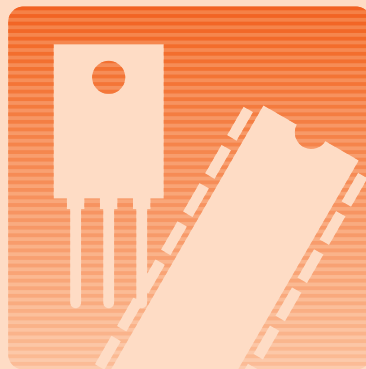


電子デバイス

パワー半導体
感光体
ディスク媒体



展 望

パワー半導体

地球温暖化を防止し、環境との調和を図り、安全・安心で持続可能な社会を実現する上で、再生可能エネルギーの普及“創エネルギー”と、その効率的な利用“省エネルギー”を支えるパワーエレクトロニクス技術への世の中の期待は非常に大きい。このような中、富士電機では、エネルギー変換効率が高く、低ノイズで地球環境にやさしいパワー半導体製品を開発している。パワー半導体は、環境・エネルギー分野の製品や、産業機械、自動車、家電製品に適用され、世の中に貢献している。

環境・エネルギー分野では、太陽光発電用パワーコンディショナ（PCS：Power Conditioning Sub-system）向けに3レベル電力変換回路用IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）モジュールの系列を拡大した。より高い電力変換効率を追求し、近年の入力電圧の高電圧化に対応するために、中間双方向スイッチに富士電機独自の900V耐圧のRB（Reverse-Blocking）-IGBTを適用したAT-NPC（Advanced T-type Neutral-Point-Clamped）回路を搭載したIGBTモジュールである。

産業機械分野では、NC、サーボ、スピンドルなどの工作機械向けに最新の「Vシリーズ」IGBTの技術を適用したIPM（Intelligent Power Module）製品の系列を拡大した。さらに、容量22kW以下のモータドライブ用途に“MiniSKiiP”を製品化した。これは、装置のさらなる小型化に貢献できる。また、溶接機や無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）の小型化に貢献する1,200V高速ディスクリットIGBT「High Speed Wシリーズ」を開発した。従来よりも高速スイッチングを可能とし、溶接機やUPSの小型化に貢献できる。

自動車分野では、高出力モータの制御などに使用する大電流IPS（Intelligent Power Switch）の系列を拡大した。従来製品と比較して、同一パッケージでオン抵抗を37.5%低減させ、かつエネルギー耐量保証は従来製品と同等レベルを実現した。また、第6世代圧力センサに相対圧センサの系列を追加した。100kPaレンジの相対圧力を±1kPaの精度で測定が可能であり、アイドリングストップ時のブ

レーキ倍力装置の内圧監視に用いられ、燃費改善と排出ガスの低減に貢献している。さらに、ハイブリッド自動車、電気自動車などのモータ駆動に用いられる車載IGBTの分野では、富士電機独自の直接水冷構造と逆導通型のRC-IGBTチップを用いた製品の系列化を進めている。

家電製品などの電源分野では、ノートPC、プリンタや比較的小型のTV向けに第6世代PWM制御ICの製品系列を拡充した。従来のスイッチング周波数65kHzに加えて100kHzまでの高周波動作に対応させることで、トランスなどの部品の小型化を可能としたほか、電源の多様な仕様に対応可能なラインアップをそろえている。

今後も、地球環境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を目指していく。

感光体

感光体市場は、中国メーカーの伸長に伴って価格重視と品質重視の2極化が進んでいる。富士電機は、装置の高速・長寿命化に対応した感光体の高性能化を進めている。

2014年度には、新たな層設計技術の適用により印字品質を高めた正帯電型有機感光体と、保管安定性および耐摩耗性に優れた材料の適用により耐久性を2倍に高めた高耐久型有機感光体とを開発・量産化した。今後も、顧客ニーズに応えた感光体の提供を通じて、オフィス環境の省エネルギー、コスト削減、業務効率向上に貢献していく。

ディスク媒体

ハードディスクドライブ（HDD）向け垂直磁気記録媒体は、ビッグデータ解析やクラウドコンピューティングの普及に伴い、一層の大容量化と低コスト化が求められている。

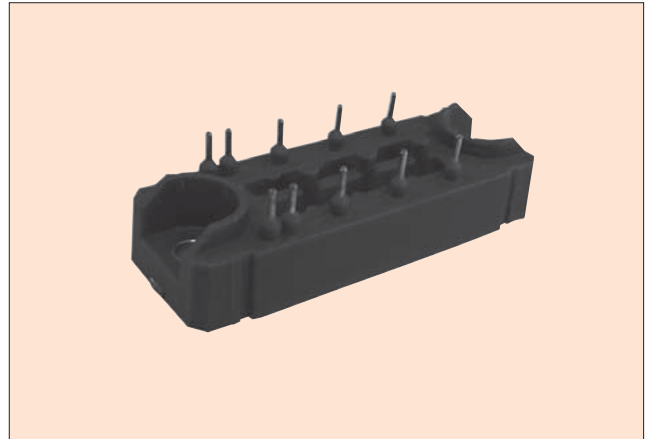
富士電機は2014年度に、1枚当たりの記録容量が1TBの3.5インチアルミニウム基板媒体の特性改善品と、同500GBの2.5インチアルミニウム基板媒体の新製品とを開発・量産化し、低コスト化と顧客の製造良品率の改善に貢献した。今後も、IT社会の発展に貢献するため、新技術である瓦書き記録（SMR：Shingled Magnetic Recording）方式に適した大容量媒体の開発を推進していく。

パワー半導体

① 新型パッケージを用いた産業用 RC-IGBT モジュール技術

近年、急速に市場を拡大している産業用 IGBT モジュール向けに、IGBT とダイオードを一体化した RC-IGBT（逆導通 IGBT）を開発し、高放熱と高信頼性を両立した新型パッケージと組み合わせることで、IGBT モジュールの大幅な小型化とパワー密度の向上を達成した。RC-IGBT は、従来の IGBT やダイオードと同等の低損失化を実現し、1,200 V 100 A 定格においてチップ面積の 27% 低減を達成した。さらに、RC-IGBT と新型パッケージを組み合わせることで、従来の 2 in 1 モジュールに対し 42% の設置面積で、同等のインバータ損失と大幅な IGBT チップ温度の低減を可能とした。同じ IGBT チップ温度で比較した場合は、58% 大きい出力電流で動作が可能である。これにより、電力変換装置の小型化とコストダウンに貢献できる。

図1 新型パッケージの RC-IGBT モジュール



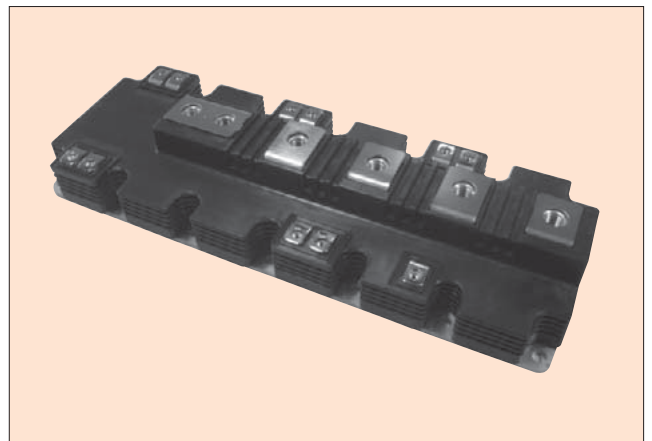
② 大容量 3 レベル用 IGBT モジュール

富士電機は、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー分野に適用される大容量 3 レベル用 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの開発に注力しており、市場から高い評価を得ている。

大容量 3 レベル用 IGBT モジュールは、3 レベル電力変換回路を 1 パッケージにして大容量化したモジュールであり、定格は 1,200 V/450 A, 600 A, 900 A である。電力変換効率の向上と装置の小型化を実現し、並列接続による装置の大容量化も容易である。さらに、将来の太陽光発電の高電圧化に備え、DC1,500 V に対応できる I-type モジュール (1,200 V/600 A) を製品化する。主な特徴を次に示す。

- (1) T-type : RB-IGBT を適用して高効率化を実現
- (2) I-type : T-type と端子互換性があり置換えが容易

図2 T-type と I-type 共通の大容量 3 レベル用モジュール

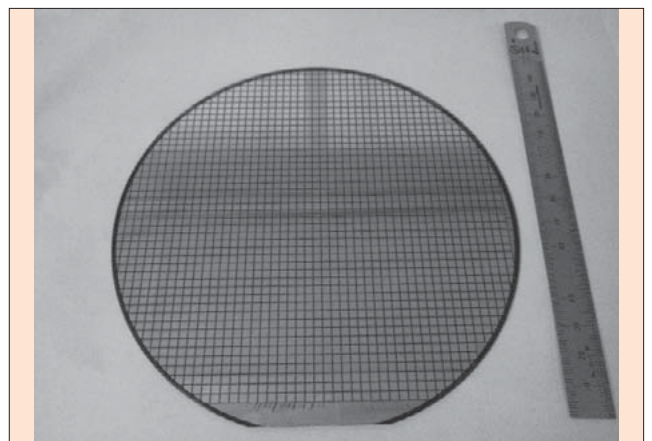


③ 6 インチ SiC-MOSFET

富士電機では、6 インチ SiC（炭化けい素）基板を用いた SiC-MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) の開発を進めている。SiC-MOSFET は、従来の Si デバイスと比較して SiC 基板上に形成するゲート酸化膜に電子や正孔をトラップする準位が多く、MOSFET をオンさせるゲート電圧（しきい値）が時間とともに変動する課題があった。ゲート酸化膜の製造条件を工夫することで、しきい値安定性に優れた SiC-MOSFET の開発に成功した。

引き続き、1,200 V 定格 SiC-MOSFET と SiC-SBD (Schottky Barrier Diode) とを搭載した All-SiC モジュールの開発を進めている。また、1,700 V 定格、3,300 V 定格までの高耐圧 SiC-MOSFET の開発を計画している。

図3 6 インチ SiC ウェーハ



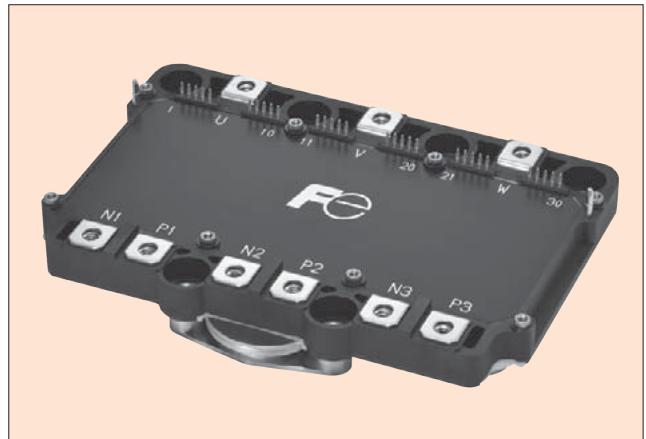
パワー半導体

④ 電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュール

近年、電気自動車はハイパワー化が進み、パワーモジュールにも大容量化が求められている。電気自動車・ハイブリッド車用大容量車載標準モジュールを開発した。

本製品は、モータ駆動用インバータ回路を内蔵したパワーモジュールであり、汎用モジュールとしては最大級の750V/800Aクラスのものジュールである。デバイスは第7世代チップ技術を応用したRC-IGBT（逆導通IGBT）を採用している。これは、IGBTとFWD（Free Wheeling Diode）を同一チップ上に形成したデバイスであり、モジュールの小型化に貢献している。また、冷却器はアルミニウム製のウォータージャケットを採用しており、富士電機の従来型アルミニウムヒートシンクに対し、約40%の冷却性能の向上を実現している。

図4 大容量車載標準モジュール



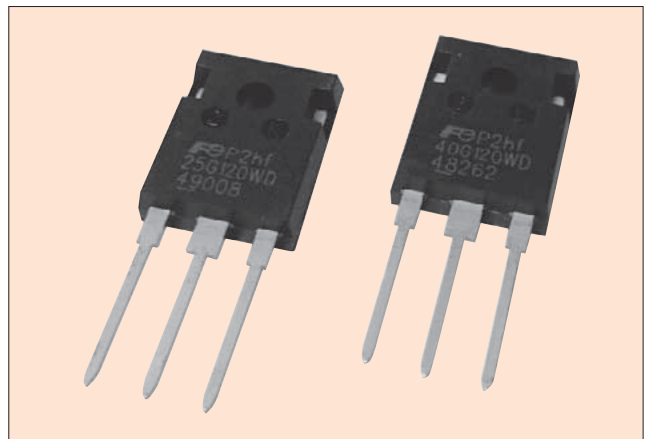
⑤ 1,200V高速ディスクリートIGBT「High-Speed Wシリーズ」

近年、溶接機や無停電電源装置（UPS）では、機器の小型化のための高周波化や高効率化への要求が強い。これらの機器向けに、1,200V高速ディスクリートIGBT「High-Speed Wシリーズ」を開発した。

従来の「High-Speed Vシリーズ」を高周波用途向けに最適化し、スイッチング損失を大幅に低減させた。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 高周波駆動（20～100kHz）
- (2) ターンオフ損失約40%低減（従来比）
- (3) 定格電圧・電流：1,200V/25A, 40A
- (4) $T_{jmax}=175^{\circ}C$ 保証
- (5) 外形：TO-247（オール鉛フリー）

図5 「High-Speed Wシリーズ」



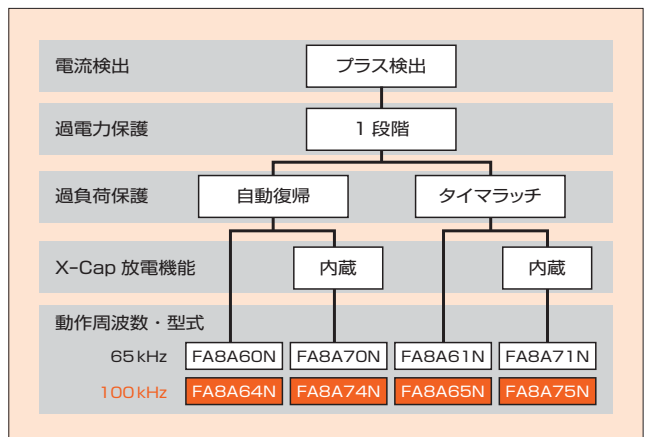
⑥ 第6世代PWM制御ICの系列拡充

近年、家電製品やサーバなどの電子機器は、常時稼働システムが増え、待機電力の削減要求がますます強まっている。富士電機は、状態設定機能や各種保護機能が充実した第6世代PWM制御IC「FA8A60シリーズ」を製品化しているが、さらに小型化のニーズが高まってきている。

このようなニーズに応えるため、電源体積の主要素の一つであるトランスの小型化を狙い、動作周波数を65kHzから100kHzに変更した「FA8A64シリーズ」を開発し、製品系列に追加した。

FA8A60シリーズと、端子、機能、特性に互換性があり、従来電源の設計資産を用いることができ、新規の電源設計要素の簡略化を図ることが可能である。

図6 第6世代PWM制御ICの系列表



パワー半導体

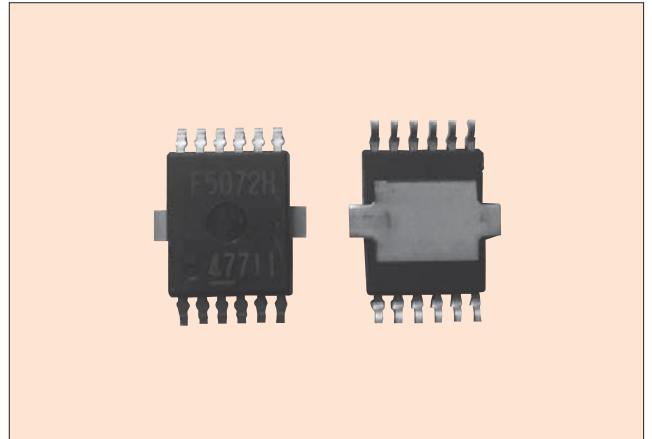
7 自動車用大電流 IPS

自動車電装分野では、システムの小型化、高信頼性化、高機能化の要求が高まっている。これらの要求に応えるため、高出力モータの制御などに使用する大電流 IPS (Intelligent Power Switch) を開発した。

この IPS は、トレンチ構造を用いたパワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) と制御部 IC とをチップオンチップ構造とすることで、小型パッケージで低オン抵抗 (最大 5mΩ) を実現している。高い信頼性を実現するために、過電流・過熱検出、低電圧検出などの保護機能を搭載した。また、放熱性の良いパッケージを採用し、並列接続時のエネルギー分担バランスの良い構成とすることで、低オン抵抗化による電流量の増加から生じる温度上昇に対処している。

関連論文: 富士電機技報 2014, vol.87, no.4, p.273

図7 自動車用大電流 IPS



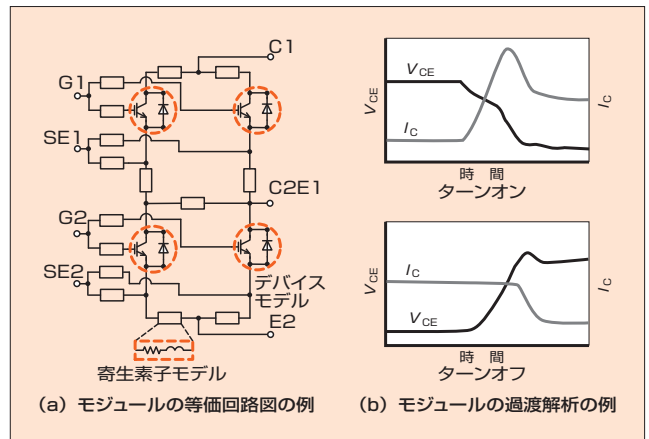
8 パワー半導体のシミュレーション技術

パワー半導体への低損失・大容量化などの要求が高まる中、シミュレーション技術の重要性が増している。

富士電機では、デバイス設計やパッケージ設計におけるシミュレーション技術の開発とともに、SiCをはじめとするデバイスの高速化や並列化によって複雑化するモジュール全体の挙動を解析するためのシミュレーション技術の開発に取り組んでいる。図に示すパッケージ構造に内在する寄生素子のモデルと、デバイスモデルとを組み合わせたモジュールの等価回路を用いて過渡解析を行い、モジュールのスイッチング動作を確認している。さらに、低ノイズ化に向けた電磁界解析技術の開発にも取り組んでいる。

これらのシミュレーション技術が、富士電機のパワー半導体の高機能化や高品質化を支えている。

図8 モジュールのスイッチング特性のシミュレーション例

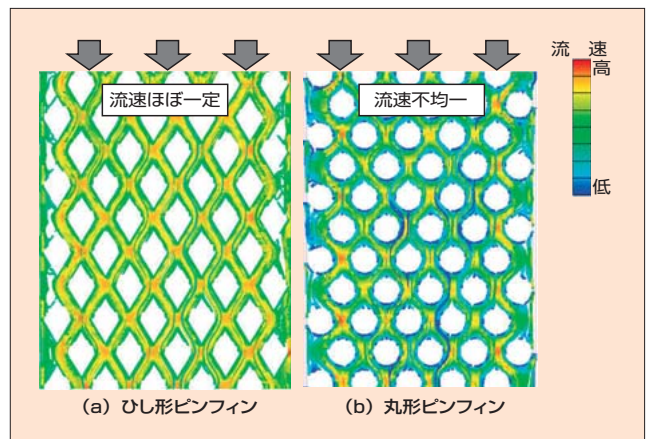


9 次世代パワー半導体向け流体シミュレーション技術

電力変換装置やモータ制御装置などに用いるパワー半導体モジュールは、近年、冷却システムの高効率化を目的に水冷化の検討が進められている。

冷却器の冷却性解析には、熱流体シミュレーションを用いる。冷却器内に流れる冷媒流速の解析や冷媒の圧力損失の解析を一貫して行う、流体シミュレーション技術を開発した。図に、冷却器の冷媒流れを解析した結果を示す。このシミュレーション技術により、短時間で冷媒流速や圧力損失の最適化が可能になった。さらに、顧客ごとに異なる冷却システムに対して、ポンプ性能を踏まえたシステム全体の設計を行うことで、効率向上を図っている。その結果、空冷に比べて約3倍の損失(熱)を冷却できる冷却器の作製が可能になった。

図9 冷却器の冷媒流速解析結果



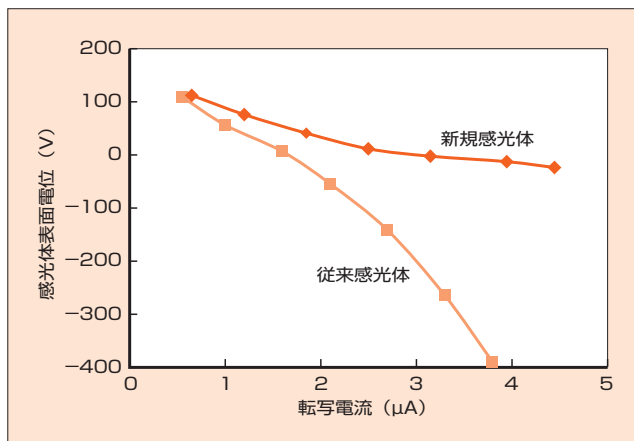
感光体

① 高品質正帯電型有機感光体

電子写真プリンタおよび複写機は、高速化・高画質化が進んでいる。これらに搭載される感光体は、画像品質を担う重要なコンポーネントであり、各種周辺プロセスからのストレスに対して影響を受けない高安定性が求められている。特に正帯電方式における転写プロセスでは、負極性バイアスを印加することにより、感光体表面に付着したトナーを紙に転写させ画像を形成する。このとき印加バイアスが高いと、感光体表面のトナーの有無による履歴が異なり、画質が低下することが知られている。

富士電機は、新たに転写プロセスにおける電子注入を制御する層設計技術を確立した。この技術の適用により、転写後の感光体表面が負極性に帯電することを抑制し、安定した画像品質が得られる感光体を開発した。

図10 正帯電型有機感光体の転写特性

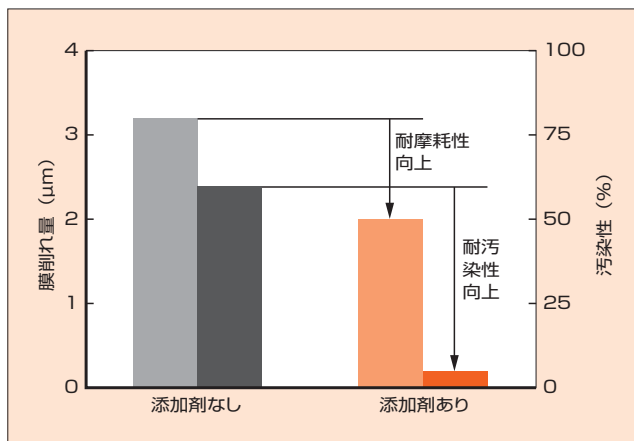


② 高耐久型有機感光体

近年、複写機、プリンタ、ファクシミリなどの画像形成装置は、小型化、高速化および長寿命化が進んでいる。一方、感光体と接触する帯電ローラや転写ローラなどの周辺部材は、多岐にわたる製品が展開されており、感光体表面には、各種周辺部材からの溶出成分に対する耐久性も求められている。

富士電機は、表面の感光層に形成される空隙に対して適切な大きさの添加剤分子を設計し、空隙に添加剤を充填することで、より強固な膜を形成することを可能にした。かつ、周辺部材から浸み出す成分が感光体表面に浸入することを抑制することで、耐汚染性を改善するとともに耐摩耗性を向上させ、繰り返し使用時および使用環境条件の変化時に電気特性が安定した高耐久型有機感光体を実現した。

図11 添加剤による耐久性の向上



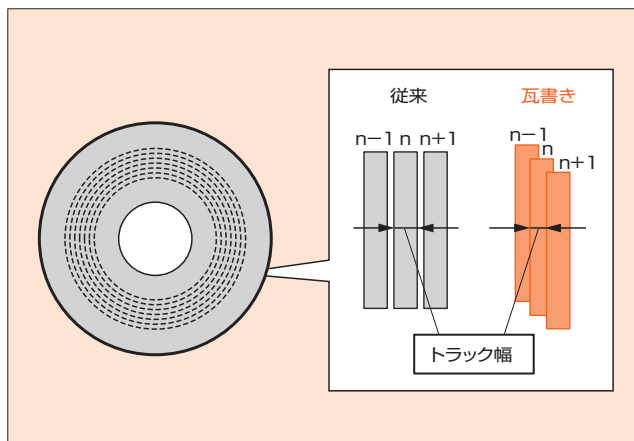
ディスク媒体

① 瓦書き記録 (SMR) 用垂直磁気記録媒体

HDDのさらなる高記録容量化に向け、新たな磁気記録方式である瓦書き記録 (SMR) の採用が始まろうとしている。SMRでは、従来一定の間隔で並んでいたデータトラックを瓦のように重ねて記録し、実効的なトラック幅が狭まることで、記録密度が向上する。

富士電機は、SMRに対応した垂直磁気記録媒体の技術開発を進めている。磁性層の多層化などの工夫により、記録容易性を維持しつつ、データトラック間の相互磁気干渉を抑制した。さらに、カーボン保護膜、潤滑剤の最適化により、耐久性を損なうことなくヘッド低浮上化を達成し、記録・再生能を改善した。当該技術は2016年度に製品化するHDD向け媒体 (記録密度 1,500 Gbits/in²、2.5 インチ媒体で 1 TB/枚) に適用する予定である。

図12 瓦書き記録におけるデータトラック記録方法の模式図





*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。