

情報機器コンポーネント



磁気ディスク媒体
感光体

展 望

磁気ディスク媒体

ハードディスクドライブ（HDD）は、垂直磁気記録方式が登場して以来、再び記録密度の伸びが勢いを増し、年率40%で伸び続けている。このままの伸び率を継続すると2010年には3.5インチHDDでは1枚で1テラバイト（TB）を超える記憶容量が実現されることになる。

HDD市場の2008年の出荷台数は対前年十数%の伸びを確保した。しかし、2008年、後半顕著になった世界同時景気後退の波を受け、出荷台数は年初の市場見通しを下回るものとなった。中長期的には社会が記憶しておく情報量は増加の一途を辿（たど）り、その主要な記憶容量はビットコストの安いHDDが占めるという構図に変化はない。

垂直磁気記録方式も製品化から約3年を経過し、今以上の高記録密度化には技術のブレークスルーが必要となってきた。富士電機では2008年、業界に先駆けてECC（Exchange-Coupled Composite）媒体でブレークスルーを果たして製品化し、7月から出荷を開始した。このECC媒体は、従来の三層磁性層の垂直磁気記録媒体に新しいコンセプトの改良を加え、磁性層の結晶粒径の微細化（高記録密度化）を図りつつ、従来トレードオフにあった書き込み性能を大幅に改善した。下部磁性層に磁気異方性の高い材料を使用し、微細化により低下する熱安定性を確保するとともに、磁化反転しやすい上部磁性層との交換結合強度を最適化することにより書き込みやすさを実現した。

その後下部磁性層の材料を変更して磁気異方性を高め、さらに記録層の結晶粒径の微細化を進めた。プロセスの総合的な改善も進め、現在は記憶容量250Gバイトの2.5インチ媒体と500Gバイトの3.5インチ媒体を量産している。

業界では、シェア拡大をねらって次世代機種を他社に先行して市場に投入する動きが顕著となっていて、技術開発競争は熾烈（しれつ）になっている。幾つかの業界再編も起こった。

富士電機では、次世代技術であるDTM（Discrete Track Media）などのパターン媒体、熱アシスト媒体などの開発にも積極的に取り組み、技術開発で先行し業界をリードしていく所存である。

感光体

サブプライム問題に端を発した金融危機は、世界市場の停滞を招き、企業を取り巻く環境は厳しいものとなっている。世界市場レベルの競争に打ち勝っていくためには、新しい創造と価値の高い製品サービスを提供していくことが重要である。このような企業活動において、ITを活用しネットワークと連携したオフィスや家庭環境における情報の受発信がより重要性を増している。例えばパソコン、プリンタ、デジタル複写機、ファクシミリなど、画像の入出力装置のネットワーク機能が急速に進んでいる。そのため、カラー情報・画像表示、記録するプリンタ、複写機の役割はますます重要になってきている。

富士電機は市場要求に対地的確に答えるため、主にプリンタ、デジタル複写機用感光体として数々の技術や製品をマーケットに送り出している。特に最近の感光体に対する要求品質としてはカラープリンタ用画質安定型感光体や複写機部材の変化に対応した膜強度向上型感光体、そして環境に対応したオゾン発生の少ない正帯電型感光体の高速化、高信頼化が求められている。2008年はこうした市場要求に対応した有機感光体として、①カラープリンタ用新型有機感光体、②マルチトナー対応型有機感光体、③耐刷特性安定型正帯電有機感光体をそれぞれ開発完了し、市場へ展開した。

将来の感光体を考えた場合、画質の高度化すなわち高解像度化は避けて通れない特性である。富士電機は業界ではじめて有機感光体（OPC）そのものの解像度を評価する装置を完成させ、2008年の日本画像学会に発表した。またPPIC国際学会で、理論的モデルから光による電位減衰現象を報告した。今後は解像度を1,200 dpiから2,400 dpi、4,800 dpiに引き上げる超高解像度パターンや印刷技術が融合された軽印刷などの高度化が進むと考えられる。有機感光体の超高解像度化や高耐久化に向け、さらなる材料開発として富士電機の強みであるコンピュータ分子設計技術を利用し、感光体業界のトップランナーとして走り続けていく所存である。

磁気ディスク媒体

① アルミ垂直磁気記録媒体用基板

●関連論文：富士時報 2008.4 p.263-265

垂直記録方式が採用され、アルミポリッシュ基板には一層の超平滑、無欠陥の表面特性が要求されている。記録密度は2006年から2008年までで、160ギガバイト（GB）/枚から250GB/枚へ、さらに334GB/枚へと年率60%で伸長し、この間基板の表面特性に対する要求は表1のように高度化した。250GBおよび334GBをカバーする基板仕様として、新規の二次ポリッシュ研磨スラリーの開発と精密洗浄法を開発し、表面粗さと表面パーティクルの大幅な低減を達成し量産化した。現在500GBの表面特性を満足する仕様の基板を開発中で、主に一次ポリッシュ研磨スラリーとパッド材の開発による微小うねりの大幅低減と、洗浄剤・リンス剤開発によるパーティクルレベルの一段の低減を進めている。世代に対応した基板特性をいち早く達成するよう高精度基板技術の探求に一層努めていく所存である。

表1 アルミポリッシュ基板に求められる要求特性

	特性	160GB基板	250~334GB基板	500GB基板
表面機械特性	表面粗さ R_a	≤ 0.25 nm	≤ 0.15 nm	≤ 0.12 nm
	微小うねり W_a	≤ 0.06 nm	≤ 0.06 nm	≤ 0.05 nm
表面欠陥品質	スクラッチ深さ	≤ 4.0 nm	≤ 3.0 nm	≤ 2.0 nm
	パーティクル数*	1.0	≤ 0.4	≤ 0.2

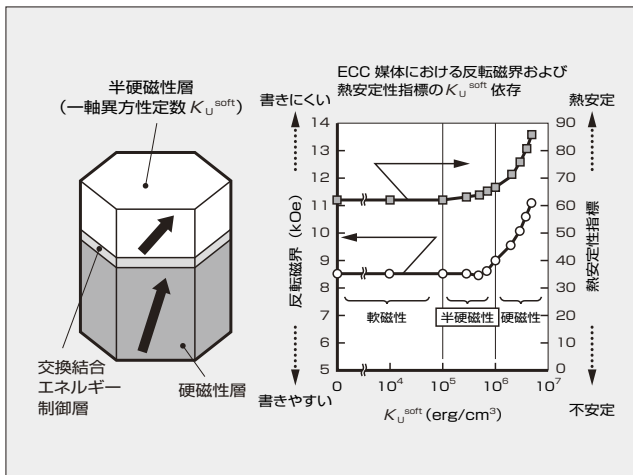
*160GB用基板の欠陥数を1としたときの相対欠陥数

② ECC (Exchange-Coupled Composite) 媒体

●関連論文：富士時報 2008.4 p.275-279

富士電機では、第1世代ECC媒体として、記憶容量160ギガバイト（GB）の2.5インチディスクおよび334GBの3.5インチディスクを2008年7月に出荷開始した。ECC媒体は、従来の垂直磁気記録媒体に対して記録層に改良を加えたもので、パターン加工や特別な記録ヘッドを使うことなく、連続成膜技術で記憶容量を増加させることができる。狭義のECC媒体では、記録層は、硬磁性層、交換結合エネルギー制御層、軟磁性層で構成するが、今回のECC媒体は、軟磁性層を半硬磁性層で置き換えた構造とし、磁気異方性を高めた硬磁性層との交換結合強度を最適に制御することにより、書き込み性能を抜本的に改善している。今後はさらに磁気異方性の高い材料を適用し、結晶粒径を微細化し、さらなる高密度化を図る予定である。

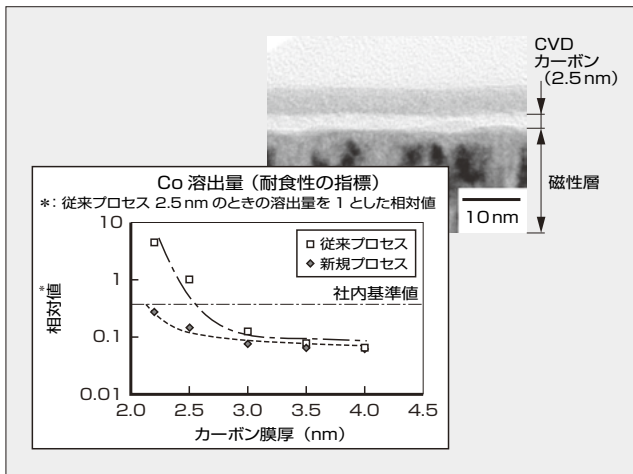
図1 ECC媒体の概要



③ HDI (Head Disk Interface) 技術

磁気記録における高記録密度化には、磁性層の特性向上とともに、磁気スペーシング（ヘッド素子と磁性層との距離）を小さくすること、すなわち保護膜の薄膜化も重要な開発アイテムである。しかし、薄膜化は媒体のもう一方の重要因子である長期信頼性（耐食性、耐久性）とトレードオフの関係にあり単純ではない。富士電機では、保護膜としてのCVD（Chemical Vapor Deposition）カーボンの成膜プロセスを改善し、従来以上の耐食性を持った2.5nmの薄膜カーボンを実現し、400Gbits/in²クラスの媒体に適用した。その際、カーボンの表面処理にも改善を加え、潤滑剤の密着性を高め、ヘッドが安定して低浮上走行する表面品質も実現した。今後さらに磁気スペーシングの低減を図るため超薄膜保護膜および潤滑剤の開発に努めていく所存である。

図2 新規プロセスによる保護膜の薄膜化



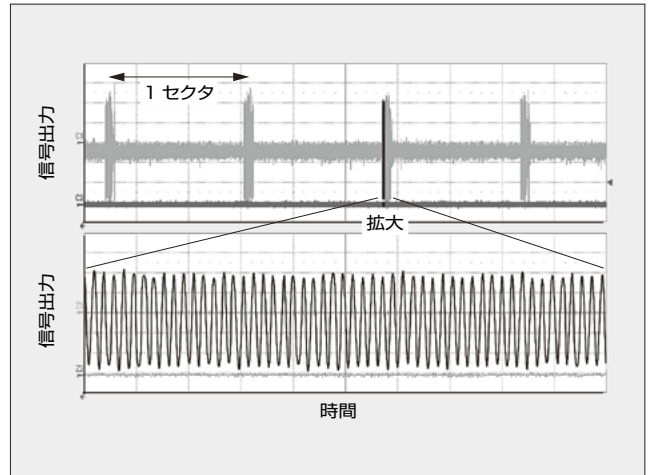
磁気ディスク媒体

4 DTM (Discrete Track Media)

○関連論文：富士時報 2008.4 p.280-282

500 Gbits/in² を超える記録密度を持つ次世代の磁気記録媒体として、ディスクリットトラックメディア (DTM) を開発している。DTM では、記録トラック間に溝を形成し、隣接トラック間の磁気的な干渉を低減することによって、トラック方向の記録密度を 30% 以上向上できる。トラックおよび溝の幅は数十 nm、パターン高さは 10 nm 程度であり、このような微細なパターンを媒体全面に均一に形成することが求められる。富士電機では、ナノインプリント法とドライプロセスによる微細加工技術および成膜プロセスを工夫した凹凸の平坦化技術により、ディスク全面でヘッド安定浮上および信号評価が可能な DTM を試作した。今後は、信頼性向上、量産化に向けたプロセス開発を進めていく予定である。

図 3 DTM の再生信号波形



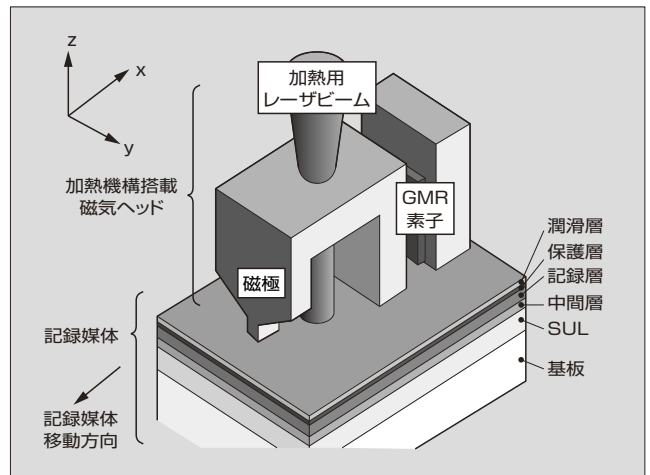
5 熱アシスト媒体

○関連論文：富士時報 2008.4 p.283-286

1 Tbits/in² 以上の記録密度が期待され、熱アシスト記録方式に用いる“熱アシスト媒体”の研究を進めている。信号記録の際は、加熱機構を搭載したヘッドで、媒体に磁界と同時に熱を与える。熱アシスト媒体には、保磁力が温度上昇で低下し、冷却で増加するという記録層の可逆的な材料特性を利用する。これにより、通常方式では記録が難しく適用できなかった、熱安定性が高く、すなわち保磁力が高い磁性材料の適用が可能となる。記録状況や密度に応じた最適な媒体設計指針を導き出すため、また実測の難しい微小領域の温度分布や温度の時間変化を予測するために、熱アシスト記録再生シミュレーションシステムを開発し、新しい記録層材料や層構成の開発を行っている。

また、高耐熱性の保護層や潤滑層材料などの開発も並行して進めている。

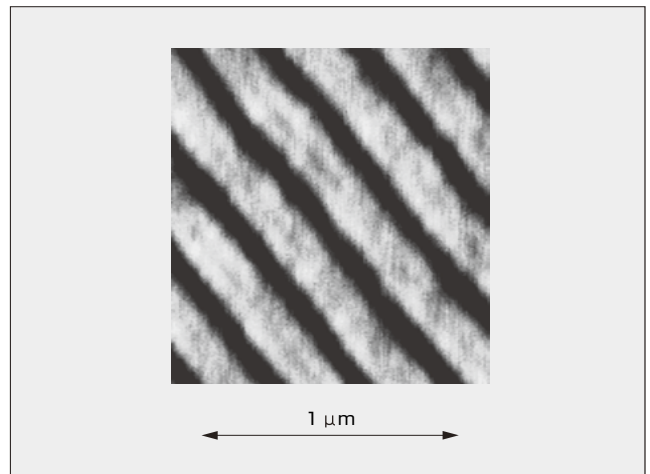
図 4 熱アシスト記録方式の基本構成図



6 磁気転写サーボ媒体

垂直磁気記録媒体から、1 Tbits/in² をねらう熱アシスト媒体まで適用可能なサーボライト技術として、磁気転写技術に着目し開発を進めている。磁気転写は、軟磁性材料でパターンを形成したマスタディスクと記録媒体とを密着させた状態で外部から磁界を与え、パターン情報をマスタディスクから記録媒体へ磁気的に転写する技術である。一括して書き込むため、機械的振動の影響が小さく、書込みに要する時間も短縮できる。高精度サーボパターンに対応するため、インプリント技術を適用し、150 nm 幅以下の軟磁性パターンをマスタディスク上に形成した。さらに、マスタディスクと記録媒体との密着技術を向上し、均一に磁気転写できることを確認した。

図 5 磁気転写サーボ媒体の磁気力顕微鏡像



感光体

① カラープリンタ用有機感光体

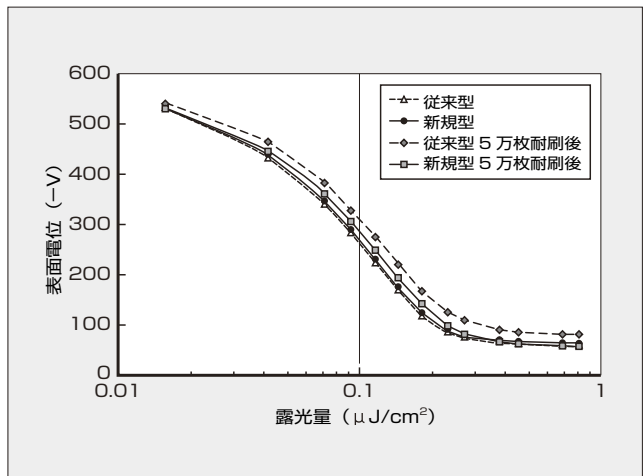
●関連論文：富士時報 2008.4 p.296-300

カラープリンタ用有機感光体において、高速化、長寿命化および画質安定化の要求が強くなっている。一般的に感光体は、印刷を繰り返すと、機械的ストレスによる膜摩擦量の増加と電気的ストレスによる残留電位の上昇で光減衰特性が変動し、画像品質が低下する。

富士電機では、下引き層、電荷発生層および電荷輸送層の電荷注入性向上による残留電位上昇の抑制と、高速・長寿命対応の電荷輸送層設計による膜摩擦量低減により、長寿命対応のカラー用有機感光体を開発した。従来の感光体と比較し、耐刷前後での光減衰特性変動が少なくなっており、画質の安定性が高い。

今後も、より一層の高速化と長寿命化を図ることにより魅力ある製品を創出していく。

図6 光減衰特性

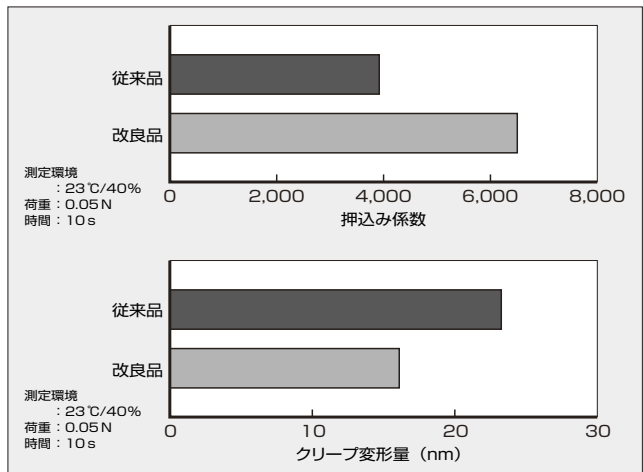


② マルチトナー対応型有機感光体

デジタル印刷分野では、市場ニーズの多様化に合わせ、さまざまな機能を持つ装置が日々上市されている。感光体と並ぶ主要コンポーネントであるトナーについても多岐にわたる製品が展開されており、多種多様な特性や品質を持つトナーと良好なマッチング特性を示す感光体の提供が求められている。

富士電機では、多種多様なトナーにマッチしたマルチトナー対応型有機感光体を開発している。市場への展開を進めるうえでは、トナーによる感光体への物理的負荷に対し耐性を高めることが必須である。そのため、新規材料の開発および組成の調整を行い、膜の弾性、耐クリープ特性および耐クラッキング特性に対する強度を向上させることで感光層の機械特性を改善し、トナーによる感光層へのダメージの低減を実現した。

図7 機械特性（押し込み係数、クリープ変形量）



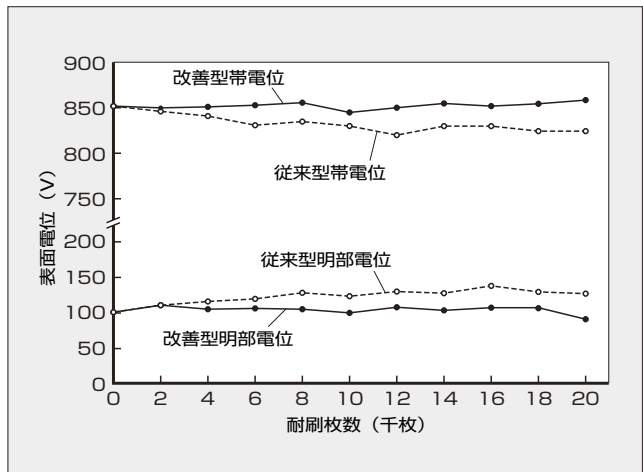
③ 耐刷特性安定型正帯電型有機感光体

正帯電型電子写真プリンタは負帯電型に比較し、オゾン発生量が少なく、高品質画像が得られるため、オフィス用途中心に需要が増加している。同時に市場からは、高速化、小型化、信頼性の要求が高まっており、画像品質を担う正帯電感光体への要求はさらに厳しくなっている。特に高信頼性の点では、繰り返し印字を行っても、安定した特性を維持することが重要な課題である。

富士電機では、耐刷性において、特性変動が少ない感光体を製品化しているが、高量子効率電荷発生材や高移動度電荷輸送材の開発により、さらに高い安定性を確保した正帯電型有機感光体を開発した。

今後も高速化、長寿命化の厳しい条件の中で、十分に安定した印字品質を提供する製品の開発を進めていく。

図8 正帯電型有機感光体の耐刷における特性推移





*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。