

高保磁力低ノイズ媒体技術

高橋 伸幸(たかはし のぶゆき)

山口 希世登(やまぐち きよと)

植田 厚(うえだ あつし)

1 まえがき

近年の固定磁気ディスク装置の高記録密度化は、当初からの容量進化則に沿って10年間に10倍の記録密度の増加速度を維持してきている。ここに使用される磁気記録媒体は1980年代に入り、塗布型媒体から連続薄膜媒体へと変わり、磁気ヘッドもバルクヘッド⁽¹⁾から薄膜ヘッドへと技術が向上してきた。

今後さらに高密度記録化を達成するためには、媒体においては高保磁力化と低ノイズ化が必須である。そこで、本稿では富士電機において最近得られたデータを基に高記録密度化技術について述べる。

2 媒体材料と高記録密度化

媒体の層構成に従って説明を行う。

基板にはアルミニウム(AI)合金にNi-Pの無電解めっきされたものが通常用いられ、その表面はテクスチャ加工されて一定の凹凸プロファイルを持っている。この加工は好ましい磁気異方性を得るうえで効果がある。基板上には磁性層に先行してクロム(Cr)下地層が形成される。図1に示すようにCr厚とともに保磁力が増大する。これはCr厚が増大することによりCrの(110)面の結晶配向が進み、この結晶面と整合するようにコバルト(Co)合金のC軸(磁化容易軸)が膜面内に維持されるからと考えられる。

CoCrTaの磁性層を例にその成膜因子の効果を考察する。保磁力に影響を与える因子は基板加熱温度、アルゴン(Ar)圧力および基板バイアス効果である。各因子の影響を図2に示す。ここから分かるように高保磁力を実現するためには、より高い加熱温度、より低いAr圧力、そして高いバイアス電圧が効果的である。加熱はCoCrTa磁性層の組成偏析を促進させ、低Ar圧力は結晶粒の微細化を進め、バイアスは加熱と同様な効果とともにCr下地層界面とのクリーン接合することで磁性層の結晶配向を促しているものと考えられる。ただし、これらの因子はCr下地層の形

成時も同様に適用されていることから、下地層の形成過程にも影響を及ぼしていることは注意しておかなければならない。

次に白金(Pt)系媒体においては、現在CoNiPtとCoCrPtが実用化されている。前者は結晶磁気異方性を高める効果のあるNiとPtを添加することにより下地Cr層を

図1 保磁力(H_c)の下地Cr厚依存性

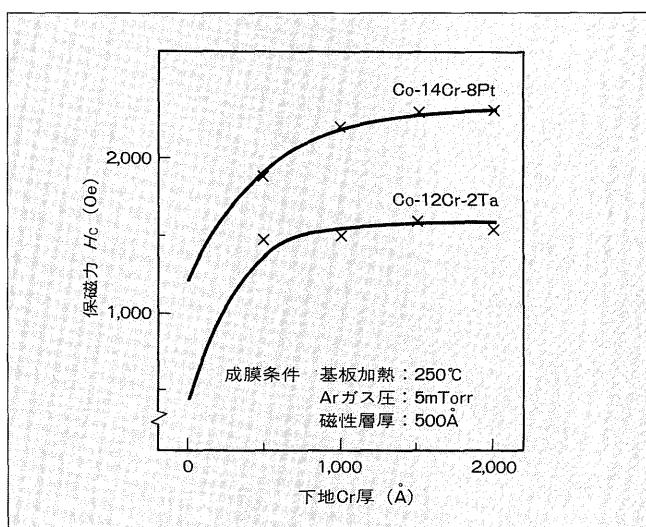
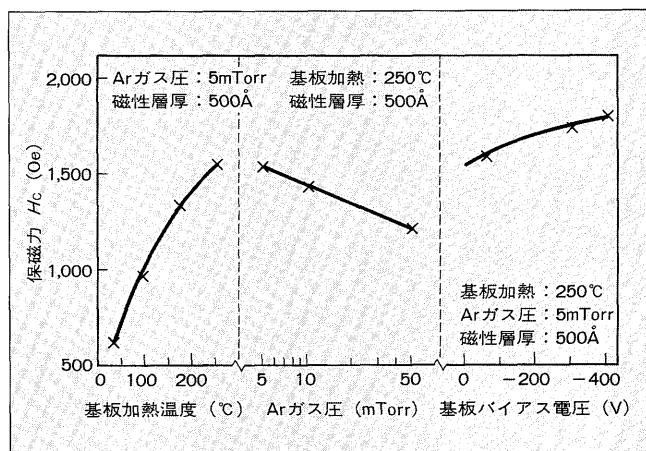


図2 CoCrTa媒体の保磁力への成膜因子の影響



高橋 伸幸

昭和55年入社。磁気記録媒体の開発設計に従事。現在、松本機器製作所ディスク媒体部課長補佐。



山口 希世登

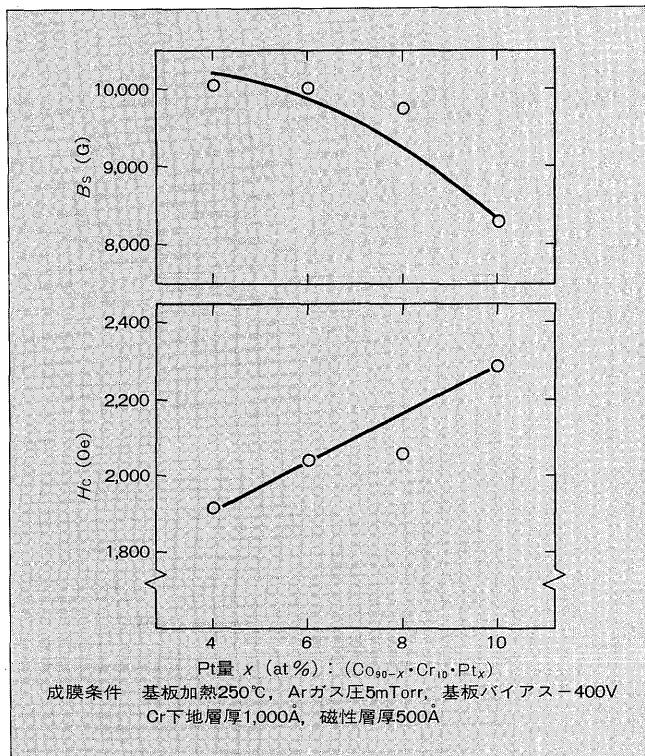
昭和59年入社。a-Si感光体の研究開発を経て磁気記録媒体の研究開発に従事。現在、(株)富士電機総合研究所先端材料研究所副主任研究員。



植田 厚

昭和59年入社。微視解析、表面分析技術の開発に従事。現在、(株)富士電機総合研究所材料基盤・分析研究所。

図3 CoCrPt系媒体のPt量依存性



不要にしている。しかしながら、低ノイズ実現のためにCr層の代わりに使用したNi-Pなどの下地層の結晶粒間隔を広げて形成させる手法が必要となる。後者はCoCrTaと同様にCr下地層を必要とする。基本的には高保磁力の達成はPt量に依存し、その例を図3に示す。例えば、5%Ptで1,900Oe, 10%Ptで2,300Oeの保磁力が達成でき、将来的にも有望な材料である。

以上、高保磁力化、低ノイズ化の要因を次のようにまとめることができる。

- (1) Al/Ni-P基板上に施されるテクスチャを反映させた形状磁気異方性
- (2) NiやPtなどの添加元素による結晶磁気異方性
- (3) 下地層も含めた膜形成条件やTaなど添加元素による磁性層の結晶粒の微細化と粒間の磁気的分離性
- (4) 下地層、磁性層界面接合の制御にかかる結晶配向性

③ 媒体の微細構造と磁気特性

3.1 媒体微細構造の解析

前章でみたように各種の成膜過程を最適化して得た高保磁力媒体を物理分析などから構造解析できればモデルの検証とともに今後の材料開発への指針になる。ここでは幾つかの分析データを例に解析のアプローチを示す。

図4はSAM(Scanning Auger Microscope)のデータである。表面の元素分析のほかに深さ方向への分析により磁性層中の組成比、その均一性あるいは混入不純物のチェックが可能である。

図5にはSEM(Scanning Electron Microscope)のデータを示す。表面および断面からの観察で膜の構造が

図4 CoCrTa媒体のSAMによるデプスプロファイル分析例

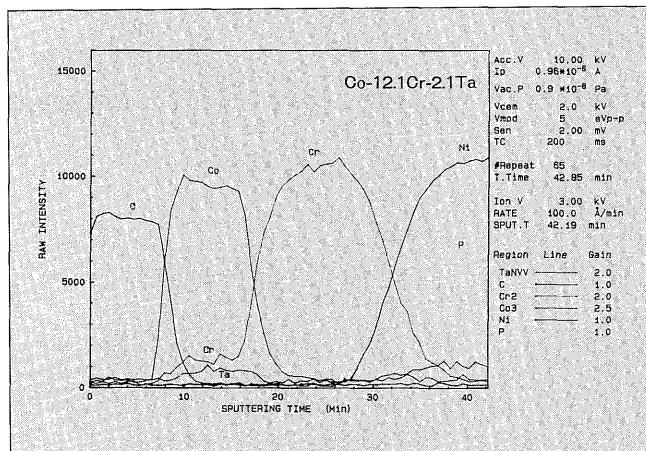
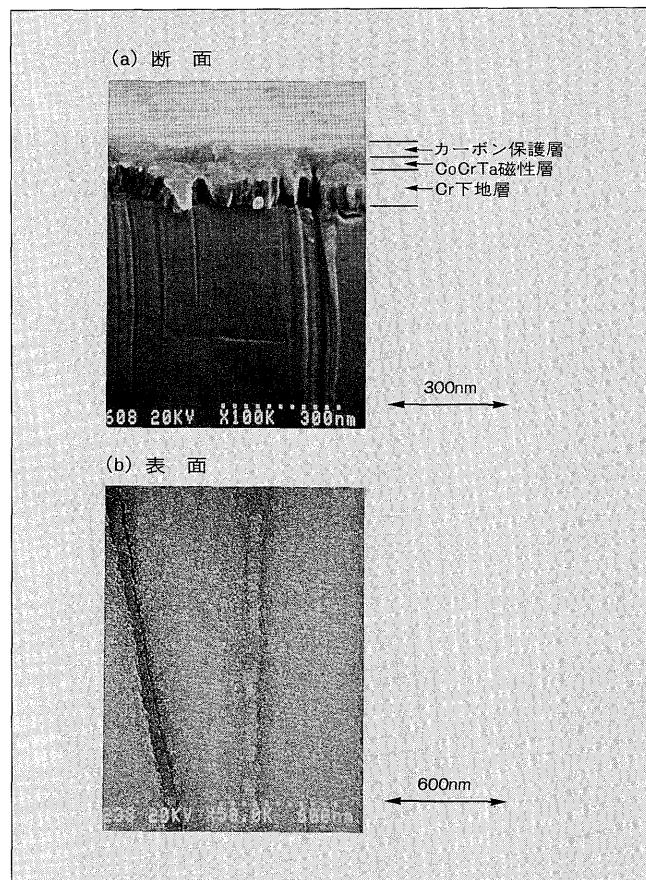


図5 CoCrTa媒体のSEMによる観察例



なり視覚的にとられられる。個々のコラム構造の出現とその境界の明りよう性あるいはCr下地層上の磁性層の界面整合性と下地層コラムを反映した磁性層の孤立性が見てとれる。また、断面から基板のテクスチャによる凹凸を反映した膜の成長が観察される。

図6にTEM(Transmission Electron Microscope)の観察結果を示す。SEM像に比べてさらに拡大した像が得られる。膜垂直方向からは結晶粒径とともにテクスチャ方向に沿った結晶粒の成長が確認できる。さらにはエッティング手法と組み合わせてその偏析構造を確認することも可能になってきている。また、断面方向からはSiウェーハ上の解析になるが、SEM像と同様のコラム構造が、そし

図6 Co合金系媒体のTEMによる観察例

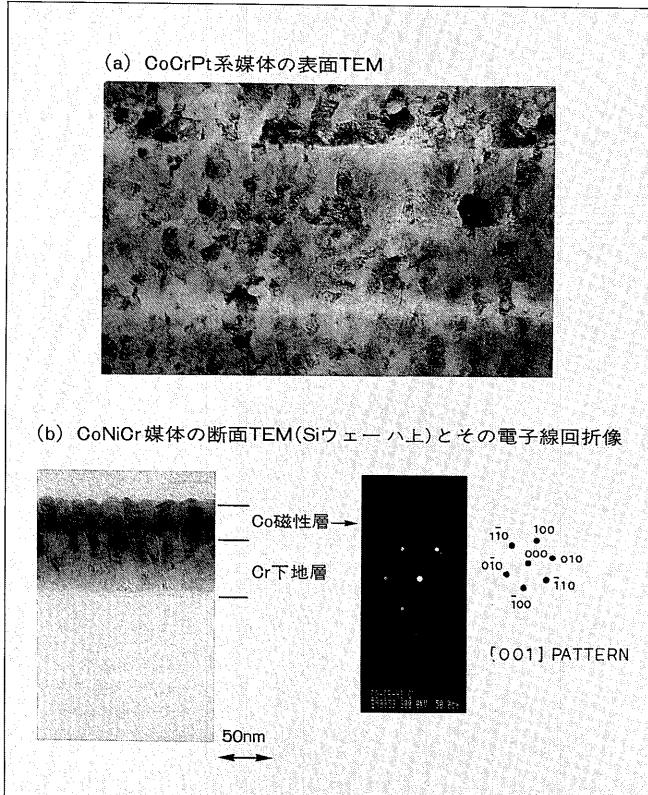
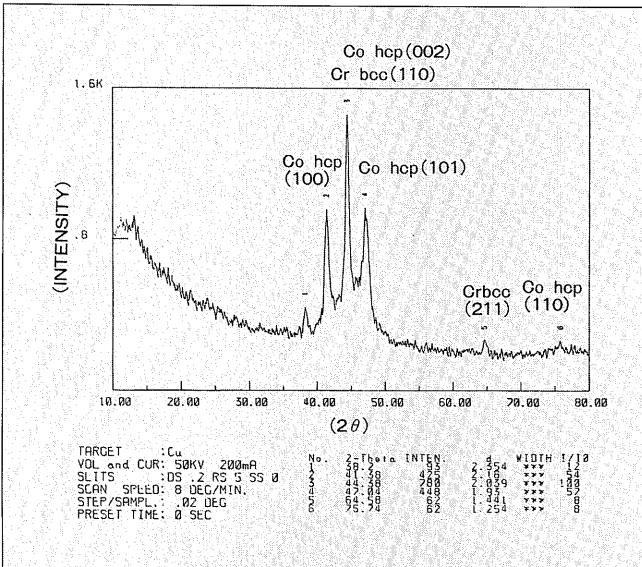


図7 CoCrTa媒体のX線回折測定例



てCo磁性層に直接照射した電子線回折からはC軸が確かに膜面内にあることが分かった。

また、図7に示したX線回折からも前述したCr下地層の配向とその上の磁性層の配向を調査することができる。

3.2 媒体磁気特性の解析

磁気特性は従来VSM(Vibrating Sample Magnetmeter)でのヒステリシスループで議論するのが一般的であった。しかし最近では、より磁気記録の実際に則した、あるいは磁性粒子の孤立性を基礎にモデル化した理論との関連により、幾つかの手法が発表されている。一つはVS

図8 Co合金系媒体のヒステリシス曲線と残留磁化曲線例

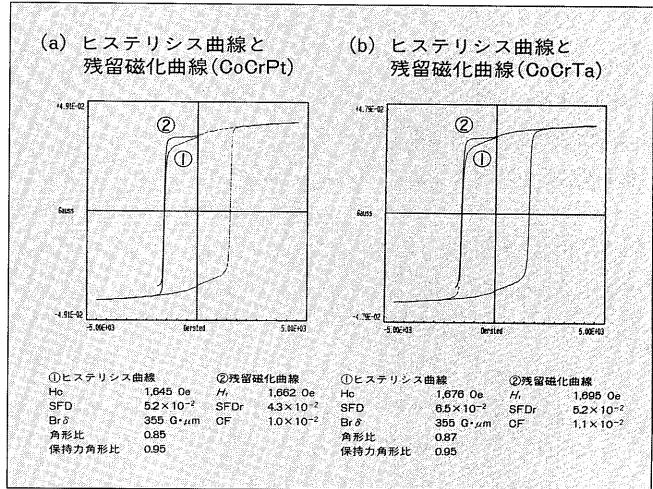
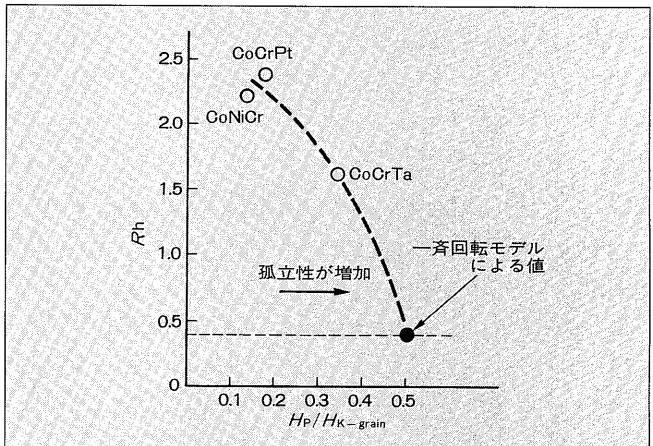


図9 磁気トルク測定による磁気的孤立性の評価例



M上での残留磁化曲線であり、もう一つは磁気トルク曲線である。

前者は実際の記録再生モードに則して、印加磁場がゼロでの磁化状態で議論するために電磁変換特性との対応が正しく取りやすい。図8に残留磁化曲線の例を示す。後者は磁気トルク測定から、回転ヒステリシス損失Wrを導き、かつWrが極大を示す印加磁界 H_p およびそのWrが消失する印加磁界 H_k -grainの比 H_p/H_k -grainとWrの積分値 R_h が得られる。これらをプロットした図9に示すように、CoNiCrからCoCrTaへと結晶粒の配向性とともに磁気的孤立性が増してゆくことが推察される。⁽³⁾

4 媒体における高記録密度化技術

4.1 高保磁力化技術

前述したようにCoCrPtではPt量を多くすれば今後の高密度記録に必要な高保磁力は十分確保できるが、高価なPtの使用はコスト上のデメリットと多すぎればノイズ特性にも好ましくない。そこで高保磁力特性を劣化させずに、Pt量を低減あるいはPtフリーの媒体をめざすことが今後のポイントになってくる。現在行われている試みの一つが多元系であり、他方は多層膜系である。

前者は CoCrPt 系にさらに Ta, B, あるいは Hf などの第 4 元素の添加が提案されている。また、従来の CoNi Pt 系は Cr 添加の 4 元系が考えられる。特に CoCrPt 系は添加元素により同じ保磁力を得つつ Pt 量を下げられること、かつ低ノイズ化のできることが期待されている。

図10にその一例を示すように、Co への単独添加からすれば Pt および Ni の効果は大きい。また少量の Ta, Si, あるいは Zr も保磁力増大に寄与しそうである。

一方、後者の多層膜系は低ノイズ、高保磁力化をめざして多くの組合せが検討されている。これらはさらに二つに分類される。一つは Cr などの非磁性層を介して磁性層を重ねたもので、積極的に膜垂直方向に磁気的相互作用を切ろうとする試みである。他方は磁性層同士を組成を変えあるいは成膜条件を変えて積層したものであり、表面側

により高保磁力、高角形性の膜を配置し、下地側に比較的低い保磁力と低角形性（つまり低ノイズ性）の膜を配置して総合性能を改善しようとするものである。一例として図11に CoCrPt/CoCr の多層構造の磁気特性を示す。

4.2 低ノイズ化技術

実際の磁気ヘッドによる記録再生特性をもって最終的な実用特性が論議される。信号出力、重ね書き特性、そして SN 比などは媒体の磁気特性と相互に関係し合うため、バランスのとれた総合性能が実現されねばならない。

媒体ノイズを抑えることは高密度記録の達成上、高保磁力化とともに重要な点である。しかし、低ノイズが得られるからといって角形性を犠牲にするわけにはゆかない。高周波出力の低下、重ね書き特性の劣化を招くからである。

図10 Co への添加元素による保磁力への影響

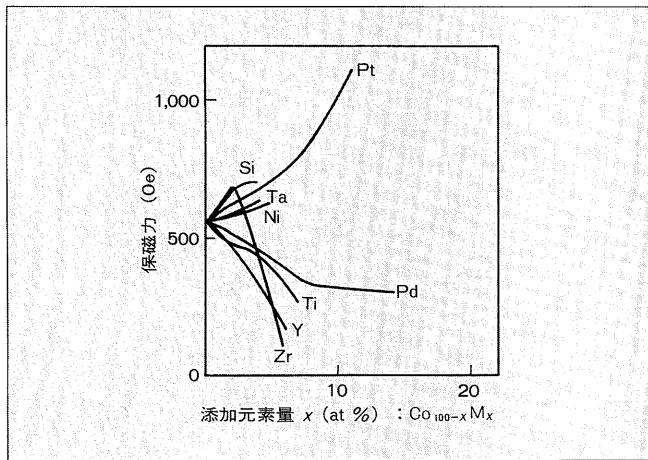


図11 CoCrPt/CoCr 積層媒体の磁気特性

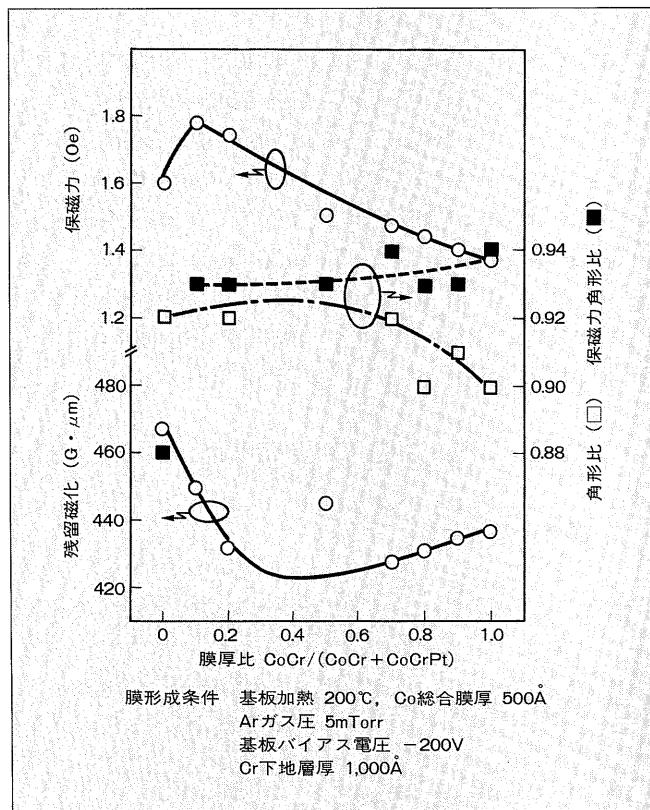


図12 CoNiCr, CoCrTa, および CoCrPt の電磁変換特性例

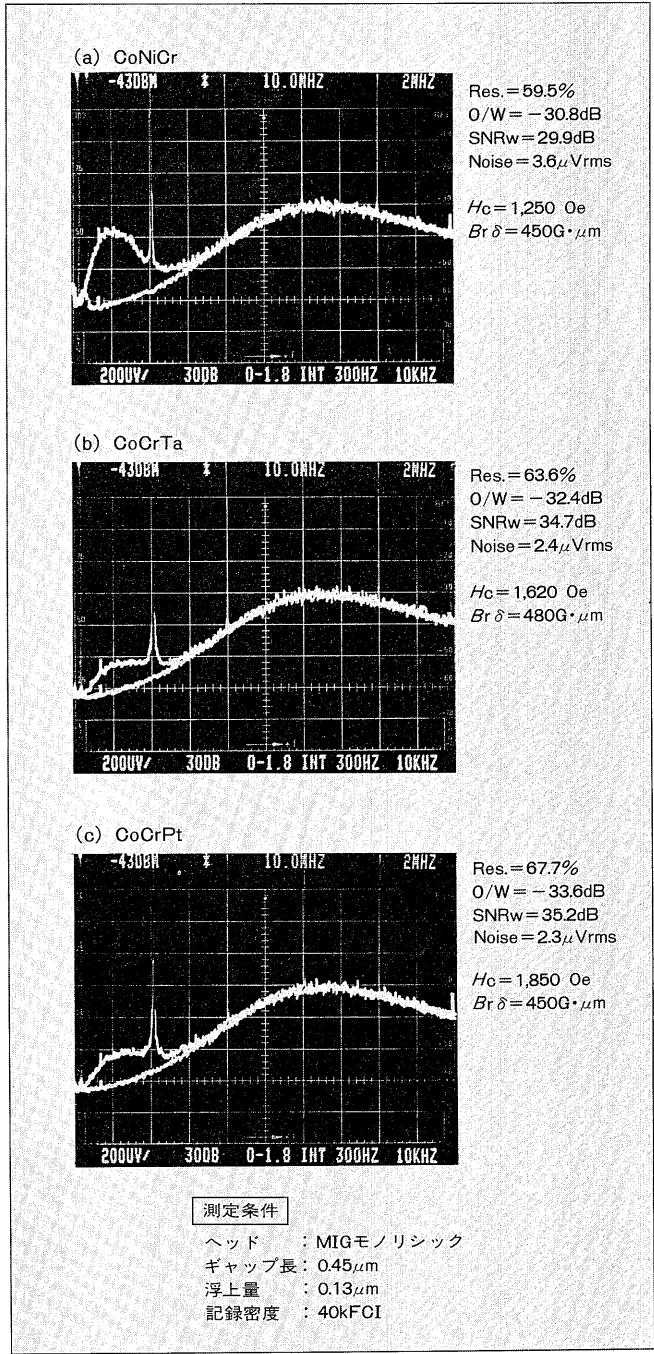
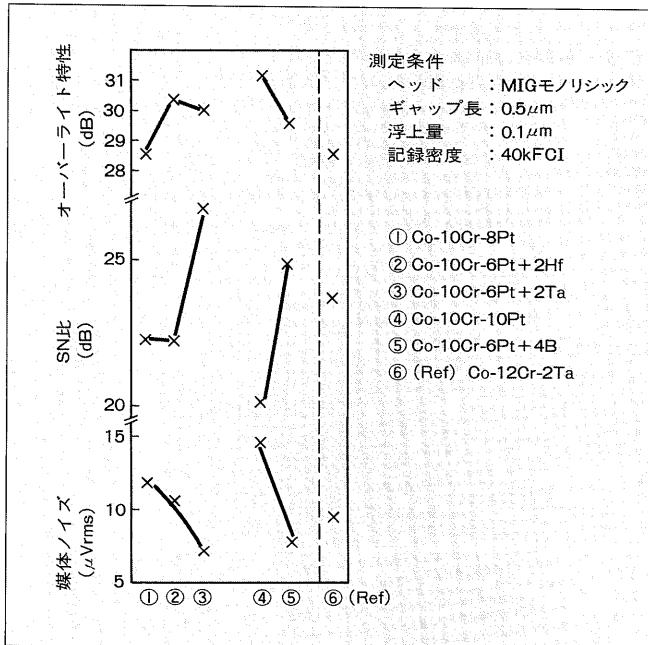


図13 CoCrPt+X (4元系) 媒体の電磁変換特性例



現在実用化されている CoCrTa 系の低ノイズ性を図13に示す。従来組成の CoNiCr 系に比べ、 H_c の増大とともに大幅に低ノイズ性が改善されており、さらに高保磁力化を達成した CoCrPt に比べても同等のノイズ特性が得られている。

前述したように成膜条件の適性化を踏まえ、微細構造から推測すれば CoCrTa 系には低ノイズを実現させる要素が多く含まれている。CoCrTa 系でさらに追求するしたら、一層の高角形性を追求し高周波出力や重ね書き特性を引き上げることである。そのためには、基板テクスチャ技術、スパッタ中のガス種、あるいは組成比率自体の見直しなどが今後の課題と考えられる。

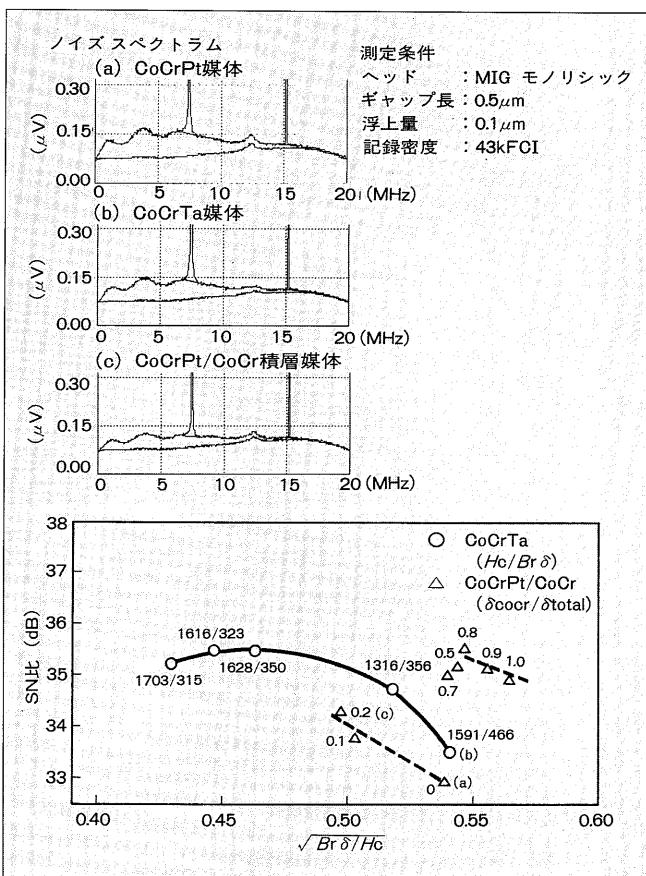
また、高保磁力化の中で注目されている CoCrPt について言えば、低ノイズ実現のための成膜プロセスの検討が必要と思われる。結果として Pt 量をいかに抑えた形で高保磁力化が実現できるかということになる。検討結果の一例を図13、図14に示す。図13は CoCrPt 系への各種添加元素による効果を示し、図14は CoCrPt/CoCr 多層構造によるデータである。参考として示した CoCrTa 系に優るとも劣らない特性も見いだされていることが分かる。

5 あとがき

磁気記録技術は最初にも述べたように、2000年には 1 G バイト/in² を超すことが予想され、すでに技術的に立証されている。これらの目標を達成させるための最適技術は、これから絞り込んでゆく必要がある。

一方磁気ヘッドは、薄膜ヘッドの次世代技術として MR 素子を搭載したものが本格的に市場へ展開されつつある。このとき媒体の残留磁化は従来になく低減できるが、高保磁力化とともに低ノイズ化の要求が PRML 変調方式の検討される中でさらに強まると思われる。

図14 CoCrPt/CoCr 積層媒体と CoCrTa の電磁変換特性(SN 比)例



以上いずれにしても磁気記録媒体の高保磁力化、低ノイズ化という方向づけだけは共通と考えられる。富士電機としても今後のこれらの課題に対応するための総合的な媒体技術を向上させてゆく予定である。

参考文献

- (1) Speriosu, V.S. et al. : IB M J. Res. Develop., Vol.34, No.6, p.884 (1990)
- (2) Maeda, Y. et al. : IEEE Trans. Magn., Vol.27, No.6, p.4721 (1991)
- (3) Takahashi, M. et al. : Intermag Conference '92, KA-12 (1992)
- (4) Tani, N. et al. : IEEE Trans. Magn., Vol.27, No.6, p.4736 (1991)
- (5) Lal, B. B. et al. : IEEE Trans. Magn., Vol.27, No.6, p.4739 (1991)
- (6) 山口希世登ほか：特許公開公報，特開平3-224121 (1991)
- (7) 山口希世登ほか：電子情報通信学会研究会，MR91-61 (1991)
- (8) Yogi, T. et al. : IEEE Trans. Magn., Vol.26, p.2271 (1990)
- (9) Futamoto, M. et al. : IEEE Trans. Magn., Vol.27, No.6, p.5280 (1991)
- (10) Murdock, E. S. et al. : Intermag Conference '92, JA-01 (1992)



*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。