情報産業で活躍する電気化学

逢坂 哲彌, 尾上 貴弘

1 はじめに

IT (Information technology) 革命と言う言葉がごく当たり前のように耳にはいるようになった。パソコンも一家に一台から一人に一台の時代となり、インターネットから大量の情報が極めて簡単に入手できる。このような情報産業の発展を成し得たキーテクノロジーとして、半導体によるコンピュータの飛躍的な発展と進歩が挙げられる。これらのコンピュータ技術を支えるメモリーデバイス、特に外部記憶装置として中枢を担う磁気記録デバイスにおいても、著しい新技術展開のもとに急激な進歩発展が見られている。ここでは、その磁気記録デバイスを例に挙げて、従来発展してきた材料、作製プロセスを考察しながらその進展を概説し、それをもとにこの分野の電気化学プロセスの将来的な展望を述べる事としたい。

2 磁気記録の進展を支えた磁性材料¹⁾

1898年ポールセンの鋼線への記録の発明を端緒に始まった磁気記録は、鋼線や鋼帯への記録から $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ などの微粒子をテープに塗布するテープ媒体へと変化し、本格的な磁気記録の時代へと発展してきた。その後、媒体形状もテープなどのフレキシブル媒体からディスク媒体が主流となり、その材料も CoNiP めっき媒体などを経て現在では CoCrPtTa 系スパッタ合金が主流となっている。この他にテープ媒体には Co-O 蒸着膜が実用化されている。

一方、磁気ヘッドは、バルク型のフェライトヘッド（飽和磁束密度 $B_s \approx 0.5 \text{ T}$ ）が用いられてきたが、1979年ハードディスク用ヘッドとして薄膜ヘッドが登場した。薄膜ヘッド作製には μm オーダーの厚膜形成と微細加工技術が必要であることから、電気めっき法がキーテクノロジーの一つとして利用され、現在でもその方法が広く用いられている。磁気コアの軟磁性材料としては当初 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ パーマロイめっき膜（ $B_s \approx 1 \text{ T}$ ）が用いられてきた。このめっき法を実用化プロセスにするために微細パターンエッジに集中する高電流密度をさけるためのフレームめっき法、さらには微細パターン内の電極界面での pH 変動をさけるための強い攪拌法であるパドルめっき法などの新しい工夫が行われている²⁾。現在では高密度化に伴う高保磁力媒体への書き込みの要求から Fe 含量が高い $\text{Ni}_{45}\text{Fe}_{55}$ パーマロイ（ $B_s \approx 1.5 \text{ T}$ ）が利用され始めている。さらに、当研究室で開発した CoNiFe めっき（ $B_s \approx 2 \text{ T}$ ）が次世代材料として用いられようとしている³⁾。このように、磁性材料は Co や Fe の強磁性元素をベースに種々の材料が開発され利用されている。

3 磁気ビットの微細化とヘッド技術¹⁾

Fig. 1 に、磁気記録単位の微細化の動向を示す。磁気記録媒体の記録密度は年率 60~100% で上昇していると言われており、現在（2000年）では約 20 Gbps（ 10^9 bits/in^2 ）の記録密度が達成されている。これはビット面積（磁気記録の最小単位）から考えるとウイルス程度の大きさになることがわかる。このサイズの最終到達点は当然原子サイズになるが、

熱揺らぎ^{*1)}の限界があらわれるのが記録密度 100 Gbps あたりと考えられており、近い将来この限界に直面すると予想されている。媒体の大改革、さらにはこれに書き込むヘッドにも大きい改革が必要となっている。まずヘッドを考えてみるとこのような微細ビットを書きこむためのヘッドの微細化、マイクロ化が必要となる。サブミクロンオーダーでのヘッドコア作製を考えるとフレームめっき法の適用は難しくなり、より微細加工に適する無電解めっき法によるヘッド作製プロセスの開発等が必要となるであろう。

また、磁気記録媒体には高密度化の他に、記録再生の高速化が求められている。このための試みとして、ヘッド比抵抗の増大やヘッドコアサイズの低減がなされている。ここで Fig. 2 に実際利用されてきた薄膜ヘッドコアサイズの変遷を見てみよう。磁界を発生させるためのコイルは銅めっき法によるものであるが、1991年まではコイルと軟磁性薄膜からなる薄膜ヘッドが利用され、記録再生を同一コアで行っていた。従って、銅コイルも 36 ターンと多く巻くことにより再生感度を上げる必要があった。しかし、1994年から録再生分離型が主流となり、再生には MR（磁気抵抗効果）素子、さらに GMR（巨大磁気抵抗効果）素子を用いることによって高感度化が実現されている。記録ヘッド部は、特に記録時の損失低減、高周波応答の観点から低コイルターン数を実現され 1999年のものはコイルターン数が 10 と少なく、かつ小型化が進められている。現在実用化されている GMR ヘッドはヨーク長 40 μm 程度であるがかなりの小型化が進められ、2000年にはヨーク長 10 μm の超小型ヘッドが NEC により試作されている。このヘッドには磁気コアコイルとしてめっき法により作製された CoNiFe 高 B_s （2 T）材料が 1.5 μm 膜厚で利用されている。電気化学プロセスである“めっき法”が次世代磁気ヘッドデバイスのブレイクスルーに大きな役割を演じているといえる。Fig. 3 に、ヘッドコア長と記録可能最大周波数の関係を示す。このような小型化を図ることにより、従来型の薄膜ヘッドと比較しても約 10 倍の周波数応答を示すこととなり、将来の超高速記録再生に十分対応できるものと考えられる。次に磁気記録媒体を考えると、記

Fig. 1 磁気記録単位の微細化の動向

Fig. 2 小型薄膜磁気ヘッドの変遷 (NEC の提供による)

Fig. 3 ヘッド書き込み能力の変遷 (NEC 大橋啓之氏の提供による)

録ビットの小型化に伴い媒体自身も小型化し、現在では1 inch のハードディスクが作製可能となっている。その例である超小型ハードディスクドライブ (Microdrive™) の写真を Fig. 4 に示す。ヘッド、媒体を極限まで小さくすることによりハードディスクドライブがそのままメモリカード内に収められており、パソコン用のみならずデジタルカメラ用記録媒体としても広く利用されている。このハードディスク材料の作製には主としてスパッタ法が利用され、いくなれば真空系のめっきともいえるべき技術が今後この分野で大いに活躍するであろう。

4 おわりに

磁気記録媒体はパソコンの外部記憶装置として、また画像記憶用 (ハードディスク内蔵 TV 等) として今後も情報産業を支えるキーテクノロジーとして注目されるだろう。さらに、めっき法によるヘッド作製は、新規材料開発、微細加工プロセスの観点から本分野において極めて重要な技術であるといえる。現在、磁気記録にかかわる記録技術の一つとして、パターンドメディア (Patterned Media) 等も提案されているが、この微細パターン化技術にも量産化を踏まえると電気化学は必要不可欠である。我々はシリコンウェハ上に 10 nmφ のドットを Co 系めっきで作製する事を試みている⁴⁾。これは 1 Tbps の超高密度を可能にするもので、今後の進展が期待される。このような超微細化パターンの記録再生には MFM (Magnetic Force Microscope) を利用するなどのアイデアが出されているが、これからさらに多くの研究開発が必要に

Fig. 4 IBM マイクロドライブ (IBM Microdrive™) 写真。1 ドライブあたりの記録容量は 1GB。 (http://www.storage.ibm.com/hardsoft/diskdrdl/micro/p_photo.htmより引用)

なってくるであろう。

最後に、ここでは述べなかったがシリコンデバイスのパッケージング分野では、いわゆる“めっき技術”が依然重要なテクノロジーの一つとして重要視されている。これは、電気化学系本来の開放系という特質を生かし、コストパフォーマンスや量産性の観点からも優れた技術であると言える。この分野でのますますの電気化学系の利用は多くなると予想され、シリコンデバイスとパッケージングの融合が行われるであろう。現在、盛んに言われている銅めっき法を利用したダマシン法も、シリコン内のインターコネクション技術である。さらにはボールパッケージングというような簡便な真空系及び開放系めっきを用いたリソグラフィ技術を利用してシリコンボール表面に集積回路を形成し、これを 3 次元的にパッケージングする方式が提案されている。このように、未来型のデバイスが種々議論され、今後新しい試みが多数出現するであろうが、次のプロセスとして電気化学が生き残るには「より利用しやすい微細化技術」というキーワードを生かした研究と開発が重要となるであろう。

文 献

- 1) 逢坂哲彌, 夢・化学 21「材料は 21 世紀を制するか」, 日本化学会監修, 55 (1994), 丸善.
- 2) 逢坂哲彌, 高野奈央, 応用物理, 68, 1237 (1999).
- 3) T. Osaka, M. Takai, K. Hayashi, K. Ohashi, M. Saito, and K. Yamada, *Nature*, 392, 6678 (1998).
- 4) T. Osaka, N. Takano, and S. Komaba, *Chem. Lett.*, 657 (1998).
- 5) <http://www.ballsemi.com>

* 1) 磁性薄膜を構成する結晶粒径が小さくなると、超常磁性 (super paramagnetism) 現象のため室温程度で磁化が不安定となり、情報が消えてしまう恐れがある。これを熱揺らぎ現象と呼ぶ。

●著者プロフィール

氏名: 逢坂 哲彌 Tetsuya OSAKA
 所属: 早稲田大学理工学部応用化学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)
 役職: 教授, 理工学研究科委員長
 趣味: オルガンをひくこと, 絵画を見たり集めたりすること