UDC 621.382.049.77

パワーハイブリッドIC

Power Hybrid IC

石川弘之* Hiroyuki Ishikawa・目黒　謙* Ken Meguro・内田喜之* Yoshiyuki Uchida・渡部　博** Hiroshi Watanabe
星野利雄** Toshio Hoshino

I. まえがき

半導体製品は，小信号から電力分野まで広範囲にわたって，個別素子から集積化，モジュール化への傾向が拡大されつつある。

富士電機では自動車用電子機器，民生用電子機器，小形モータ制御機器，無接点リレー関係の分野を重点に，パワーハイブリッドIC(以下，ハイブリッドICをHyICと略記する）を製品化している。

制御システムは一般に大別すると，センサ，制御部，アクチュエータから構成されている。富士電機のパワーHyICは，制御部とアクチュエータを一体とした構成が主体であるが，制御部だけで構成したもの，及びアクチュエータだけで構成したものもある。これら制御部は，心臓部分に高信頼性のモノリシックICを使用し，わずかの受動部品を付加することで構成できるようにしている。

また製造組立及び試験の自動化により，高品質で低コストのHyICをめざしている。

富士電機のHyICは，次の特徴を持っている。

(1) 制御部にモノリシックICの使用
(2) 小形・軽量
(3) 高品質，高信頼性
(4) 多様化する用途に対応した製品

以下，製造システム及び応用例を紹介する。

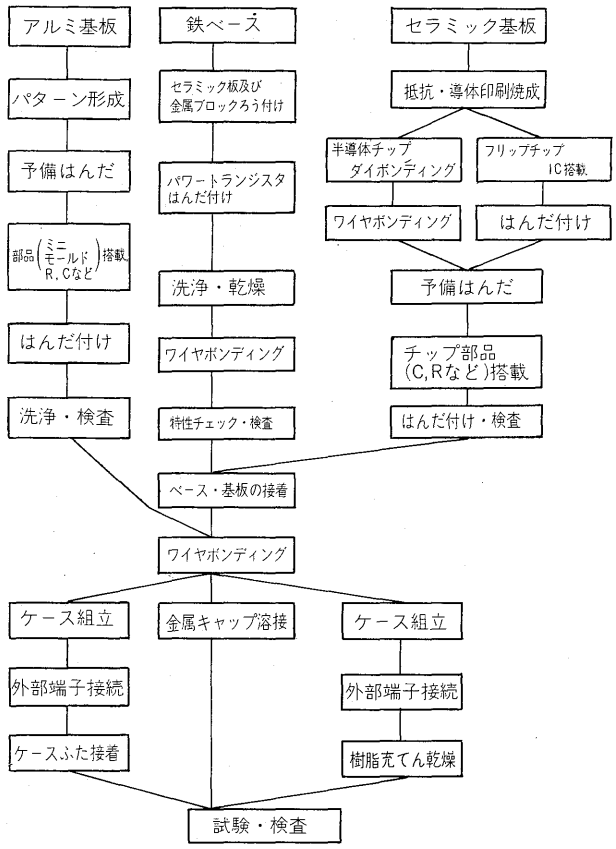
II. HyICの製造システム

富士電機のHyICの製造工程フローチャートを第1図に示す。

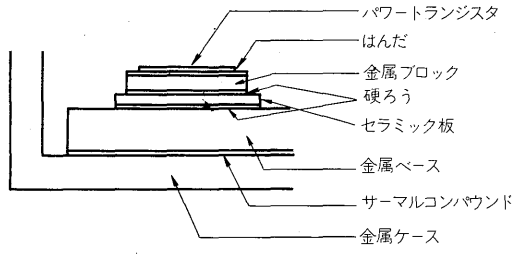
パワー部品は第2図に示す構造を採用し，放熱，絶縁，パワーサイクルなどに配慮がなされている。パワー素子は，用途に適合した特性と高度の信頼性を備えた，富士電機の半導体素子が活用されている。

制御部分は，セラミック基板上へ厚膜印刷抵抗及び印刷導体を形成し，能動素子は複合化，モノリシックIC化により，小形化，信頼性の向上，組立工程の簡素化を図っている。コンデンサは，セラミックチップコンデンサを多く用いている。

厚膜抵抗値は，トリミングにより初期値が±2.0%以内にあり，製造工程の諸条件を経た後の変化も微小である。トリミング後の抵抗値のばらつき及び450℃の加熱後，160℃放置後の抵抗値変化の一例を第1表に示す。また，ヒートサイクルによる経時変化の一例を第3図に示す。



第1図　ハイブリッドIC製造工程図
Fig. 1. Process flow chart of hybrid IC

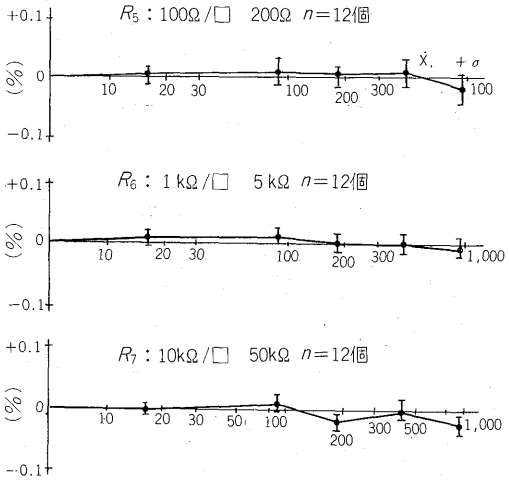


第2図　パワー部断面構造図
Fig. 2. Structure of power section

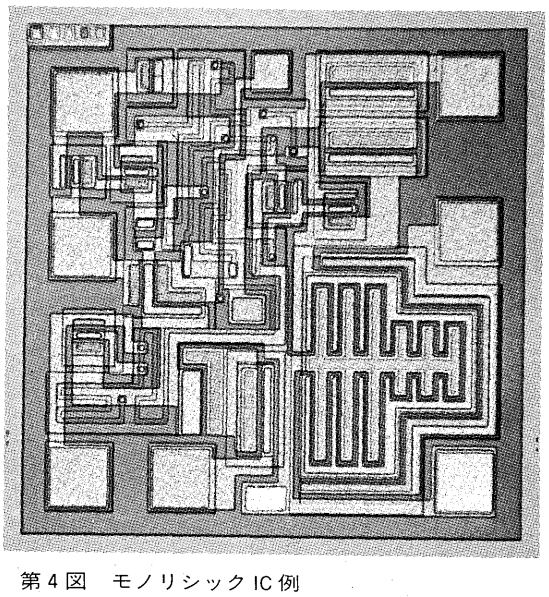
*(株)富士電機総合研究所 半導体研究所　**松本工場 第二製造部

第1表　厚膜抵抗値の初期ばらつきと製造工程における変化
Table 1. Initial standard deviation and drift of resistance of thick film resistor

		R_1	R_2	R_3	R_4
規格値	(X_0)	120kΩ±5%	8.2kΩ±5%	470Ω±5%	110Ω±5%
シート抵抗値		500kΩ	10kΩ	500Ω	100Ω
抵抗寸法	(mm×mm)	0.6×2.1	1.2×1.5	1.2×1.4	6.0×5.4
初期値（トリミング後）	実測抵抗値（$\bar{X}$）n=20個 平均値	119.07kΩ	8.0931kΩ	467.28Ω	110.03Ω
	ばらつき（σ_{n-1}）	0.245kΩ	0.0166kΩ	0.725Ω	0.082Ω
	実測平均値/規格値	−0.78%	−1.30%	−0.58%	+0.03%
160℃，20時間後	実測平均値(平均)	119.27kΩ	8.0889kΩ	467.31Ω	110.07Ω
	ばらつき（σ_{n-1}）	0.285kΩ	0.0157kΩ	0.769Ω	0.0675Ω
	変動率（放置後/初期値）	+0.17%	−0.05%	+0.01%	+0.04%
450℃，1分後の変動率		−0.70%	−0.76%	−0.17%	−0.09%



第3図　厚膜抵抗値の経時変化（ヒートサイクル）
Fig. 3. Resistance drift of thick film resistor due to temperature cycle



第4図　モノリシックIC例
Fig. 4. Example of monolithic IC

モノリシックICは，チップ寸法が1.4 mm×1.4 mmから3.5 mm×3.5 mmまで各種用途に応じて，開発適用している。モノリシックICの一例を第4図に示す。またICは，フライングリード方式とフリップチップ方式を使用している。フライングリードの配線は，数十ミクロン径の金線を最大64本までパターン認識による全自動装置により行っている。

高耐圧用チップコンデンサでは，耐パルスサージの特殊な評価方法を確立し，メーカとの協力により特性の向上を図った。

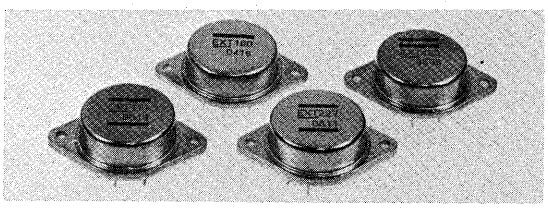
チップコンデンサなどの部品の搭載は，マイクロコンピュータ制御によるロボットの自動搭載を行っており，1台で最高10種類40個の搭載が可能である。また，本ロボットの適用に当たり部品寸法のばらつき，部品吸着ノズルのリフト量，下降スピード，加圧力などの詳細な検討が行われた。

チップコンデンサの取付には，導電性接着剤も使用しており，他の部品取付にはんだを使用しない基板の組立においては，フラックスの洗浄が不要になるなどの利点があり，既に十分な市場実績を得るに至っている。

セラミック基板と金属ベースの間は，エポキシ系接着剤を使用している。

パッケージングは，過酷な環境条件下にて高い信頼性が要求されるものには，金属パッケージング（MD 18相当寸法）（第5図）を使用してきた。しかし，最近の，パッシベーション技術の向上により，樹脂ケース化，樹脂充てん化も行っている。

樹脂充てん形の場合，耐湿特性の面からケースと樹脂間の密着性の良い樹脂の選定が重要である。

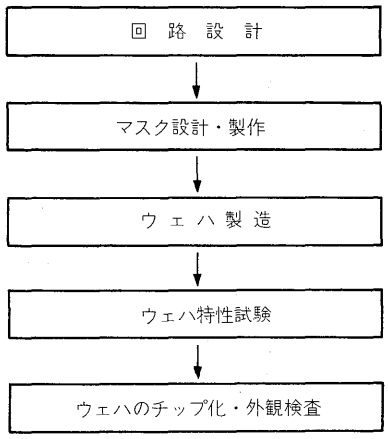


第5図　金属パッケージ
Fig. 5. Hermetically packaged hybrid IC

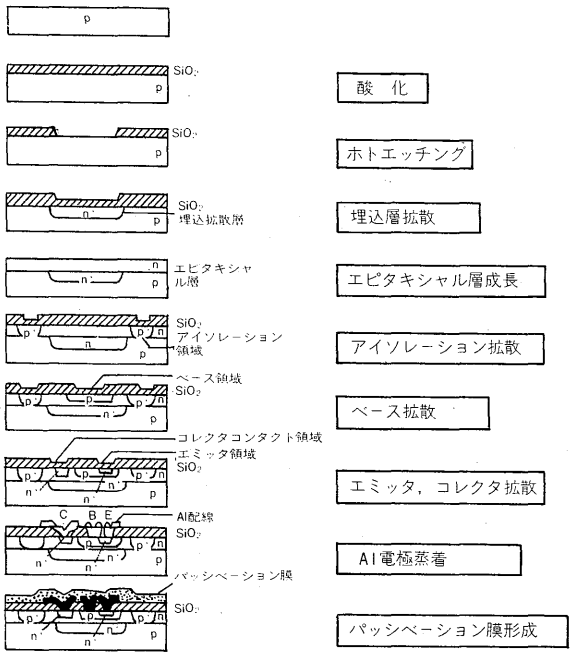
特性試験には，汎用テスタを使用しているが，これは，プログラムの変更により，広範囲の製品を1台の試験装置にて処理するもので，新製品はアプリケーションボードの追加により，評価が可能になる。

III. HyIC用モノリシックIC

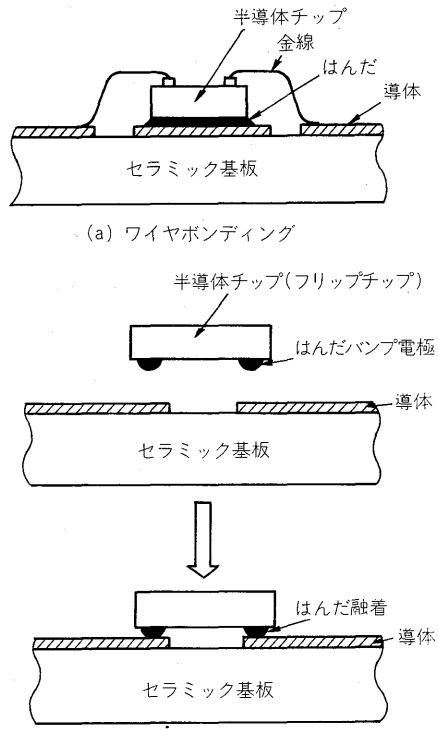
富士電機のHyICに用いているモノリシックICは，バイポーラ・リニア形であり，集積度は回路により異なるが，数十個から数百個のものである。またパワーが必要なIC部分については，電流容量，サージ耐量などの面から，構成素子の形状，接合の設計には十分な検討を行ってきた。



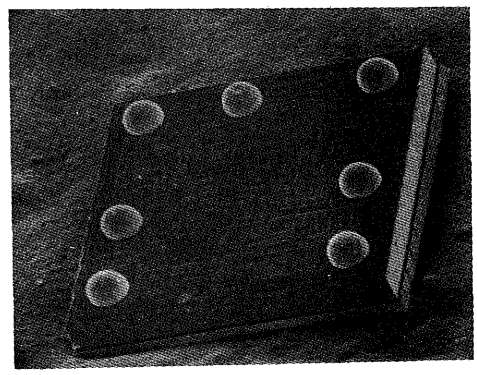
第6図　ICの製作工程
Fig. 6.　IC manufacturing process



第7図　ウェハ製造工程
Fig. 7.　IC wafer manufacturing process



第8図　組立方法
Fig. 8.　Assembly system



第9図　フリップチップ
Fig. 9.　Flip chip

IC製作は，第6図に示す手順で進められる。その中のICウェハは，第7図に示す通常の工程で製造する。

組立方式は，ワイヤボンディング方式とフリップチップ方式の二つを採用している。第8図にはそれぞれの方式を示してあり，第9図はフリップチップ方式のICチップの写真を示した。フリップチップ方式の場合には，バンプ電極形成のため製造工程数が多くなるが，電極数に無関係に一度でボンディングできる利点がある。また，ボンディング強度が強いため，耐振動性で高信頼性を要求されるICにはこの方式を採用している。

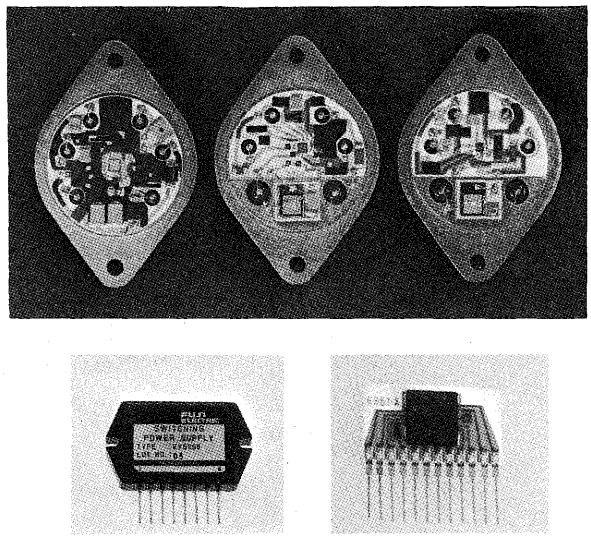
IV.　応用例

富士電機のHyICは，自動車エレクトロニクス機器としてエンジン点火装置に，小形モータ制御機器としてミシンのモータ制御装置に，民生用電子機器としてスイッチング電源装置などに広く応用されている。

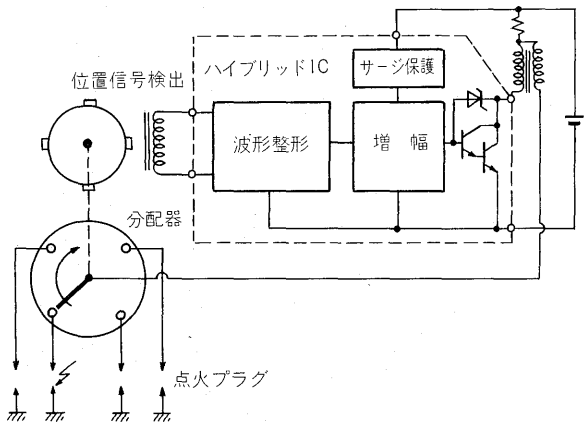
第10図にこれら各種のパワーHyICの写真を示す。

1.　自動車エンジン点火装置用パワーHyIC

点火装置は従来，機械的接点をエンジンに同期させ，点火コイルの一次電流を断続し，二次側に高電圧を発生させ，点火プラグへ導くものであった。最近では機械的接点をなくして，メンテナンスフリー化した無接点点火装置の採用が大幅に増加しつつある[(1),(2)]。第11図に四輪車用点火装置の一例をブロック図に示した。基本的な原理は，エンジンに同期した位置検出信号を制御装置（HyIC）に入れ，制御装置でこの入力信号を波形整形，増幅し，パワートランジスタのオン・オフを制御するようにしたもので，パワートランジスタがオフした瞬間，点火コイルに高圧が発生し，点火プラグに火花が発生する。



第10図　各種のパワーハイブリッドIC
Fig. 10.　Various power hybrid IC



第11図　点火装置のブロック図
Fig. 11.　Block diagram of ignitor

第11図の点線部がHyICである。電気部品として高性能パワーダーリントントランジスタ，制御部の心臓であるリニアモノリシックIC，ツェナダイオードチップ，チップコンデンサ，厚膜抵抗を使用している。このほか，更に高性能点火エネルギーを得るため，多機能化したモノリシックICを搭載したHyICも製品化している。

また，二輪車用点火装置についても制御部は四輪車用と類似しており，二輪車用HyIC系列を製品化している。

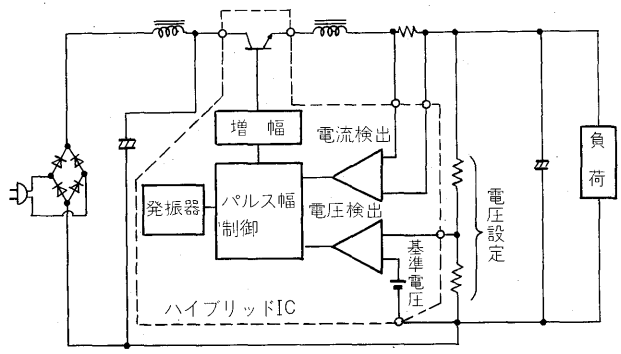
これら自動車用HyICは，電気的使用条件及び環境条件が極めて過酷であり，これらの条件に適合させた高信頼性を確保する必要があるが，富士電機の製品は，これまで市場で十分な実績を得てきている。

2.　スイッチングレギュレータ式電源用HyIC

スイッチングレギュレータ式電源は，小形・軽量，高効率という特徴を生かして，その適用範囲が広がってきた。

最近はマイクロコンピュータ応用，オーディオ用などの民生機器の分野にも使用されはじめており，今後，更に拡大すると予想される。[3]

第12図にスイッチングレギュレータ方式のブロック図を示した。スイッチングレギュレータはオン・オフ動作であり，シリーズレギュレータに比較し，パワートランジスタの発熱が少なく，高効率である。また，スイッチングを20～30 kHz の高周波で行うため，トランス，コンデンサなどの部品が小さくでき，電源装置を小形・軽量化できる特徴がある。



第12図　スイッチングレギュレータのブロック図
Fig. 12.　Block diagram of switching regulator

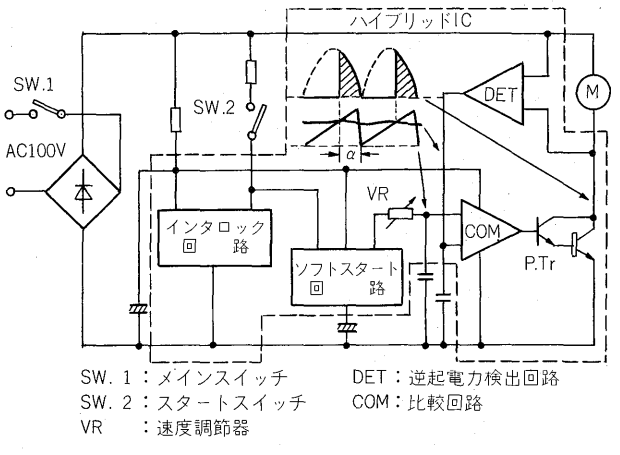
富士電機では，汎用電源用スイッチングレギュレータ及びDC-DCコンバータスイッチング電源などの製品化を進めている。本HyICの部品には，高信頼性のパワートランジスタモノリシックIC及び受動部品を使用し，電源装置全体にマッチした小形・軽量のHyICとしている。

3.　モータ制御用パワーHyIC

モータ制御には種々の用途があるが，ここではミシンモータ制御用HyICを紹介する。

第13図にミシン制御のブロック図を示す。

主機能である速度制御の動作原理は，モータの逆起電



第13図　ミシン用モータ制御のブロック図
Fig. 13.　Block diagram of motor control for sewing machine

力を検出して，得られた基準電圧とのこぎり波とを比較する位相制御である。

このHyICは次の機能の特徴を持っている。

(1) 広い速度調節範囲
(2) 超低速における強いトルクと安定な回転
(3) ソフトスタートが可能であり，安全な操作特性
(4) インタロック機能による安全性の向上

これらの制御機能は1チップのモノリシックICで達成しており，第13図のブロックで示したとおり，極めて少ない外付け部品で構成している。

V. あとがき

以上，富士電機のHyICについて，製造方法及び応用例について述べた。HyICは小形・軽量が大きな特徴である。各種装置の小形化，軽量化は，直接あるいは間接的に省エネルギー化を実現するものであり，HyICはこれらの応用にも適している。そして，電子回路がIC化されてゆく中で，HyICも着実に伸びており，エレクトロニクス分野の進展に寄与するものと期待している。

参考文献

(1) 松永ほか：特集／フルトラ点火装置の最新実用知識，自動車工学 **28**，No. 2（昭54）
(2) 須田・御法川：ICイグナイタ，電子材料 **18**，No. 5（昭54）
(3) 杉原：電源回路の主役に成長したスイッチング・レギュレータ，日経エレクトロニクス No. 233（昭55）

最近公告になった富士出願

〔特　許〕

公告番号	名称	発明者
特公昭55-31517	自動販売機の制御装置	桑木　政美 川崎　治夫 指川　好宏
特公昭55-31518	紙幣収納装置	武内　幹雄 植原　重克
特公昭55-31684	ガス絶縁開閉設備のケーブル接続装置	丸田　一臣
特公昭55-31685	油入電気機器とガス入電気機器とを接続する装置	小野　春雄
特公昭55-32277	遠方監視制御装置	篠原　啓五
特公昭55-32435	生ゴミ処理設備の洗浄方式	佐々木洋一郎 松井　明 加賀　良博
特公昭55-32607	搬送ラインの監視制御方式	加登　久 加藤　勝
特公昭55-32907	ペルトン水車の水流量調節装置	川島　正巳
特公昭55-33248	全装可搬型電気装置	野々村　猛 金子　英男
特公昭55-33664	導電性特体の電磁的移送装置	保持龍太郎
特公昭55-34100	原料供給装置の制御装置	伏見　健
特公昭55-34460	多重化制御装置	柿間　克彦
特公昭55-35647	渦流量計	宮下　典夫
特公昭55-35745	調節器の帰還定数切換回路	上杉　典久 石田　紘一
特公昭55-36102	光学的分析計	渡辺　敦夫 石沢　秀宣

〔実用新案〕

公告番号	名称	考案者
実公昭55-35709	電磁接触器	伊藤　昭吉
実公昭55-35786	エレファント変圧器のエレファントケース内におけるリード接続構造	小野　春雄
実公昭55-35787	エレファント変圧器のエレファントケース内におけるリード接続構造	小野　春雄
実公昭55-35920	3相誘導電動機の速度制御装置	室谷　邦光
実公昭55-36781	エアデフロスト式オープンショーケース	中島　和平
実公昭55-37208	生ゴミ処理システムにおける調整タンクのオーバーフローフィルタ	加賀　良博
実公昭55-37681	圧力容器の十文字接合部におけるシール構造	立野　政義
実公昭55-37682	十文字接合部を有するタービンケーシング	立野　政義
実公昭55-38167	制御箱	大久保　温
実公昭55-39509	自動販売機における横搬送式搬出機構部	穂刈　教生 中村　繁光
実公昭55-39510	自動販売機における屋根形パック商品の搬出姿勢制御ガイド	上田　治幸 中村　繁光
実公昭55-39512	自動販売機	中村　繁光
実公昭55-39513	自動販売機	穂刈　教生 村田　信行

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。