

## 電流狭窄型ナノオキサイドレイヤーを用いたCPP-GMRヘッド

### モバイルストレージの未来を切り拓く 新型GMRヘッド

小型で大容量記録のHDD（ハードディスク装置）を可能とする磁気再生ヘッドを開発しています。ナノオキサイドレイヤーを用いた独自のナノ微細構造を実現したことによって、膜面垂直通電型 巨大磁気抵抗(CPP-GMR)ヘッドの高感度化に成功しました。これによって、従来の膜面内通電型(CIP)-GMRヘッドでは実現が難しい200 Gビット/in<sup>2</sup>以上の高記録密度再生が可能となり、携帯電話などへの応用が期待される0.85インチ径の小型ディスクにおいても、大容量動画の記録を実現することができます。

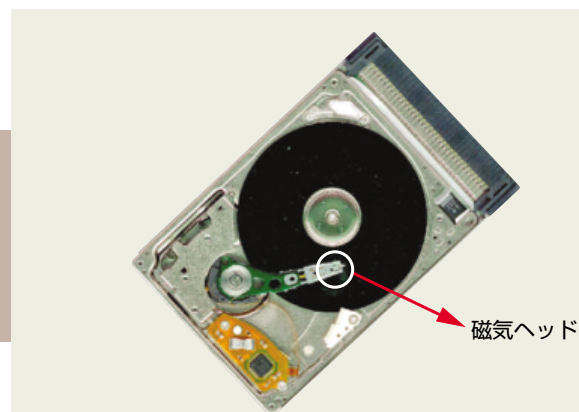


図1. HDDの磁気ヘッド—磁気ディスク(媒体)に磁気記録情報を記録し読み出すのが、磁気ヘッドです。

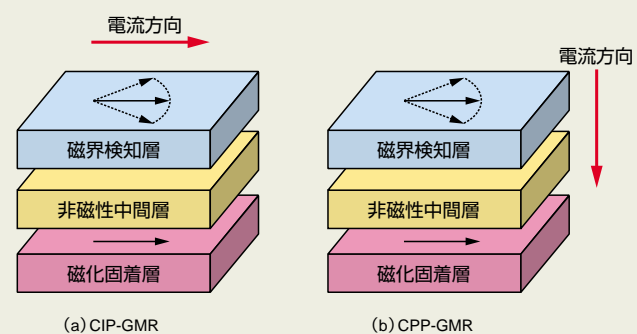


図2. CIP-GMR膜とCPP-GMR膜の構造—記録密度の向上に伴い、トラック幅が狭くなってきたときにはCPP構造のほうが有利となります。

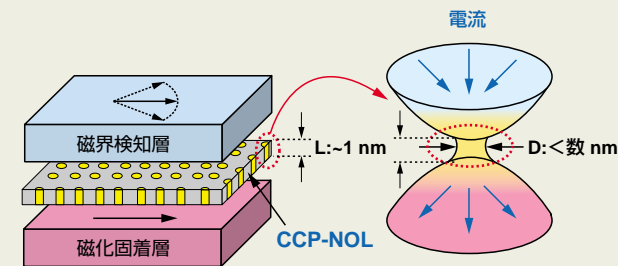


図3. CCP-NOL構造を持つCPP-GMR膜—CCP-NOLナノ微細構造によって膜面を垂直に流れる電流が狭窄され、抵抗変化量を向上させることが可能となります。

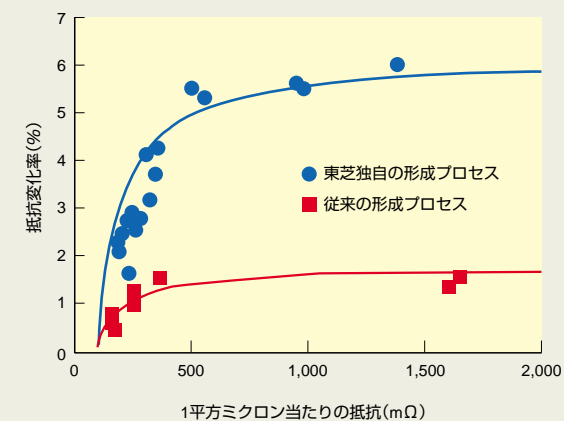


図4. CCP-NOL構造を持つCPP-GMR膜の抵抗変化率と抵抗の関係—東芝独自のCPP-GMR形成プロセスによって、従来形成プロセスの約5倍近い感度の向上が実現できます。

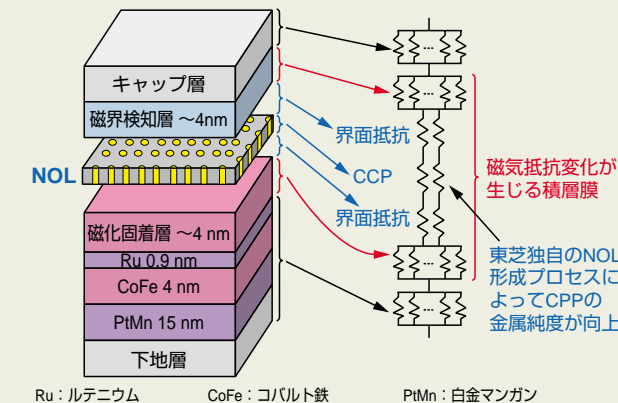


図5. CCP-NOL構造を持つCPP-GMR膜の電気等価回路—膜面を垂直に流れる電流がCCP-NOLによって狭窄され、磁気抵抗変化率を向上させることができます。東芝独自のNOL形成プロセスによって、CPPのメタルバス純度を向上させることができました。

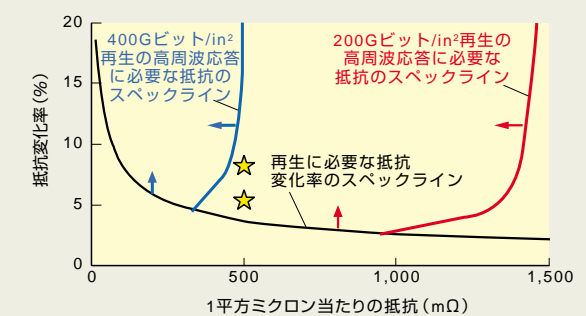


図6. HDDの記録密度の向上に伴う抵抗と抵抗変化率のトレンドマップ—☆印で表された実験データは、200~400 Gビット/in<sup>2</sup>のスペック範囲に入ります。

#### CPP-GMRヘッドとは

現在HDDの磁気再生ヘッドとして、GMRヘッドが用いられています(図1)。しかし、従来の膜面内通電型(CIP)-GMRヘッド技術の延長では、磁界感度も約200 Gビット/in<sup>2</sup>の手前の記録密度で性能が不足し、高密度化に伴う微弱な媒体磁界を検知することが困難になってしまいます。

また、小さなビット情報を検知する分解能の高い膜面垂直通電型構造を持つトンネルMRヘッドが着目されていますが、記録トラックの狭小化に伴ってトンネルMR素子抵抗が増大しますので、高周波応答性が課題です。

それに対し、膜面垂直通電型(CPP)のGMRヘッドが着目されています(図2)。

トンネルMRに比べて素子抵抗が格段に小さいため、高周波応答性が必要な高記録密度化に有利と言われていました。しかし、これまでCIP-GMRで用いられてきた膜を単に膜面垂直通電型に変えるだけでは十分な磁界感度を確保することができず、実用化のめどはたっていませんでした。そのため、CPP-GMRヘッドにおける高感度化を実現するための、高い磁界感度を持つ膜技術が熟望されていました。

東芝では、CPP-GMR膜において高磁界感度化を実現するために、極薄の酸化層を挿入したCPP-GMR膜の開発に成功し、磁界感度を大幅に向上させることができました。

#### ナノオキサイドレイヤーによる感度向上

磁界感度を向上することに成功した、極薄酸化層を挿入したCPP-GMR膜構造を図3に示します。従来は金属銅(Cu)層で形成されていた非磁性中間層に、絶縁材料中にナノメートルサイズのメタルバス構造を持つ、ナノオキサイドレイヤー(NOL: Nano-Oxide-Layer)を挿入しました。NOL中に分散したメタルバス構造によって垂直通電時の電流パスが狭窄(きょうさく)されるため、この構造はCCP(Current-Confined-Path)構造と呼ばれています。CCP構造を実現できれば出力が増大することは知られていましたが、このような複雑なナノ微

細構造を作成する手段がありませんでした。当社は、独自のNOL作成技術によって世界で初めてCCP構造を実現し、従来のNOL作成方法に比べて5倍近く抵抗変化率、つまり磁界感度を向上させることに成功しました(図4)。

CCP-NOL構造を持つCPP-GMR膜の電気等価回路を図5に示します。CCP-NOL構造によって電流が狭窄され、抵抗変化率の向上を実現しています。

スピン電流を考慮した電気等価回路モデル解析の結果、独自のNOL形成プロセスによって抵抗変化率が向上したのは、CCP構造のメタルバス純度が向上したことに起因することが明らかになりました。絶縁性酸化層中に純度の高いCCPナノ微細構造を作成することは非常に難しいと容易に想像が付きま

すが、独自の形成プロセスがこのような複雑な構造を可能にしました。

更に、磁化固着層の磁性材料の工夫を行いました。それによって、1平方ミクロン当たりの抵抗が高周波応答に有利な500 mΩ級の低抵抗膜において、抵抗変化率が約8%と高い、非常に高感度な膜特性を得ることに成功しました。記録密度の向上に伴う要求スペックを図6に示します。図中の矢印で示された領域が、200 Gビット/in<sup>2</sup>、400 Gビット/in<sup>2</sup>それぞれの記録密度において必要とされる抵抗及び抵抗変化率です。図からわかるように、実験的に実証された結果は、200~400 Gビット/in<sup>2</sup>の要求スペック範囲に入っています。

#### 今後の展望

CPP-GMRヘッドの実用化には、ナノスケール分析技術を駆使したNOL構造の解明と構造制御を確立することが必要です。今後、CPP-GMRヘッドが実現されると携帯電話などのモバイル用小型HDD市場が拡大発展すると予想され、HDDは、未来の高度情報化時代においても最重要小型ストレージデバイスとなることが期待されます。

福澤 英明

研究開発センター  
記憶材料・デバイスラボラトリー 研究主務