支 4 1 で (0.22,014-030)         7400-001 満活市市大阪大田二目68845 (元税満転業ビル)           □ 日 支 5 1 1 で (0.62,024-031)         7400-001 満活市市大田二日68845 (元税満転業ビル)           □ 日 支 5 1 で (0.62,024-031)         7460-0055 発行市内電して0.28(1月市210-02.88(1月市456-014)           □ U 支 5 1 で (0.62,024-031)         7460-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)           □ U 支 5 1 で (0.56,024-031)         7460-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)           □ U 支 5 1 で (0.56,024-031)         7460-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)           □ U 支 5 1 で (0.56,024-031)         7460-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)           □ U 支 5 1 で (0.56,024-031)         7460-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)           □ U 支 5 1 で (0.56,024-031)         7460-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)           □ U 支 5 1 で (0.56,024-031)         7400-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)            □ U 支 7 1 で (0.56,024-031)         7400-0055 7 秋山市地市18-1580-074-000)	北	陸		支	社	☎(076)441-1231	〒930-0004	富山市桜橋通り3番1号(富山電気ビル)
□         □         1	甲	部		文士	往	<b>23</b> (052)204-0290	<b>T</b> 460-0003	名古座市中区錦一」目19番24号(名古座界一ビル) 土阪支海阜区駿洲一丁日11番10号(宮土雪烨土阪ビル)
回         マ         1         マ         1         マ         1         マ         1         マ         1	山	国		文 支	찪	(00)0455-3000 (082)247-4231	T555-0002	大阪市福島区鳥が 「日下日」95 (留工電機大阪こル)
一         一         1         1         100-0001 編回中央区メ和二丁目12番1号(天井ビル)           1         間、東、古 द         104.9194-0000         130-0802 301-0802 30	四	国		支	社	<b>2</b> (002)247 4201 <b>2</b> (087)851-9101	〒760-0017	高松市番町一丁目6番8号(高松興銀ビル)
<ul> <li>第 副 北 部 支 區 (249)857-1231 7330-0802 2\1\Lstremating (219)</li> <li>第 圖 東 部 支 區 (249)857-082 2\1\Lstremating (219)</li> <li>第 圖 東 部 支 區 (249)827-802 720-0816 7558-07437-119381459(5(第)500004</li> <li>第 圖 東 部 支 區 (229)287-531 7850-0835 5(計前5)241-531</li> <li>第 支 區 (229)287-531 7850-0835 5(計前5)241-631</li> <li>第 支 區 (229)287-531 7850-0835 5(計前5)241-631</li> <li>第 支 區 (229)287-531 7850-0835 5(計前5)241-631</li> <li>9 支 區 (200)237-510 7700-082 4[1158]91100228(4(R)XL-ZLU))</li> <li>第 支 區 (200)227-550 7700-082 4[1158]91100228(4(R)XL-ZLU))</li> <li>第 支 區 (200)237-510 7700-082 4[1158]91100228(4(R)XL-ZLU))</li> <li>第 支 區 (200)237-510 7700-082 4[1158]9110228(219)-2500-2508(8)</li> <li>1 2 支 (200)237-510 7700-082 4[1158]91102295</li> <li>1 2 支 (200)237-510 7700-082 4[1158]911-717 7556</li> <li>1 2 支 (200)237-510 7700-082 4[1158]911-717 7556</li> <li>1 2 支 (200)237-510 7700-082 4[1158]911-711 9193883(28)(28)(27)(200)</li> <li>1 2 支 (200)237-510 7700-082 4[1158]911-711 9193883(28)(28)(28)(28)(28)(28)(28)(28)(28)(28)</li></ul>	九	州		支	社	☎(092)731-7111	〒810-0001	福岡市中央区天神二丁目12番1号(天神ビル)
期         東、支         E         位 00.05 148-00-005 不満年中久区工力2.710-88-06 (三名ビル)           第         東、五         位 00.5 1328-050 (現在)         10.80 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)           第         東、五         位 00.5 1328-050 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)           日         10.2 1228-071         10.80 -0855 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)           日         10.2 1228-071         10.80 -0855 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)         10.80 (日本)           10         □ <td>首都</td> <td>3 巻</td> <td>北</td> <td>部 支</td> <td>店</td> <td>☎(048)657-1231</td> <td>〒330-0802</td> <td>さいたま市宮町一丁目38番1号(野村不動産大宮共同ビル)</td>	首都	3 巻	北	部 支	店	☎(048)657-1231	〒330-0802	さいたま市宮町一丁目38番1号(野村不動産大宮共同ビル)
<ul> <li>前 ● ■ 東 部 支 店 で (0.4) 223-072</li> <li>726-0015 手葉市中央区工長しつ下目15番1196 (日本会計手葉注見しい)</li> <li>※ 川 支 店 で (0.5) 224-0531</li> <li>748-0008 横式市場町町にないの10番45 (根本目の455 (根本日本))</li> <li>第 支 店 で (0.5) 224-0531</li> <li>748-0053 (長市小坂町下央区工戸105番146 (日本)-しいTE21)</li> <li>第 支 店 で (0.6) 224-0531</li> <li>748-0533 (長市小坂町下央区工戸105番14 (日本)-レいTE21)</li> <li>第 支 店 で (0.6) 227-0530</li> <li>770-0024 横山市町地町10-234 (田市地)</li> <li>1 支 店 で (0.6) 227-0530</li> <li>770-0034 月市市中央区工戸105番14 (日本)-レいTE21)</li> <li>1 支 店 で (0.6) 227-0530</li> <li>770-0037 横山市町地町115番1498 (日本)-レいTE21)</li> <li>1 支 店 で (0.6) 227-0530</li> <li>770-0037 横山市町地町116 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 5554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-055</li> <li>775-0577 5554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-057</li> <li>775-0577 5554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 282-057</li> <li>775-0577 5554 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.6) 283-057</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.2) 232-0579</li> <li>785-0533 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.2) 232-0579</li> <li>785-0533 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.2) 232-0579</li> <li>785-0533 (日本)</li> <li>1 支 営 茶 所 で (0.2) 232-0579</li> <li>785-0533 (日本)</li> <li>1 支 営 ズ 所 で (0.2) 232-0579</li> <li>1 支 営 ズ (0.2) 224-021</li> <li>1 支 (0.2) 224-021</li> <li>1 支 (0.2) 224-021</li> <li>1 支 (0.2) 224-021</li> <li>1 支</li></ul>	北	関	東	支	店	☎(048)648-6600	〒331-0852	さいたま市桜木町一丁目9番1号(三谷ビル)
<ul> <li>神 奈 川 支 店 ①(15)325-5611 〒220-0004 構成商品区ホーフ目8番4号(根成内目KNELP)</li> <li>市 ② S G ①(15)228-731 〒380-0835 保持市場町1002番4(保先コースビル)</li> <li>市 ② S G ①(15)228-731 〒380-0835 保持市場町1002番4(保先コースビル)</li> <li>市 ② S G ②(15)228-731 〒380-0835 保持市場町1002番4(保先コースビル)</li> <li>山 文 G ③(15)228-731 〒380-0835 保持市場町1052番4(ビン)-ULOTE21)</li> <li>山 文 G ③(15)221-750 〒000-0024 順山世報5番(15)(平前4度ビン)-ULOTE21)</li> <li>山 文 G ③(15)221-750 〒000-0024 順山世報5番(15)(平前4度ビン)-ULOTE21)</li> <li>山 文 G ④(15)221-750 〒000-0024 順山世報5番(15)(平前4度ビン)-ULOTE21)</li> <li>山 文 G ④(15)221-750 〒000-0024 順山世報5番(15)(平前4度ビン)-ULOTE21)</li> <li>北 当 菜 所 ①(15)21-222 〒000-0024 順田市和5番(15)(平前4度ビン)</li> <li>北 当 菜 所 ①(15)21-222 〒000-003 加田市和21-116番(15)(○24 ・ツービル)</li> <li>北 当 菜 所 ①(15)21-222 〒000-003 加田市和21-116番(15)(○24 ・ツービル)</li> <li>北 当 菜 所 ①(15)21-222 〒000-003 加田市和21-116番(15)(○24 ・ツービル)</li> <li>北 当 菜 所 ①(15)21-221 〒000-003 加田市和21-116番(15)(○24 ・ツービル)</li> <li>田 当 菜 所 ①(14)22-223 〒000-003 加田市和21-116 15)</li> <li>田 当 菜 所 ①(14)232-021 細田市田21-2250(①(11日金倉田四中兵道ビル))</li> <li>秋 田 当 菜 所 ①(14)323-01710 〒900-003 山市和21-1163 163(11)22-116)</li> <li>田 当 菜 所 ①(12)323-1110 〒900-003 山市和21-11324 1540</li> <li>田 前 ① (22)21-122 〒020 〒0004 山市日311324 1540</li> <li>田 前 ① (22)21-122 〒020 〒0004 山市日311324 1540</li> <li>田 前 ① (22)21-123 〒100-003 山市和21-110-1122</li> <li>市 ①(14)232-0301 〒310-0003 水市和21-113(12)41 1000-123</li> <li>田 前 ① (22)21-122 〒100-1142</li> <li>田 前 ① (22)21-122 〒100-1004 山市日311324 日本1240</li> <li>田 前 ① (22)21-122 〒100-1004 山市日11324</li> <li>田 前 ① (22)21-122 〒100-0003 山市和21-113(12)41 1000</li> <li>田 ① (22)21-1101 〒10-100-124</li> <li>田 ① (22)21-1020 〒10-0003 公司市41-11301-11132</li> <li>田 ① (22)21-1101 〒10-100-124</li> <li>田 ① (22)21-1101 〒10-100-124</li> <li>田 ① (20)21-101 〒10-100-124</li> <li>田 ① (20)</li></ul>	首都	了圈	東	部支	店	<b>2</b> (043)223-0702	〒260-0015	千葉市中央区富士見二丁目15番11号(日本生命千葉富士見ビル)
<ul> <li>第 点 文 値 てした (20,204-03)</li> <li>7580-0805 加合用、(550-03)</li> <li>第 次 値 てした (20,204-03)</li> <li>7580-0805 加合用、(550-03)</li> <li>第 次 値 てした (20,204-03)</li> <li>7580-0805 加合用、(550-03)</li> <li>第 位 (550,204-03)</li> <li>758-0878 加合用、(550-03)</li> <li>第 位 (550,204-03)</li> <li>758-0878 和山田市(10,104,104,104,104,104,104,104,104,104,1</li></ul>	神	奈	Ш	支	店	<b>2</b> (045)325-5611	₹220-0004	横浜市西区北幸二」目8番4号(横浜西口KNビル) 新潟古新北町40番曲4(荘原新潟ビル)
○ 文 文 目 1020/22-013         1030-030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	新	涡		文	店店	<b>2</b> (025)284-5314	T950-0965	新潟市新光町16 倉地4(任原新潟ビル) 長野古南県町1002番地(陽米エースビル)
○         ○	東	愛	知	∠ ₹	店	$\mathbf{\Sigma}(0566)24-4031$	$\mp 448 - 0857$	以谷市大手町二丁目15番地(ヤンターヒルOTE21)
Image: Provide and the second seco	兵	庫	7.H	支	店	<b>2</b> (078)325-8185	<b>〒</b> 650-0033	神戸市中央区江戸町95番地(井門神戸ビル)
□         □         ○         □         10         0.335/21-3177         1755-8577 字話市相生町8番16 (1915)           11         ●         □         0.035/21-3177         1755-8577 字話市相生町8番16 (1915)           12         北         15         15         1790-0578 (0.11m)         118451(15, **)(-1/v)           12         北         15         15         1790-0578 (0.11m)         118451(15, **)(-1/v)           12         北         15         15         1790-0578 (0.11m)         118451(15, **)(-1/v)           12         1.5         15         1790-0578 (0.11m)         118451(15, **)(-1/v)           12         1.5         15         1790-0503 (0.11m)         1790-0503 (0.11m)           12         1.5         1.6         1700-051 (0.11m)         1700-051 (0.11m)           13         1.5         1.6         1.6         1.7         1790-0503 (0.11m)           14         1.5         1.6         1.6         1.6         1.6         1.6           14         1.5         1.7         10.0503 (0.11m)         1700-0512 (0.11m)         1700-0512 (0.11m)           15         1.6         1.7         1.7         1700-0512 (0.11m)         1700-0512 (0.11m)           16         1.6	畄	山		支	店	☎(086)227-7500	〒700-0024	岡山市駅元町1番6号(岡山フコク生命駅前ビル)
$\vec{k}$ </td <td>山</td> <td></td> <td></td> <td>支</td> <td>店</td> <td>☎(0836)21-3177</td> <td>〒755-8577</td> <td>宇部市相生町8番1号 (宇部興産ビル)</td>	山			支	店	☎(0836)21-3177	〒755-8577	宇部市相生町8番1号 (宇部興産ビル)
一葉         文         広         10000004 財産の520-114         12412         1200004 財産の520-114         120004 日本         120004 日	松	山		支	店	<b>23</b> (089)933-9100	〒790-0878	松山市勝山町一丁目19番地3(青木第一ビル)
点         元         〒         茶         斤         ①1058/82-166         〒00-0831         田原本部立         田原本部式         田原本         田戸田本         日日本         田戸田本         田戸田本         日日本	冲	縄		支	占	<b>23</b> (098)862-8625	₹900-0004	那覇市銘苅二」目4番51号(シェイ・ツーヒル)
14. 9. 日 第 所 10,019/12/2-225         TO30-10031 / 北泉町百賀 - 10 Fold 10 Fold           12. 東 営 業 所 10,015/12/2-225         TO35-10033 / 北泉町百賀 - 10 Fold 10 Fold           12. 東 営 業 所 10,015/12/2-225         TO35-0033 / 北泉町百日 - 10 Fold 10 Fold           12. 東 営 業 所 10,015/12/2-225         TO35-0033 / 北泉町百日 - 10 Fold 10 Fold           13. 雨 営 業 所 10,018/12/2-125         TO35-0036 / 日春市長二丁目25 Fold 11 Fold           14. 東 営 業 所 10,018/12/2-125         TO30-0026 / 日春市長二丁目25 Fold 11 Fold Fold           15. 東 所 10,018/12/2-125         TO30-0026 / 日春市長二丁目25 Fold 11 Fold Fold           15. 東 所 10,023 / 12/3-1710         TP30-0051 / 北市吉町 - 11 Fold 12-5 Fold Fold           16. 市 営 業 所 10,023 / 12/3-1710         TP30-0051 / 北市吉町 - 11 Fold 12-5 Fold Fold           16. 市 営 業 所 10,024 / 12/2-1255         TP31-0010 / 北市吉町 - 11 Fold 12-5 Fold Fold 10 Fold (優先 第2 C/L)           17. 大 業 所 10,024 / 12/2 - 1055         TP31-0010 / 北市吉町 Fold (優先 第2 C/L)           16. 常 業 所 10,021 / 12/2 - 1055         TP31-0010 / 北市市東市東市市市12 Fold (優勝 北 2 C/L)           17. 第 所 10,021 / 12/2 - 10655         TP31-0101 / Fold (12/L)           17. 第 第 前 10,021 / 12/2 - 10655         TP31-0101 / Fold (12/L)           17. 第 前 10,021 / 12/2 - 10655         TP31-0102 / TP32 - 11/2 / Fold (12/L)           17. 第 前 10,021 / 12/2 - 10655         TP31-0103 / 北市市 12/2 Fold (12/L)           17. 第 前 10,021 / 12/2 - 10655         TP31-0103 / TP31-11/2 / TP31 - 11/2 / TP31	迫	北日	宫	業業	所	<b>23</b> (0166)68-2166	〒078-8801	旭川市緑が丘東一条四」目1番19号(旭川リサーチバーク内)
加合         日本	기년 金川	兄 路	出	耒	所	$\mathbf{\Sigma}(0157)22-5225$	$\pm 0.85 \pm 0.032$	北兄币四畠町—」日10笛10万 釧路市新学町8番13号
□         ○	道	東	台	業	所	(0154)22 + 295	〒080-0803	新国市新京市10月1日15番地
i $k$ i $i$	道	南	_ 営	業	所	☎(0138)26-2366	₩040-0061	函館市海岸町5番18号
<ul> <li>磁 岡 営 業 所 立 (019)654-1741 〒020-0021 磁局市中央通一丁目7월25号(朝日生命磁層中央通ビル)</li> <li>秋 田 営 莱 所 立 (018)824-3401 〒010-0625 松田市八橋大和一丁目5番16号</li> <li>山 形 営 薬 所 立 (023)821-710 〒996-0007 山形市空町一丁目10目12号</li> <li>方 仁 営 薬 所 立 (024)832-0379 〒9563-003 都山市亀田一丁目2番5号</li> <li>木 定 営 薬 所 立 (024)832-0379 〒9563-003 都山市亀田一丁目2番5号</li> <li>水 P ខ 営 薬 所 立 (024)832-0379 〒9563-003 都山市亀田一丁目2番5号</li> <li>次 20 2 2 3 4 5 7 1 7310-0805 水戸市中央二丁目5番8号(書井建2ビル)</li> <li>次 営 薬 所 立 (024)832-0379 〒9563-0033 都山市亀田一丁目2番5号</li> <li>本 ご 業 所 立 (024)832-0379 〒9563-0033 都山市亀田一丁目2番5号</li> <li>(202)821-3571 〒310-0805 水戸市中央二丁目5番5号(日1番96号(福井建2ビル)</li> <li>金 ※ 所 立 (025)83-6151 〒321-0855 水戸市中央二丁目3番16号(安田主福)ビル)</li> <li>金 ※ 所 立 (025)83-6151 〒321-0855 水戸市中央二丁目3番16号(安田主福)ビル)</li> <li>金 ※ 所 立 (025)83-6151 〒321-0855 水戸市中央二丁目3番16号(安田主福)ビル)</li> <li>金 ※ 所 立 (025)82-6442 〒400-0856 田市市相生一丁目43216 (安田主福)ビル)</li> <li>金 ※ 所 立 (025)82-6447 〒300-0836 民野市南県町1002 営地(隔光エーノレル)</li> <li>町 信 営 薬 所 立 (025)82-6447 〒300-0836 民野市南県町1002 営地(隔光エレレル)</li> <li>岐 掌 新 立 (026)83-6671 〒300-0852 松本市島立94338地(八トモネートビル)</li> <li>岐 掌 新 立 (025)82-6417 〒300-0852 松本市島立9438世地(八トモネートビル)</li> <li>岐 掌 新 立 (025)82-6417 〒300-0852 松本市島立9438世地(八-モネートビル)</li> <li>岐 掌 新 立 (055)82-51710 〒500-8868 岐星市光明町2116 書地(大陽七レル)</li> <li>河 立 修 第 方 立 (055)82-51710 〒500-8868 岐星市光明町31181 書地(平駅ビル)</li> <li>市 堂 ※ 所 立 (055)82-51710 〒500-886 岐星市光明町2116 書地(大陽七レル)</li> <li>京 ※ 新 立 (058)82-51711 〒500-886 岐星市光明町2116 書地(大陽七レル)</li> <li>市 堂 ※ 所 立 (058)82-51-718 〒600-0807 松志町車)18-168-0(福)</li> <li>田 営 ※ 所 立 (058)82-51-718</li> <li>市 立 ※ 所 立 (058)82-51-718</li> <li>市 立 2 ※ 所 立 (058)82-185-183</li> <li>市 立 ※ 所 立 (058)82-1833</li> <li>市 立 2 ※ 所 立 (058)82-1833</li> <li>市 立 2 ※ 所 立 (058)82-1834</li> <li>市 立 2 ※ 所 立 (058)82-1834</li> <li>市 立 2 ※ 第 立 立 (058)82-1834</li> <li>市 立 2 ※ 所 立 (058)82-1834</li> <li>市 立 2 ※ 所 立 (058)82-1834</li> <li>市 2 ※ 所 立 (058)82-1834</li> <li>1 ※ 所 立 (058)82-1834</li>     &lt;</ul>	青	森	営	業	所	<b>2</b> (017)777-7802	〒030-0861	青森市長島二丁目25番3号(ニッセイ青森センタービル)
<ul> <li>秋 田 営 葉 所 2(018)824-3401</li> <li>7010-0952 秋田市八橋大畑一丁目6番16号</li> <li>10 形 営 葉 所 2(023)641-237</li> <li>7990-0001 新庄市五日町1324番地の6</li> <li>10 わ き 営 葉 所 2(024)832-037</li> <li>7930-8402 いわき市内郷御町丁丁目29番地</li> <li>パ D き 営 葉 所 2(024)82-037</li> <li>7930-8402 いわき市内郷御町丁丁目29番地</li> <li>次 戸 営 葉 所 2(029)262-035</li> <li>7937-8402 いわき市内郷御町丁丁目29番地</li> <li>次 戸 営 葉 所 2(029)262-035</li> <li>7930-8402 いわき市内郷御町丁丁目29番地</li> <li>次 営 葉 所 2(029)262-035</li> <li>7937-8402 いわき市内郷御町丁丁目29番(505%(2004))</li> <li>27 営 第 所 2(029)262-032</li> <li>7921-0303 金沢市公司 一日1番18号(6)(伊藤忠金沢ビル)</li> <li>※ 所 2(029)262-032</li> <li>7921-0303 金沢市公司 一日1番18号(76%忠金沢ビル)</li> <li>※ 所 2(026)228-0475</li> <li>7380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エーズビル)</li> <li>長 野 営 葉 所 2(026)238-0740</li> <li>7390-0831 松市市央四丁目5番35号(長野城谷留)</li> <li>70263/0238-0740</li> <li>7390-0831 松市市央四丁目5番35号(長野城谷留)</li> <li>70263/0238-0740</li> <li>7390-0835 松市市会四丁目5番35号(長野城谷留)</li> <li>702053/251-7110</li> <li>7500-8868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ビル)</li> <li>702053/251-7110</li> <li>7500-8868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ビル)</li> <li>703342-552 7420-053 静岡市戦助工日5番28-65(急険町産にしい)</li> <li>703342-553</li> <li>7070-8325 2435</li> <li>7030-0333 静向市戦助工日5番28-65(急険町を成しい)</li> <li>703542-5533</li> <li>770-0832 2438</li> <li>740685/23-5301</li> <li>7500-8865 24152 3430-16343</li> <li>760-8865 24152 3430-163445</li> <li>760-8865 24152 2430</li> <li>760-8852 24159</li> <li>760-8852 24154</li> <li>760-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>760-8852 24154</li> <li>760-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>760-8852 24154</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 34854</li> <li>7600-8852 34854</li> <li>7600-8852 24154</li> <li>7600-8852 34854</li> <li>7600-8852 24</li></ul>	盛	畄	営	業	所	🕰 (019)654-1741	〒020-0021	盛岡市中央通一丁目7番25号(朝日生命盛岡中央通ビル)
□	秋	田	営	業	所	<b>23</b> (018)824-3401	〒010-0962	秋田市八橋大畑一丁目5番16号
新 丘 言 * 所 1 (2023)2-5/1/0         〒930-0001 新山市山口口10,1524 10:000           (1) わ さ 言 * 所 1 (2024)32-0877         〒930-0001 新山市電田一丁目2番55           (1) わ さ 言 * 所 1 (2024)32-0877         〒930-0001 新山市電田一丁目2番55           (2) 次 (2) 2015(2)27-9555         〒973-8402 いわさ市内郷御殿町二丁目28号(根井菜2化))           (2) 次 (2) 2015(2)27-9557         〒310-0031 金沢市広岡(11)118           (2) 次 (2) 2015(2)2-0157         〒310-0031 金沢市広岡(11)118           (2) 次 (2) 2015(2)2-0157         〒321-0933 金沢市広岡(11)118           (2) 次 (2) 2015(2)2-0157         〒321-0933 金沢市広町(11)118           (2) 次 (2) 2015(2)2-0057         〒300-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           (4) 菜 第 所 1 (2025)(2)20-017         〒380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           (4) 菜 第 所 1 (2)253(4-0301         〒390-0831 松市中央四丁目5番355 (長野島物倉部)           (4) 菜 第 所 1 (2)253(4-0301         〒390-0835 松市高島の143           (5) 次 (2)25-001         〒300-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           (5) 梁 第 所 1 (2)253(4-0301         〒300-0835 松市高島の143           (5) 次 (2)250-001         〒300-0835 松市高島の143         「日本市中文区(2)1000           (5) 第 第 1 (2)253(4-0301         〒300-0835 陸(2)4-804         「11)3302           (5) ※ 所 1 (2)253-601         〒600-8035 町市市支 116番206 (長岡市長)         「11)3302           (5) ※ 所 1 (2)253-601         〒600-8037 長崎市市支 国人         「11)3302           (2) ※ 所 1 (2)352(2)20-817         〒600-8037 長崎市支 国 <td>Щ жғ</td> <td>形亡</td> <td>三</td> <td>業業</td> <td>所</td> <td><b>23</b>(023)641-2371</td> <td><b>T990-0057</b></td> <td></td>	Щ жғ	形亡	三	業業	所	<b>23</b> (023)641-2371	<b>T990-0057</b>	
□       0	칢	<u></u> 鳥	一	業	所	(0233)23 = 1710 (024)932 = 0879	T990-0001	那山市亀田一丁月2番5号
水         P         営業所         ① 029/261-2347         1>310-0805 水P市中央二丁目8番6号(櫻井22U))           茨         城営業所         ① 029/266-2945         7311-1307 茨城県東茨城郡大浜町桜道304番地(茨交大洗駅前ビル)           金         沢営業所         ① 076/21-0228         P320-0033 宇都宮市東宿郷三丁目1番9号(伊斯忠宏沢ビル)           金         沢営業所         ① 076/21-0228         P320-0035 宇都宮市東宿郷三丁目1番9号(伊斯忠宏沢ビル)           山梨営業所         ① 076/21-0655         P10-0005 福井市大央工1917番159(安田生命福井ビル)           山梨営業所         ① 026/320-0165         P10-0005 福井市大央工1917番159(安田生命福井ビル)           日         営業所         ② 026/330-010         P30-0852 松本市島立943 毎地(ハーモネートビル)           日         営業所         ⑦ 026/340-3001         P30-0852 松本市島立943 毎地(ハーモネートビル)           岐阜営業所         ⑦ 056/251-0532         F40-0035 静岡市弥ඛ二11番地(大陽ビル)           市         ⑦ 057/253-061         F60-0622 和設山市部第二115番地36(鳥電商業休方)           2         2         ⑦ 075/21-4219         F680-0862 自歌市部回丁目1番169(「保ビル)           1         比賞業所         ⑦ 057/23-4219         F680-0862 自歌市部回丁目1番9(大陽ビルビル)           1         1         ⑦ 058/218-0533         F70-0832 徳島市寺島本町二17番地           1         1         ⑦ 058/218-0533         F70-0832 徳島市寺島本町二17番地           1         1         ⑦ 058/218-0533         F70-0832 徳島市市西田小町156164           1	11 1	っき	- 1	含 業	所	<b>2</b> (0246)27-9595	〒973-8402	いわき市内郷御厩町二丁目29番地
茨 城 営 業 所         ① (20.2) 266-2945         〒311-1307 茨城県東茨城都大洗町桜道304番地(茨交大派駅前ビル))           栃 木 営 業 所         ① (28) 639-1151         〒321-0953 宇御宮市東宿郷三丁目1番9号(USK東宿郷ビル)           福 井 営 業 所         ② (76) 221-922         〒920-031 金沢市広岡一丁目1番18号(伊藤金浜ビル)           福 井 営 業 所         ② (28) 639-1151         〒321-0053 宇御宮市東宿郷三丁目7番15号(安田金滝福井ビル)           日 梨 営 茶 所         ② (20) 228-0475         〒380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           日 梨 第 所         ② (20) 228-0475         〒380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           日 第 所         ⑦ (20) 228-0475         〒380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           日 第 第 所         ⑦ (20) 238-0474         〒400-0858 昭市市東広島立943番地(八-モネートビル)           岐 卑 営 業 所         ⑦ (2053) 256-17110         〒500-8868 岐阜市光明町三丁目1番104 (太陽ビル)           京 滋 営 業 所         ⑦ (2054) 251-9532         〒420-0053 静岡市京島二月36番28-6 (静岡南康 水内)           言 素 所         ⑦ (053) 23-219         〒680-0862 鳥取市雲山453 香鶴市(14, 日本)           高 盟 営 茶 所         ⑦ (0852) 21-966         〒680-0007 松江市雪和501181 番地(14, 日本)           局 取 営 業 所         ⑦ (0858) 21-1966         〒680-0007 松江市雪和5011181 番地(14, 日本)           白 (28) 第日         ⑦ (08) 52-5333         〒770-0823 徳島市吉毎本19405         〒380-0836 長郎市           小 営 業 所         ⑦ (08) 52-5334         〒700-0870 高知市本町四丁目18番05         ○14, 日本)           小 (28) 52, 10-561         〒680-0037 松市本三町17	水	戸	営	業	所	☎(029)231-3571	〒310-0805	水戸市中央二丁目8番8号(櫻井第2ビル)
<ul> <li>栃 木 営 業 所 ①(2028)639-1151 〒321-0953 宇都宮市東宿畑三丁目1番96号 (USK東宿郷ビル)</li> <li>福 井 営 業 所 ②(076)21-0605 〒910-005 福井市大手二丁目7番15号 (USK東宿郷ビル)</li> <li>福 井 営 業 所 ②(076)21-0605 〒910-005 福井市大手二丁目7番15号 (安田生命福井ビル)</li> <li>山 梨 営 業 所 ②(26)226-047 〒 380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)</li> <li>甲 信 営 業 所 ③(26)226-047 〒 380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)</li> <li>町 信 営 業 所 ③(26)236-6740 〒390-0816 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)</li> <li>酸 2 営 業 所 ③(26)236-6740 〒390-0816 長野市中原区馬丸通朝季師上ルと設置町637 (朝日生命京部ビル)</li> <li>前 営 業 所 ③(26)225-17110 〒500-868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ビル)</li> <li>京 湛 営 業 所 ④(358)251-7110 〒500-868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ビル)</li> <li>和 歌 山 営 業 所 ④(358)251-7130 〒500-868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ビル)</li> <li>和 歌 山 営 業 所 ④(358)251-5333 〒420-0053 静岡市弥勒二丁目5番28号(前南東休内)</li> <li>高 吉 営 茶 所 ④(358)23-5300 〒682-0802 倉吉市東藤城町181番地(4平成ビル)</li> <li>和 歌 山 営 業 所 ④(358)23-5300 〒682-0802 倉吉市東藤城町181番地(1,福永ビル))</li> <li>(108)852)21-9666 〒690-007 松江市朝手船4町54-950円丸(44)(1)</li> <li>小 倉 営 業 所 ④(388)2)21-9666 〒690-007 松江市朝手船4町54-950円丸(44)(1)</li> <li>小 倉 営 業 所 ④(388)655-3533 〒770-0822 徳島本町寿本町東二丁目5番111 (元永ビル)</li> <li>小 宿 〇(38)821-4802 〒780-0870 高和山市本町四丁目1番16号(高知電気ビル別館)</li> <li>小 〇(38)281-8034 〒802-0014 松市小市四丁目1番16号(高知電気ビル別館)</li> <li>小 ⑤(39)3821-8034 〒802-0014 松市小市四丁目1番16号(高知電気ビル別館)</li> <li>小 〇(39)3821-8034 〒802-0034 岐南市吉屋町7石12号</li> <li>熊 本 営 業 所 ④(398)382-18034 〒802-0034 岐南市吉屋町7石12号</li> <li>熊 本 営 業 所 ④(398)387-1851 〒861-0037 長崎市を屋町71日2号</li> <li>(4)333,621-8034 〒802-0034 岐南市三田丁目5番11号(6)(5年32)ンビル)</li> <li>市 九 州 営 業 所 ④(398)387-1851 〒861-0037 長崎市三田丁目5番1号(6)(5年32)ンビル)</li> <li>市 九 州 営 業 所 ④(398)382-1878 〒880-0036 宮崎市南王町11番17号</li> <li>(4)433,1711 〒210-9530 川崎市川崎区田3181-185</li> <li>(4)433,12-111 〒29-0350 川崎市川崎区137-184</li> <li>(4)533,18-111 〒19-18502 日野市高王町11番47号(2)(2)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)</li></ul>	茨	城	営	業	所	☎(029)266-2945	〒311-1307	茨城県東茨城郡大洗町桜道304番地(茨交大洗駅前ビル)
<ul> <li></li></ul>	栃	木	営	業	所	<b>23</b> (028)639-1151	〒321-0953	宇都宮市東宿郷三丁目1番9号(USK東宿郷ビル)
加         対         ゴ         10,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,0	金	沢サ	宫	業業	所	<b>23</b> (076)221-9228	$\mp 920 - 0031$	金沢市広岡一」目1番18号(伊滕忠金沢ビル)
表 野 営 業 所         ① $(25)228-0475$ 〒380-0836 長野市南県町1002番地(陽光エースビル)           甲 信 営 業 所         ① $(25)336-6740$ 〒390-0811 松本市中央四丁目5番3569(長野県鋳物会館)           松 本 営 業 所         ① $(25)336-6740$ 〒390-0852 松本市島立943番地(ハーモスードビル)           岐 阜 営 業 所         ① $(25)326-0710$ 〒500-8868 岐阜市光明町三丁目1番地(太陽ビル)           静 岡 営 業 所         ① $(25)325-67110$ 〒500-8868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ビル)           前 図 営 業 所         ① $(25)325-6081$ 〒640-8052 和歌山市溜ノ森堂前丁17番地           鳥 取 営 業 所         ① $(2657)23-4219$ 〒680-0862 鳥取市室山153番地36 (鳥電商町(水内))           山 啓 営 業 所         ① $(0857)23-4219$ 〒680-0802 倉市東邊城町181番地(元大ビル)           山 啓 営 業 所         ① $(085)23-5300$ 〒680-0007 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)           山 啓 営 業 所         ① $(085)23-5300$ 〒680-0007 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)           小 倉 営 業 所         ① $(085)24-8122$ 〒780-0017 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)           小 倉 営 業 所         ① $(095)827-4657$ 〒80-0007 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)           小 倉 (088)657-3533         〒770-0037 長崎市金屋町75127280-0004(高加本四町)         ○ $(14)2727420-0014$ 小 倉 (095)827-4567         〒80-0006 鹿児島市西田一丁目5番10-0(元本ビル)         ○ $(14)27572+1740-000-0014$ 大 均 (095)827-4567         〒80-0006 鹿児島市西田一丁目5番10-0(1元4276)         ○ $(14)27572+1740-000-0014$ 大 均 (095)827-4567	ît⊞ IÎI	升梨	台	未業	所	$\Delta(0776)21-0605$ $\Delta(055)222-4421$	$\pm 400 - 0858$	個井巾入于二」日7留135(女田王叩個井Cル) 田府市相生一丁日1番21号(清田ビル)
甲信営業所       文026338-6740       〒390-0811 松本市中央四丁目5番35号(長野県鋳物会館)         松本営業所       文028340-300       〒390-0852 松本市島立943番地(人)ーモネートビル)         藤       グ054251-7110       〒500-8868 岐阜市光町町三丁目1番地(大陽ビル)         京       公054251-7100       〒604-8162 京都市中京区馬丸通朝菜師上ルと報音町637(朝日生命京都ビル)         京       グ073)432-5433       〒604-8162 京都市中京区馬丸通朝菜師上ルと報音町637(朝日生命京都ビル)         和       敬山営業所       文073)432-5433       〒604-8052 鳥取古雪山153番地36(鳥電商賓休内)         倉       吉営業所       20053223-5430       〒682-0802 倉吉市東墓城町1813番地36(鳥電商賓休内)         倉       吉営業所       2005221-9666       〒690-007 松江市御手船場町549番地1(現保ジャパン松江ビル)         (協会)       文085223-5300       〒682-0802 倉吉市東墓城町181番地(平成ビル)       (日本ビル)         山陰営業所       20085221-9666       〒690-007 松江市御手船場町549番地1(現保ジャパン松江ビル)         高加営業所       20085224-8122       〒770-0832 (電島市専島本町東二丁目5番地1(元ポビル)         高加営業所       20093)521-8084       〒802-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル)         大の含       第       ア096387-7351       〒862-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル)         大の含       第       200950387-7351       〒862-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル)         大の含       第       200950387-7351       〒862-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル)         大の含       第       200950387-7351       〒862-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比20)       「107573434 </td <td>長</td> <td>野</td> <td>台</td> <td>業</td> <td>所</td> <td><b>2</b>(026)228-0475</td> <td>〒380-0836</td> <td>長野市南県町1002番地(陽光エースビル)</td>	長	野	台	業	所	<b>2</b> (026)228-0475	〒380-0836	長野市南県町1002番地(陽光エースビル)
<ul> <li>松本営業所 (20263)40-3001</li> <li>7390-0852 松本市島立943番地(ノーモネートビル)</li> <li>岐阜営業所 (2008)251-7110</li> <li>7500-8868 岐阜市光明町三丁目1番地(太陽ビル)</li> <li>700-75)253-6081</li> <li>7600-8162 京都市中京区鳥丸通蛸薬師上ル七観音町637(朝日生命京都ビル)</li> <li>和歌山営業所 (20073)32-5433</li> <li>7640-8052 和歌山市営ノ深電前十下第404</li> <li>第0051)23-4219</li> <li>7680-862 鳥駅市雪山153番地36(鳥電商事(株内)]</li> <li>倉 営業所 (20052)21-9566</li> <li>7680-0862 鳥駅市雪山153番地36(鳥電商事(株内)]</li> <li>倉 営業所 (20052)21-9566</li> <li>7680-0862 鳥駅市雪山153番地36(鳥電商事(株内)]</li> <li>高 知営業所 (20052)21-9566</li> <li>7680-0862 鳥駅市雪山153番地36(鳥電商事(株内))</li> <li>高 知営業所 (20052)21-9566</li> <li>7680-0862 鳥駅市雪山153番地36(鳥電商事(株内))</li> <li>高 知営業所 (20052)21-9566</li> <li>7680-0862 鳥駅市雪山153番地36(鳥電商事(株内))</li> <li>高 知営業所 (2005)221-9366</li> <li>7680-0862 鳥駅市雪山153番地1(元未ビル)</li> <li>高 知営業所 (2005)827-4567</li> <li>7860-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル))</li> <li>高 知営業所 (2005)827-4587</li> <li>7860-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル))</li> <li>高 知営業所 (2005)827-4587</li> <li>7860-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル))</li> <li>高 知 営業所 (2009)5321-8084</li> <li>7802-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル))</li> <li>長 崎 営業所 (2009)5321-8084</li> <li>7802-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル))</li> <li>大分営業所 (2009)532-7351</li> <li>7860-0877 7860-2809</li> <li>7860-0877 7860-2809</li> <li>7860-0807 長崎市全園町7番12号</li> <li>7800981 22-8178</li> <li>7880-0805 宮崎市橋通東三丁目1番47号(宮崎ブレジデントビル)</li> <li>大分営業所 (2009)532-7351</li> <li>7880-0805 宮崎市橋通東三丁目1番47号(宮崎ブレジデントビル)</li> <li>1 本200-8511</li> <li>720-9530 川崎市川崎区田辺所田1番1号</li> <li>20095)82-7457</li> <li>7850-2014 北北州市市広南大崎海岸37番地</li> <li>20043)33-7111</li> <li>7210-9530 川崎市山崎区田辺所田1番19</li> <li>7390-0821 松本市筑厚四町1520</li> <li>7840-2810</li> <li>7840-28111</li> <li>7930-0821 松本市筑厚の1537</li> <li>7850-2817</li> <li>780-0821 日市市広市143世1520</li> <li>7840-2803 298-111</li> <li>790-0821 松本市筑厚の1637</li> <li>790-0821 松本市筑厚の1637</li> <li>790-0821 松本市筑厚四11番地</li> <li>70053)250-7111</li> <li>7390-0821 松本市筑厚四11番18</li> <li>205533-7111</li> <li>7324-8510 大田原市中田原1043番地</li> <li>2053)330-1511</li> <li>7510-8631 四日市市高士町14278</li> <li>70485302-7111</li> <li>732</li></ul>	甲	信	営	業	所	☎(026)336-6740	〒390-0811	松本市中央四丁目5番35号(長野県鋳物会館)
岐 阜 営 業 所       ① (058)251-7110       〒500-8868 岐阜市光明町三丁目1番地(大陽ピル)         静岡 営 業 所       ② (054)251-9532       〒420-0053 静岡市弥勒二丁目5番28号(静岡市原ビル)         和 歌 山 営 業 所       ② (073)432-5433       〒604-8162 京都市中京区馬丸通朝薬師上ルと報音可637(朝日生命京都ビル)         和 歌 山 営 業 所       ② (085)223-6081       〒604-8162 京都市中京区馬丸通朝薬師上ルと報音可637(朝日生命京都ビル)         二       ③ (187)       ③ (187)       ○ (187)23-4219       〒680-0862 鳥取市雲山153番145 (鳥電商事(林)内)         倉 吉 営 業 所       ② (085)221-9666       〒690-0007 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)         (188)852-14-9866       〒680-00870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル)的首)         小 倉 営 業 所       ○ (088)824-8122       〒780-0877 長約市金屋町7番12号         熊 本 営 業 所       ○ (093)521-8084       〒802-0014 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富士電機小倉ビル)         長 崎 営 業 所       ○ (193)527-4657       〒850-0037 長崎市金屋町7番12号         席 本 営 業 所       ○ (195)37-3543       〒802-0104 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富崎ブレジデントビル)         天 本 学 業 所       ○ (195)37-3543       〒802-0104 北九州市小倉北区砂津二丁目5番145(GEエジソンビル鹿児島)         エ ネ グ (198)821-8018       〒802-0104 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富崎ブレジデントビル)       ○ (193)827-862         南 台 業 所       ○ (195)37-3434       〒802-0104 北九州市小倉北区砂津       ○ (195)37-3434       〒802-014         夏 ○ (195)37-3434       〒802-0103       ○ (14 北九州市小倉北区砂津       ○ (195)37-3434       〒802-015       ○ (195)37-3434       〒802-015       ○	松	本	営	業	所	<b>23</b> (0263)40-3001	〒390-0852	松本市島立943番地(ハーモネートビル)
<ul> <li>静岡宮葉茶所 2005/1253-6081 〒604-8162 京都市中京区島丸通蛸菜商上ルと観音町637 (朝日生命京都ビル)</li> <li>和歌山営業所 20073/432-5433 〒640-8052 和歌山市鬻ノ森堂前丁17番地</li> <li>ロ、営業所 20085/23-500 〒682-0802 倉吉市東巌城町181番地(平成ビル)</li> <li>(10852)21-966 〒690-007 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)</li> <li>(11982)21-996 〒690-007 松江市御手部場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)</li> <li>(11982)21-996 〒700-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1(元木ビル)</li> <li>(11982)21-996 〒700-0832 徳島市寺島本町東二丁目1番40号(富知電火ー)</li> <li>(11982)21-986 〒700-0832 徳島市寺島本町東二丁目1番40号(富知電火ー)</li> <li>(11982)21-986 〒700-0832 徳島市寺国東二丁目1番407号(宮崎プレジデントビル)</li> <li>(11985)21-808 〒700-086 宮崎市橋通東三丁目1番47号(宮崎プレジデントビル)</li> <li>(11982)20-8511 市原市小崎海田辺町11541号</li> <li>(11992)21-711 〒710-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号</li> <li>(11912)21-714戸市西区高塚公町11番地</li> <li>(11912)21-714戸市西区高塚公町11番地</li> <li>(11912)21-714戸市西区高塚公町11番地</li> <li>(11912)21-714戸市西区高塚区町11番地</li> <li>(11918)22157-111 〒719-8531 3961市南国玉町55203</li> <li>(11918)221-711 〒714戸市西区高塚区町11番地</li> <li>(11918)221-8511 市原市八幡海洋通7番地</li> <li>(11918)221-8511 市原市八幡海洋通7番地</li> <li>(11918)221-8511 市原市八幡海洋通7番地</li> <li>(11918)221-8511 市原市八幡海洋町5520番地</li> <li>(11918)221-7111 〒718-8633 鈴鹿市南西区高塚区町11番地</li> <li>(11918)221-7111 〒719-8502 日野市直上町18番1号</li> <li>(11918)221-7111 〒730-0821 松本市筑屋町15520 番地</li> <li>(11918)221-7111 〒730-0821 松本市筑屋町118番1号</li> <li>(11918)221-7111 〒730-0821 松本市筑屋町118番1号</li> <li>(11918)54-1111 〒730-0821 松本市筑屋町118番1号</li></ul>	岐	阜	営	業	所	☎(058)251-7110	〒500-8868	岐阜市光明町三丁目1番地(太陽ビル)
点         点         点         (1)         (2)         (3)	静	尚	宫	業業	所	<b>23</b> (054)251-9532	$\pm 420 - 0053$	静岡市弥勒二」目5番28号(静岡住原ビル)
福山、山、雪、葉/所       ① 0857 / 22-4219       〒680-0862 鳥取市雲山/53番地36 [鳥電商東(株内)]         倉吉営業所       ② 0857 / 22-4219       〒680-0862 鳥取市雲山/53番地36 [鳥電商東(株内)]         陰営業所       ② 0857 / 22-4219       〒680-0007 松江市御手船場町549番地1 (損保ジャパン松江ビル)         徳島営業所       ② 088 / 655-3533       〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1 (損保ジャパン松江ビル)         ○       二       ○ 088 / 655-3533       〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1 (損保ジャパン松江ビル)         ○       二       ○ 088 / 655-3533       〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1 (損保ジャパン松江ビル)         ○       二       ○ 088 / 655-3533       〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1 (損保ジャパン松江ビル)         ○       二       ○ 088 / 655-3533       〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1 (損保ジャパン松江ビル)         ○       二       〇 088 / 655-3533       〒770-0832 徳島市本町四丁目1番169 (高知電気ビル別館)         小       倉       二       第       〇 093 / 521-6084       〒802-0014 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富土電機小島ビル)         長       小       〇 093 / 521-6127       〒802-0036 大台市寿町5五127       〒802-0016 大台市市金市町125       ●         宮       「       〇 095 / 827-4657       〒800-0036 大台市寿町5五127       ●	示和副	/222 校 11	日 」「	* 学業	所	$\Delta$ (075)253-6081 $\Delta$ (073)432-5433	$\pm 640 - 8052$	家部市中示区局入過頻樂部工ルL截目町037(朝口主部家部LN) 和歌山市暨ノ森党前丁17番地
倉吉営業所       ①0858)23-5300       〒682-0802 倉吉市東巌城町181番地(平成ビル)         山陰営業所       ①0852)21-9666       〒690-0007 松江市御手船場町54.9番地1(1損保ジャバン松江ビル)         徳島営業所       ①088)625-3533       〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1(元木ビル)         高知営業所       ①083)624-8122       〒780-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル別館)         小倉営業所       ①093)521-8084       〒802-0014 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富士電機小倉ビル)         長崎営業所       ②095)827-4657       〒850-0037 長崎市金屋町7番12号         熊本営業所       ②095)827-4657       〒850-0036 大分市寿町5番20号         宮崎営業所       ②099)812-6522       〒880-0805 宮崎市橋通東三丁目1番47号(宮崎ブレジデントビル)         南九州営業所       ②099)812-6522       〒890-0046       鹿児島市西田一丁目5番1号(GEエジソンビル鹿児島)         エネルギー製作所       ②0436)42-8111       〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号       ○0436)42-8111       〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号         変享システム製作所       ②0436)42-8111       〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号       ○0436)42-8111       〒200-8511 市原市八幡海岸道7番地         イ 葉       型       ①0436)42-8111       〒210-9530 川崎市小崎市三       雪地       ○0436)42-8111       〒200-8511 市原市八幡海岸道7番地         マロシステム製作所       ②0436)42-8111       〒200-8511 市原市八幡海岸道7番地       ○0436)42-8111       〒200-8511 市原市八幡海岸道7番地       ○0436)42-8111       〒200-811 市原市八幡海岸道7番地       ○0403(33-8100       〒513-823 鈴鹿市本玉町町5520番地       ○0435)252-5711       〒30-0821 松本市新摩四丁目1番番15       ○0406       ○052)22-711	鳥	取	' ' '	業	所	<b>2</b> (010)402 0400 <b>2</b> (0857)23-4219	〒680-0862	鳥取市雲山153番地36〔鳥電商事(株)内〕
山 陰 営 業 所 201852)21-9666 〒690-0007 松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル) 徳 局 営 業 所 20188)655-353 〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1(元木ビル) 高 知 営 業 所 20188)624-812 〒780-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル)館) 小 倉 営 業 所 20198)621-8084 〒802-0014 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富士電機小倉ビル) 氏 崎 営 業 所 20195)827-4657 〒850-0037 長崎市金屋町7番12号 熊 本 営 業 所 20195)827-4657 〒850-0037 長崎市金屋町7番12号 文 096)387-7351 〒862-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル) 大 分 営 業 所 20199)812-6522 〒880-0046 鹿児島市西田一丁目5番1号(GEエジソンビル鹿児島) エ ネ ル ギ ー 製 作 所 20199)812-6522 〒890-0046 鹿児島市西田一丁目5番1号(GEエジソンビル鹿児島) エ ネ ル ギ ー 製 作 所 20143)33-7111 〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号 変電システム製作所 20143)33-7111 〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号 変電システム製作所 20143)33-7111 〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号 文 0436)42-8111 〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地 平 葉 製 作 所 201436)42-8111 〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地 東 京システム製作所 20143)33-8110 〒513-8633 鈴鹿市南盂坦町5520番地 松 本 工 場 20178)991-211 〒651-2271 神戸市西区高塚台四丁目1番地の1 今 鹿 工 場 20178)991-211 〒513-8633 鈴鹿市南盂垣町5520番地 松 本 工 場 20163)83-8100 〒513-8633 鈴鹿市南薫垣町5520番地 松 本 工 場 20163)82-7111 〒30-0821 松本市筑摩四丁目18番1号 ロ 梨 工 場 20163)30-1511 〒30-0821 松本市筑摩四丁目18番1号 (本 二 場 20152)285-6111 〒400-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1 大坊開発・生産センター 穫 器 製 作 所 20148)548-1111 〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号 穫 器 製 作 所 20148)548-1111 〒314-8503 田市南宝地町12520番地	倉	吉	営	業	所	☎(0858)23-5300	〒682-0802	倉吉市東巌城町181番地(平成ビル)
<ul> <li>徳 昌 営 業 所 ☎(088)655-3533 〒770-0832 徳島市寺島本町東二丁目5番地1(元木ビル)</li> <li>高 知 営 業 所 ☎(088)624-8122 〒780-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル)別館)</li> <li>小 倉 営 業 所 ☎(088)624-8122 〒780-0870 高知市本町四丁目1番16号(高知電気ビル)別館)</li> <li>小 倉 営 業 所 ☎(098)521-8084 〒802-0014 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富土電機小倉ビル)</li> <li>氏 崎 営 業 所 ☎(096)387-7351 〒862-0950 熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル)</li> <li>大 分 営 業 所 ☎(097)537-3434 〒870-0036 大分市寿町5番20号</li> <li>宮 崎 営 業 所 ☎(098)520-8178 〒880-0805 宮崎市橋通東三丁目1番47号(宮崎ブレジデントビル)</li> <li>南 九 州 営 業 所 ☎(044)333-7111 〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号</li> <li>変電システム製作 所 ☎(043)642-8111 〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地</li> <li>千 葉 製 作 所 ☎(042)583-6111 〒191-8502 日野市富土町1番地</li> <li>奄 (042)583-6111 〒191-8502 日野市富土町1番地</li> <li>章 鹿 工 場 ☎(053)38-8100 〒513-8633 鈴鹿市南五垣町5520番地</li> <li>松 本 工 場 ☎(053)83-8100 〒513-8633 鈴鹿市南五垣町5520番地</li> <li>松 本 工 場 ☎(053)83-8111 〒300-0821 松本市筑摩四丁目18番1号</li> <li>山 梨 工 場 ☎(055)285-6111 〒300-0821 松本市筑摩四丁目18番1号</li> <li>ҵ 梨 作 所 ☎(048)564111 〒380-0122 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1</li> <li>支(048)548-1111 〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号</li> <li>ሺ 048)548-1111 〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号</li> <li>【 1 4 ☎(053)30-1511 〒510-8631 四日市市富土町1番27号</li> <li>【 1 4 ☎(053)30-1511 〒510-8631 四日市市富土町1番27号</li> <li>【 1 4 ☎(053)30-1511 〒510-8631 四日市市富土町1番27号</li> <li>(本 二 場 ☎(053)30-1511 〒510-8631 四日市市富土町1番27号</li> <li>(本 高1=電機総合研方 ☎(03)55-1020 〒151-00053 東京都渋谷区(14,4,4,1)433地</li> </ul>	山	陰	営	業	所	☎(0852)21-9666	〒690-0007	松江市御手船場町549番地1(損保ジャパン松江ビル)
高 知 宮 業 所 ☎ (088)824-8122 〒/80-0870 高知市金町四1 目1番16号(高知電気ビル別館) 小 倉 営 業 所 ☎ (093)521-8084 〒802-0014 北九州市小倉北区砂津二丁目1番40号(富士電機小倉ビル)	徳	島	営	業	所	☎(088)655-3533	〒770-0832	徳島市寺島本町東二丁目5番地1(元木ビル)
ボード 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	尚小	<u></u> 丸 合	三日	美	所	<b>23</b> (088)824-8122	$\pm 780 - 0870$	局知巾本町四」日1备16亏(局知電気ビル別語) 北カ州市小会北区孙津二丁日1番40日(宮十雪烨小会ビル)
<ul> <li>(本) 当 菜 所 (○ 096) 2017-7351</li> <li>(○ 096) 387-7351</li> <li>(○ 096) 387-7351</li> <li>(○ 097) 537-3434</li> <li>(○ 0985) 20-8178</li> <li>(○ 099) 812-6522</li> <li>(○ 044) 333-7111</li> <li>(○ 044) 533-7111</li> <li>(○ 044) 543-8111</li> <li>(○ 044) 543-8111</li> <li>(○ 042) 583-6111</li> <li>(○ 048) 50-7111</li> <li>(○ 048) 52-851-6111</li> <li>(○ 048) 548-1111</li> <li>(○ 048) 548-1111<!--</td--><td>長</td><td>启 崎</td><td>一一</td><td>未業</td><td>所</td><td><b>5</b>(095)521-6084 <b>5</b>(095)827-4657</td><td><math>\pm 850 \pm 0014</math></td><td></td></li></ul>	長	启 崎	一一	未業	所	<b>5</b> (095)521-6084 <b>5</b> (095)827-4657	$\pm 850 \pm 0014$	
大分営業所 宮崎営業所 商九州営業所 20199)812-6522〒870-0036 大分市寿町5番20号 〒880-0805 宮崎市橋通東三丁目1番47号 (宮崎プレジデントビル) 〒880-0805 宮崎市橋通東三丁目1番47号 (宮崎プレジデントビル) 20199)812-6522エネルギー製作所 変電システム製作所 千葉 東京システム製作所 ク0436)42-81112010-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号 200-8511 市原市八幡海岸通7番地 200-8511 市原市八幡海岸通7番地 200-8511 市原市八幡海岸通7番地 200-8511 市月市八幡海岸通7番地 200-8511 市日市口4個海岸通7番地 200-8511 市日市〇〇 200-8511 市日市日区高塚台四丁目1番地の1 20059)83-8100 5513-8633 鈴鹿市南王垣町5520番地 200-821 松本市筑摩四丁目18番1号 20055)285-6111 7300-0821 松本市筑摩四丁目18番1号 20055)285-6111 7300-0821 松本市筑摩四丁目18番1号 20053)20-7111 730-0821 松本市筑摩四丁目18番1号 20053)20-111 730-0821 松本市筑摩四丁目18番1号 20053)20-111 730-0821 松本市筑摩四丁目5番45号 2003)30-1511 7510-8631 四日市市富士町1番27号 200468)56-1191 7240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号 2003)5351-0200(株)FFC20468)56-1191 7510-0653 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)	熊	本	目営	業	所	<b>2</b> (096)387-7351	〒862-0950	熊本市水前寺六丁目27番20号(神水恵比須ビル)
宮 崎 営 業 所       ①(0985)20-8178       〒880-0805       宮崎市橋通東三丁目1番47号(宮崎ブレジデントビル)         南 九 州 営 業 所       ⑦(099)812-6522       〒890-0046       鹿児島市西田一丁目5番1号(GEエジソンビル鹿児島)         エネルギー製作所       ⑦(044)333-7111       〒210-9530       川崎市川崎区田辺新田1番1号         変電システム製作所       ⑦(0436)42-8111       〒290-8511       市原市八幡海岸通7番地         東京システム製作所       ⑦(042)583-6111       〒290-8511       市原市八幡海岸通7番地         東京システム製作所       ⑦(042)583-6111       〒191-8502       日野市富士町1番地         神 戸 工場       ⑦(059)812-6521       〒651-2271       神戸市西区高塚台四丁目1番地の1         鈴鹿 工場       ⑦(053)83-8100       〒513-8633       鈴鹿市南玉垣町5520番地         松 本 工場       ⑦(055)285-6111       〒390-0821       松本市筑摩四丁目18番1号         山梨 工場       ⑦(055)285-6111       〒300-0192       埼玉県北足立都吹上町南一丁目5番45号         横器製作所       ⑦(0287)22-7111       〒324-8510       大田原市中田原1043番地         三重工場       ⑦(059)30-1511       〒510-8631       四日市市富士町1番27号         (株)富士電機総合研究所       ⑦(048)56-1191       〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号       1         (株)FFC       ⑦(048)531-0200       〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)       1	大	分	営	業	所	☎(097)537-3434	〒870-0036	大分市寿町5番20号
<ul> <li>南九州営業所 ☎(099)812-6522 〒890-0046 鹿児島市西田一丁目5番1号(GEエジソンビル鹿児島)</li> <li>エネルギー製作所 ☎(044)333-7111 〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号</li> <li>変電システム製作所 ☎(0436)42-8111 〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地</li> <li>東京システム製作所 ☎(042)583-6111 〒191-8502 日野市富士町1番地</li> <li>確 戸 工場 ☎(078)991-2111 〒651-2271 神戸市西区高塚台四丁目1番地の1</li> <li>鈴鹿 工場 ☎(0593)83-8100 〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地</li> <li>松本 工場 ☎(0263)25-7111 〒390-0821 松本市筑摩四丁目18番1号</li> <li>山梨 工場 ☎(055)285-6111 〒7400-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1</li> <li>技術開発・生産センター</li> <li>磯 作 所 ☎(0287)22-7111 〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号</li> <li>磯 閣製 作 所 ☎(0287)22-7111 〒510-8631 四日市市富士町1番27号</li> <li>(株)富士電機総合研究所</li> <li>(株)FFС</li> <li>☎(03)5351-0200 〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)</li> </ul>	宮	崎	営	業	所	🕰 (0985)20-8178	₹880-0805	宮崎市橘通東三丁目1番47号(宮崎プレジデントビル)
エネルギー製作所 変電システム製作所☎(044)333-7111〒210-9530 川崎市川崎区田辺新田1番1号変電システム製作所 東京システム製作所 神 戸 工場☎(0436)42-8111〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地第☎(0436)42-8111〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地第☎(042)583-6111〒191-8502 日野市富土町1番地第☎(042)583-6111〒191-8502 日野市富土町1番地第☎(043)33-7111〒51-2271 神戸市西区高塚台四丁目1番地の1鈴鹿五☎(059)83-8100〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地松本五☎(053)25-7111〒390-0821 松本市筑摩四丁目18番1号山梨五☎(055)285-6111〒400-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1技術開発・生産センター 機☎(055)285-6111〒369-0192 埼玉県北足立都吹上町南一丁目5番45号機器製作☎(059)3)30-1511三重工場☎(059)3)30-1511〒510-8631 四日市市富土町1番27号(株)富土電機総合研究析 (株)FFC☎(048)56-1191〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号☎(03)5351-0200〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)	南ナ	七一州	1 2	営 業	所	<b>23</b> (099)812-6522	₹890-0046	鹿児島市西田一丁目5番1号(GEエジソンビル鹿児島)
変電システム製作所 千葉 東京システム製作所☎(0436)42-8111〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地ア二二☎(0436)42-8111〒290-8511 市原市八幡海岸通7番地東京システム製作所 資☎(042)583-6111〒191-8502 日野市吉西区高塚台四丁目1番地の1市丁3☎(043)83-8100〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地松本エ場☎(053)83-8100〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地松本エ場☎(053)83-8100〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地松本☎(053)25-7111〒390-0821 松本市筑摩四丁目18番1号山梨工場☎(055)285-6111〒400-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1技術開発・生産センター 機☎(048)548-1111〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号概器型㎡(0287)22-7111〒324-8510 大田原市中田原1043番地三重工☎(0593)30-1511〒510-8631 四日市市富士町1番27号(株)FFC☎(048)56-1191〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号☎(03)5351-0200〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)	エネ	10=	₹	- 製作	所	☎(044)333-7111	〒210-9530	川崎市川崎区田辺新田1番1号
中       戸       工       辺(0436)42-8111       T290-8511       市原市/南岸通/留地         東京システム製作所       辺(042)583-6111       〒191-8502       日野市富士町1番地         神       戸       工       岩       辺(042)583-6111       〒191-8502       日野市富士町1番地         会       鹿       工       岩       辺(042)583-6111       〒191-8502       日野市高工町1番地         会       鹿       工       岩       辺(042)583-6111       〒191-8502       日野市高工町1番地         会       鹿       工       場       ご(0593)83-8100       〒513-8633       鈴鹿市南玉垣町5520番地         松       本       工       場       ご(053)25-7111       〒390-0821       松本市筑摩四丁目18番1号         山       梨       工       場       ご(055)285-6111       〒400-0222       山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1         方(055)285-6111       〒369-0192       埼玉県北足立都吹上町南一丁目5番45号       ご(048)548-1111       〒324-8510       大田原市中田原1043番地         三       重       工       づ(0593)30-1511       〒510-8631       四日市市富士町1番27号         (株)富士電機総合研究所       ご(0468)56-1191       〒240-0194       横須賀市長坂二丁目2番1号          (株)FFC       ご(03)5351-0200       〒151-0053       東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)	変電	シス	テ	ム製作	所	<b>23</b> (0436)42-8111	〒290-8511	市原市八幡海岸通7番地
神       戸       工       場       ① (078)991-2111       〒651-2271 神戸市西区高塚台四丁目1番地の1         鈴       鹿       工       場       ① (0593)83-8100       〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地         松       本       工       ⑤ (0593)83-8100       〒513-8633 鈴鹿市南玉垣町5520番地         山       梨       工       ⑤ (055)285-6111       〒390-0821 松本市筑摩四丁目18番1号         山       梨       工       ⑤ (055)285-6111       〒300-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1         技術開発・生産センター       ⑦ (048)548-1111       〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号         機       器       製       作       夼 (0287)22-7111       〒324-8510         三       重       工       蜀 (0593)30-1511       〒510-8631       四日市市富土町1番27号         (株)富士電機総合研究所       ☎ (048)56-1191       〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号       ① (03)5351-0200       〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号 (新宿コヤマビル)	〒 京	朱 シス	表テ	TF 人 し 作	所	<b>24</b> (0436)42-8111 <b>75</b> (042)583-6111	$\pm 290 - 8511$ $\pm 191 - 8502$	
	ネホ神	7户	,	ц Т	場	<b>2</b> (078)991-2111	T651-2271	神戸市西区高塚台四丁目1番地の1
松本工場☎(0263)25-7111〒390-0821 松本市筑摩四丁目18番1号山梨工場☎(055)285-6111〒400-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1技術開発・生産センター☎(048)548-1111〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号機器製作㎡(0287)22-7111三重工場☎(053)30-1511三重工雹(053)30-1511〒510-8631 四日市市富士町1番27号(株)富士電機総合研究所☎(048)56-1191〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号(株)FFC☎(03)5351-0200〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)	鈴	鹿		I	場	<b>2</b> (0593)83-8100	〒513-8633	鈴鹿市南玉垣町5520番地
<ul> <li>山 梨 工 場 20(055)285-6111 〒400-0222 山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1</li> <li>技術開発・生産センター 20(048)548-1111 〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号</li> <li>機 器 製 作 所 20(0287)22-7111 〒324-8510 大田原市中田原1043番地</li> <li>三 重 工 場 20(0593)30-1511 〒510-8631 四日市市富士町1番27号</li> <li>(株)富士電機総合研究所 20(048)56-1191 〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号</li> <li>(株)FFC 20(03)5351-0200 〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)</li> </ul>	松	本		I	場	2 (0263)25-7111	〒390-0821	松本市筑摩四丁目18番1号
<ul> <li>技術開発・生産センター ☎(048)548-1111 〒369-0192 埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号</li> <li>機 器 製 作 所 ☎(0287)22-7111 〒324-8510 大田原市中田原1043番地</li> <li>三 重 工 場 ☎(0593)30-1511 〒510-8631 四日市市富士町1番27号</li> <li>(株)富士電機総合研究所 ☎(048)56-1191 〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号</li> <li>(株)FFC ☎(03)5351-0200 〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)</li> </ul>	山	梨		T	場	☎(055)285-6111	₹400-0222	山梨県中巨摩郡白根町飯野221番地の1
「阪 部 彩 1F 所 ☎(028/)22-/111 〒324-8510 天田原市中田原1043 番地 三 重 工 場 ☎(0593)30-1511 〒510-8631 四日市市富士町1番27号 (株)富士電機総合研究所 ☎(0468)56-1191 〒240-0194 横須賀市長坂二丁目2番1号 (株)FFC ☎(03)5351-0200 〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)	技術	開発・	生產	重セン ら	7 <u>–</u>	<b>2</b> (048)548-1111	〒369-0192	埼玉県北足立郡吹上町南一丁目5番45号
<ul> <li>▲ 2000 2000 1000 1000 1000 1000 1000 100</li></ul>	浅	岱 手	袃	111	所 +是	<b>23</b> (0287)22-7111	$\pm 324 - 8510$	人田原中中田原1043 金 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)
(株)FFC ☎(03)5351-0200 〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)		里 雪十雪	■林峰4	ㅗ ᄵᄼᅭᄛ	物		TOIU-0031	
	(株)F	= € F F C	5 1587	ᆔᄳᅎ	0171	<b>2</b> (03)5351-0200	T151-0053	東京都渋谷区代々木四丁目30番3号(新宿コヤマビル)

