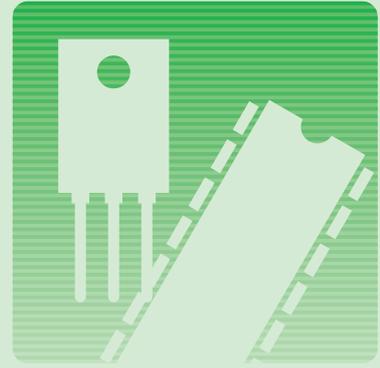


# 電子デバイス

半導体  
ディスク媒体



## 展望

### 半導体

世界的な人口増加や経済成長により、エネルギー需要は拡大を続けている。CO<sub>2</sub> 排出抑制による地球温暖化対策や、安全・安心で持続可能な社会を実現するために、電気エネルギーを効率的に利用し、省エネルギー・創エネルギーに貢献できるパワーエレクトロニクス技術への期待が高まっている。近年、産業機器や家電製品だけでなく、自動車、太陽光発電、風力発電などの幅広い分野で電力変換素子のキーデバイスとして、パワー半導体の需要が拡大している。富士電機は、パワー半導体の代表的な素子として使われている IGBT を 1988 年に製品化し、その後多くの技術革新とともに、さらなる高効率化、小型化、高信頼性化といった市場ニーズに応える製品を実現してきた。

最新の第 7 世代 IGBT モジュール「X シリーズ」は、第 7 世代チップ技術やパッケージ技術を適用し、650 ~ 1,700 V 耐圧の幅広い製品を系列化した。従来品に比べて高信頼性を確保しつつ、さらなる低損失化と小型化を実現した。また、エアコンや産業用インバータ、サーボ用途向けに、駆動 IC と保護機能を内蔵した X シリーズ IPM の系列拡大を進めている。近年開発した RC-IGBT（逆導通 IGBT）では、IGBT チップと FWD チップの一体化を実現し、さらなる高密度化が期待できる。富士電機は、第 7 世代チップとパッケージ技術を用いた X シリーズの技術と RC-IGBT 技術を組み合わせた産業用 RC-IGBT モジュールを開発し、高効率・高信頼性化とともにさらなる小型化を実現した。さらに、近年 Si（シリコン）に代わる次世代半導体材料として注目されている SiC（炭化けい素）を使った製品の開発を進めている。これまで使っていた Si 製 FWD に代わり低損失の SiC-SBD を、Si 製 IGBT と組み合わせたハイブリッドモジュールを開発した。また、さらなる高効率化、小型化、高信頼性化を実現するため、SiC トレンチ MOSFET チップを開発し、1,200 ~ 3,300 V 耐圧の All-SiC モジュールを開発している。

電装分野では、高精度電流検出アンブ搭載ワンチップリニア制御用 IPS の新製品を開発した。既存品に新規回路を適用することでチップを小型化した。また、高温での圧

力の出力電圧精度を改善し、パッケージを小型化した第 6.5 世代過給圧センサを開発した。燃費改善、排出ガス規制強化を背景に、ダウンサイジングターボ車などの高温環境での過給圧測定に用いられ、環境性能の向上に貢献する。さらに、HEV、EV などのモータ駆動に用いられる車載用 IGBT では、前述の RC-IGBT と富士電機独自の密閉型アルミニウム冷却器を用いた小型・軽量モジュールの製品系列化を進めている。また、DC/DC コンバータの小型・軽量化に貢献する MOSFET およびダイオードモジュールを開発した。

ディスクリット製品では、UPS や PCS 用機器の効率化・小型化の要望に応えるため、新たにディスクリット IGBT「XS シリーズ」の 650 V 耐圧製品の系列化を行った。本製品は、オン電圧とスイッチング損失の両方を低減し、高速スイッチングにも対応している。さらに、650 V 耐圧に続き 1,200 V 耐圧の製品も開発を進めている。また、IC 製品では、電源回路の軽負荷時の効率向上、低待機電力化およびシステムコストダウンという市場要求に応じて、臨界モード PFC 制御 IC と LLC 電流共振制御 IC を製品化してきた。現在、新たに出力電圧リップルの抑制と軽負荷の効率を改善する制御を内蔵し、部品点数の削減が可能な臨界モード PFC 制御 IC「FA1B00N シリーズ」と LLC 電流共振制御 IC「FA6C00N シリーズ」の開発を進めている。これからも、地球にやさしいパワー半導体製品を開発し、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献していく。

### ディスク媒体

IoT や M2M の発展に伴い、全世界で生み出されるデータ量は年率約 30% の急激な増大を続けている。その結果、膨大な量のデータストレージ需要が生まれ、データセンター向けニアライン HDD がこの需要の大部分を担うことが期待されている。富士電機は、ニアライン HDD 向け 3.5 インチ磁気記録媒体の量産を本格化している。今後も、旺盛な市場要求に応えるため、高容量と高信頼性を併せ持つ磁気記録媒体を開発し提供することで、高度情報化社会のさらなる発展に貢献していく。

## 半導体

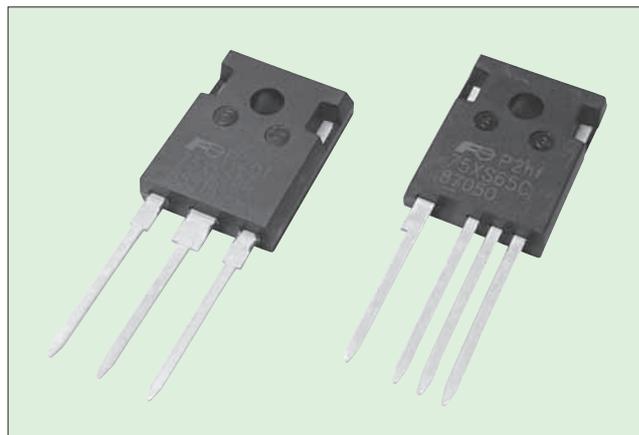
## ① ディスクリート IGBT 「XS シリーズ」

近年、UPS や PCS では、機器の高効率化・小型化への要求が強い。これらの機器の高効率化・小型化を実現する 650 V のディスクリート IGBT 「XS シリーズ」を開発した。従来の「High-Speed W シリーズ」と比較して、オン電圧とスイッチング損失の両方を低減し、トレードオフ特性を改善させた。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 低オン電圧 ( $T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$ , 従来比 0.45 V 減)
- (2) 低スイッチング損失 ( $T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$ , 従来比 10% 減)
- (3) 定格電圧・電流: 650 V/30 A, 40 A, 50 A, 75 A
- (4) 外形 (パッケージ): TO-247, TO-247-4

● 関連論文: 富士電機技報 2018, vol.91, no.4, p.236

図1 「XS シリーズ」

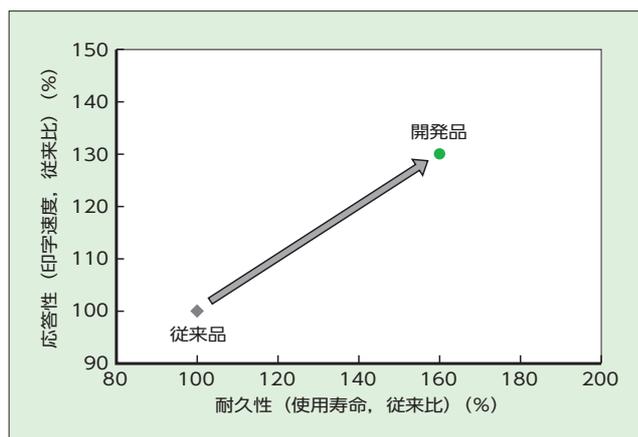


## ② 正帯電型有機感光体の応答性と耐久性の向上

電子写真プリンタや複写機では、高速化や長寿命化が進んでいる。これらに搭載される感光体は、画像品質を担う主要コンポーネントであり、高応答性と高耐久性が要求される。しかし、一般に電荷輸送材の比率を増やして高応答性に対応すると樹脂比率が相対的に減るため耐久性が下がってしまい高速印字と長期間の使用を両立することは難しい。

富士電機は、正帯電型有機感光体で使用する電荷輸送材の移動度と樹脂の靱性 (じんせい) に着目し、高い輸送性能を発揮する高移動度電荷輸送材と低摩擦性能を持つ高靱性樹脂を新たに開発し、これらの材料を併用して比率を最適化した。その結果、感光体の応答性を 30%、耐久性を 60% 同時に向上した。

図2 高移動度電荷輸送材と高靱性樹脂の併用による性能向上

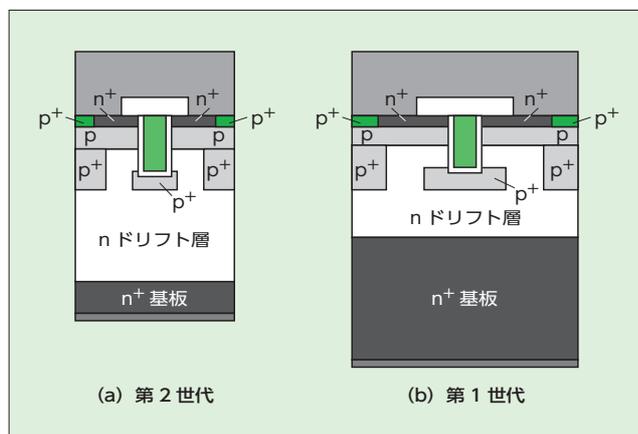


## ③ 第2世代 SiC トレンチゲート MOSFET

富士電機は、動作時のオン抵抗を従来より低減した第2世代 SiC トレンチゲート MOSFET を開発した。定格 1,200 V の SiC トレンチゲート MOSFET は、第1世代品に対し、セルピッチを約 2/3 まで微細化し、SiC 基板の厚さを約 1/4 まで薄くした。これにより、単位面積当たりのオン抵抗を約 23% 低減した。また、SiC 基板とプロセスにおいて独自の技術を用いることで、課題であった SiC-MOSFET のボディダイオードの通電によるオン抵抗上昇を防ぐことができた。

2019年度は、定格 650 V と 1,700 V の第2世代 SiC トレンチゲート MOSFET の開発を計画している。

図3 SiC トレンチゲート MOSFET の断面構造



## 半導体

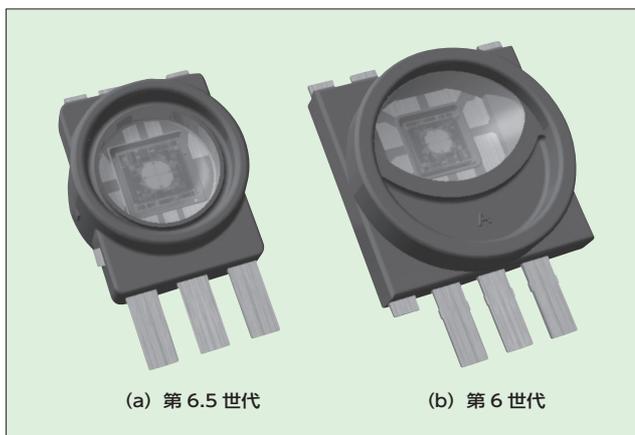
## ④ 第 6.5 世代車載用過給圧センサ

近年、自動車に強く求められる環境負荷低減に対応するため、排出ガスのクリーン化や燃費向上する高精度なエンジン制御が求められている。エンジン制御に必要な圧力センサの搭載環境は過酷になっている。

ターボチャージャーやスーパーチャージャーの過給圧を測定する第 6.5 世代車載用過給圧センサは、測定媒体に対する耐腐食性能や耐帯電性能、150℃での動作保証など、過酷な搭載環境に対応している。

- (1) 製品寸法（樹脂部）：W7.5×D5.6×H10.0（mm）
- (2) 使用温度範囲：-40～+150℃
- (3) 使用圧力（過給圧）/出力電圧：10～400 kPa/0.5～4.5 V
- (4) 耐腐食性能：JASO M611-92/B 法 準拠

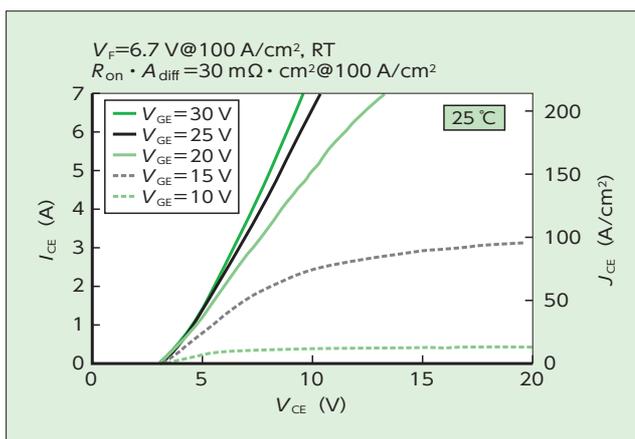
図 4 車載用過給圧センサ



## ⑤ 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）における SiC-IGBT の開発

富士電機は、2014 年度から国家プロジェクトである戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）に参画し、国立研究開発法人 産業技術総合研究所や他の参画企業と 20 kV 耐圧 SiC-IGBT を共同開発してきた。ワイドバンドギャップ半導体である SiC を用いた IGBT はバイポーラデバイスであり、現在上市されている MOSFET と比べて超高耐圧領域で低いオン抵抗が可能である。13 kV 超耐圧の SiC-IGBT は、高圧電力変換装置や送電配電系統機器の部品点数の削減、小型化、高効率化を実現すると期待されている。2018 年度の成果として、耐圧 24 kV および特性微分オン抵抗  $30 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$  の世界最高レベルの性能を実現した。10 kV スイッチング試験を実施し、総合損失において目標である Si デバイス損失の 50% 以下を達成した。

図 5 SiC-IGBT の性能特性

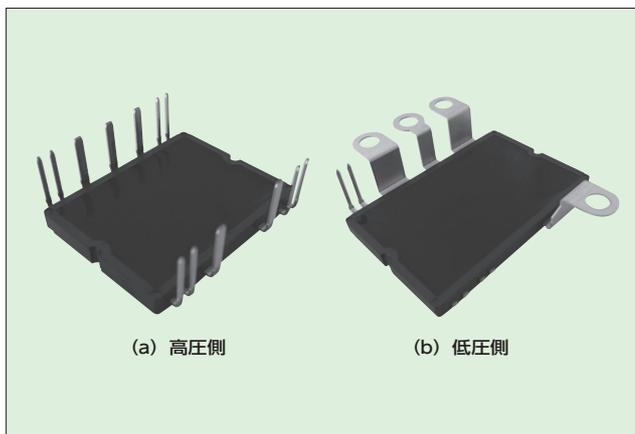


## ⑥ xEV 向け DC/DC コンバータ用モジュール

近年、安全性や利便性、快適性を向上する電装品の占有率が増加しているため、電力変換回路の小型化が強く要求されている。富士電機は、電動車（xEV）向け DC/DC コンバータ用モジュールを製品化した。従来はディスクリット製品で行っていた回路構成のモジュール化を行うとともに、産業用小容量モジュールで培った技術を応用し、DC/DC コンバータの大幅な小型化に貢献し、従来比 40% 減も可能である。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高圧側：600 V/15 A（Super J MOS 内蔵）
- (2) 低圧側：120 V/120 A, 150 A（SBD 内蔵）
- (3) 回路構成：位相シフトフルブリッジコンバータ
- (4) 定格出力：約 1.9 kW（低圧側 120 A 仕様）、約 2.3 kW（低圧側 150 A 仕様）

図 6 xEV 向け DC/DC コンバータ用モジュール



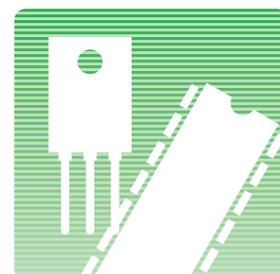
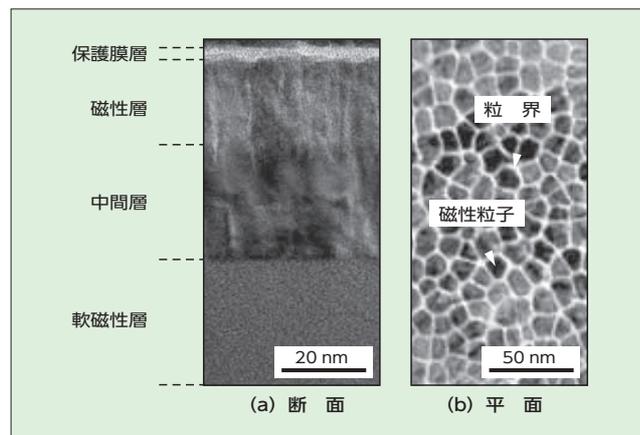
## ディスク媒体

### ① データセンター HDD 向け磁気記録媒体

データストレージ量が拡大する中で、その大部分（約 75%）を引き続きハードディスクドライブ（HDD）が担うと予想されている。そのため、さらなる HDD の高記録密度化が求められている。

富士電機は、データセンター HDD 向け 1.33 TB/ 枚（0.84 Tbits/in<sup>2</sup>）の 3.5 インチ磁気記録媒体を量産している。この技術を基にして、多層磁性層構成の最適化により記録容易性を改善した。また、磁性粒子の微細化と孤立化を進めることで粒間相互作用を低減し、ノイズ特性を改善した。これらの技術を用いた 1.75 TB/ 枚（1.12 Tbits/in<sup>2</sup>）の磁気記録媒体を開発し量産を開始した。2019 年度は、高記録密度化の技術開発を継続し、超情報化社会の発展に貢献していく。

図7 磁気記録媒体 TEM 像





\*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。