

- (4) "Magnetic tunneling junctions with low resistance and high TMR"

Jijun Sun, T. Uesugi, S. Araki, M. Matsuzaki (TDK)

- (5) 「TMR 素子の磁化反転磁界抑制の可能性について」

平本雅祥, 松川望, 里見三男, 杉田康成, 小田川明弘, 足立秀明, 榊間 博 (松下電器)

- (6) 「MRAM への期待」 高田 裕 (三菱電機)

前半は、希薄磁性半導体(DMS)や半導体/金属グラニューラーなどの新材料に関する講演であり、スピンという自由度がもたらす大きな可能性を実感させた。後半は、HDD 用磁気ヘッドおよび MRAM に関する最新研究の紹介である。以下に個別内容をまとめる。

(1) GaAs 基板上にエピ成長した CrAs は、第一原理計算結果どおり、室温で強磁性体となった。臨界膜厚は 3 nm。磁気モーメントは、ハーフメタリックな性質を反映し $3 \mu\text{B}$ の大きさをもつ。一方、「磁気抵抗スイッチ」と命名された MnSb グラニューラー薄膜は、硫黄終端処理により表面エネルギーを小さくした GaAs 基板上に MBE 法により形成され、室温において 0.2 T の面内磁場で 32000% の正の抵抗変化を示した。抵抗変化のメカニズムはアバランシェ降伏によると推定される。端子間隔を短くし閾値電圧を小さくすると、0.03 T の小さな磁界でも、数十% の抵抗変化が得られた。

(2) III-V 族 DMS である Mn ドープ GaAs に関して多くの実験結果を報告いただいた。この系は低固溶度のため、低温 MBE 法により作成する。Mn5% で T_c 最高 (110 K) となる。ホールの存在が強磁性を安定化にし、P 型であることが必須である。応用面への検討として、非磁性半導体とのヘテロ接合 (Ga, Mn)As/(Al, Ga)As/(Ga, Mn)As における GMR 効果、(Ga, Mn)As/AlAs/(Ga, Mn)As における低温での大きな TMR 効果が示された。また、電界効果トランジスタ構造を用い、電界変化により正孔濃度を変化させ、強磁性-非磁性転移を起こさせることを可能とした。その他、スピン LED を用いたスピン情報による通信の可能性、GaN などのワイドギャップ半導体が低ドープ量での T_c の高温化に有効であることが提案された。

(3) 第一原理計算による、II-VI 族および III-V 族 DMS の材料設計が紹介された。II-VI 族は固溶度大きく大量の遷移金属ドープ可であり、 T_c 高温化、磁化の増大が期待できる。ZnO は、Mn 以外の遷移金属ドープで強磁性、Mn ドープではホール注入により強磁性が発現する。ZnS は、V と Cr ドープ時のみ強磁性となる。ZnTe や ZnO に遷移金属をドープの系は、ハーフメタルとなる。また、ZnO-Ni などの ZnO 系は可視光に対して透明で磁気光デバイスへの応用が期待される。一方、III-V 族では、GaN が V, Cr および少量の Mn ドープにて強磁性を示す。GaAs は V, Cr, Mn ドープにて強磁性となり、ホールの存在が強磁性を安定化させる。一般に、III-V 族 DMS はハーフメタリックになる。

(4) 周波数特性および SN 比向上を目的とした、温度安定性が良く低抵抗な HDD ヘッド用 TMR 膜の最新データが紹介さ

れた。酸化方法は自然酸化法 (20~200 Torr $\times$ 20 分)、膜構成は Bottom Type のスピバルブ型。固定層を積層フェリ構造とすることで、および NiFe 層と Al 層の間に CoFe を設けることで、反強磁性膜アニール時の MR 比減少を回避できた。CoFe 層上には良好に Al が成長。また、ガス・クラスター・イオン・ビーム・エッチングを用いることにより、NiFe 表面粗さを 13.9 Å から 4.9 Å まで改善でき、5 Å 厚でも欠陥の少ない Al 膜が得られ、ジャンクション抵抗を $5.6 \rightarrow 3.6 \Omega\text{cm}^2$ 、MR 比は 10% $\rightarrow$ 14% 以上と大きく改善できた。

(5) TMR 素子微細化による反磁界増大の抑制手段として、フリー層の多層化による実質膜厚の減少を検討した。NiFe 層は、デッド層比率の増大およびハード化が生じるため、薄膜化には限界がある。これを回避するため、NiFe を 2 層化した。積層フェリ構造 (NiFe(5 nm)/Ru(0.7 nm)/NiFe(3 nm))、および静磁結合型 (NiFe(4 nm)/Ta(3 nm)/NiFe(4 nm)) の自由層をもつ TMR 膜を作成。素子幅 2~10 μm の検討範囲では、静磁結合型が抗磁力減少に有効であることが示された。

(6) フラッシュメモリ開発者の立場から、MRAM への期待を語っていただいた。高度情報化社会では、モバイル機器に通信、音楽、情報等多くの機能が要求される。また、廊下や壁に 24 時間待機の電子機器がはめ込まれ、瞬時応答の PC が必要になる。これを実現するためには、低消費電力かつ高速の大容量不揮発性メモリが不可欠である。フラッシュは、書換え時間、回数、電圧の制約から、大容量 ROM としての使い方が主流になると思われる。MRAM の課題は、従来いわれてきたこと以外に、書き換え回数など信頼性検証方法の確立、トンネル酸化膜の劣化メカニズムの解明などである。スピントロニクスなどとの技術的融合により、MRAM 高性能化の技術革新が期待される。

(三菱電機 深見達也)

第 9 回磁性人工構造膜の物性と 機能専門研究会

(第 15 回電気学会 テラバイト 光磁気記録調査専門委員会と共催)

日 時: 2001 年 7 月 17 日 (火) 13:00~17:00

場 所: ソニー(株)本社

参加者: 32 名

世話人: 綱島 (名大), 伊藤 (日大), 金子 (ソニー)

講演題目:

- (1) ODS 2001 報告: 金子正彦 (ソニー)
- (2) 25 GB 容量相変化光ディスク: 古宮 成 (松下)
- (3) NA 0.85, 407 nm 光学系通常膜光磁気記録による記録パワーマージンの増大: 三木 剛 (ソニー)
- (4) 405-nm, 0.60-NA 光学系による 20-Gbit/inch² DWDD メディアへの記録: 坂本哲洋 (ソニー)
- (5) 青色レーザ 50-mm CAD-MSR ディスクシステム: 広兼順司 (シャープ)
- (6) 青色レーザ CAD-MSR 再生安定性の改善: 武藤良弘 (ソニー)

金子氏から今年5月に米国サンタフェにて開催された ODS (Optical Data Storage) 2001 の参加報告があった。今年は参加者も多く、論文の質も高かったとのことで、相変化記録、光磁気記録、マスタリング、成形、近接場記録に分類して主な発表について内容の紹介がなされた。

古宮氏は $l=405$ nm, $NA=0.85$ の光学系、0.1 mm カバー層とグルーブ記録を用いた相変化ディスクで、25 GB (120 mm 直径) を検証した結果を報告した。トラック幅 320 nm, 最短マーク長 185 nm, ビット長 116 nm, 73.9 Mbps で、 6×10^{-6} のビットエラーレートを得た。また将来の2層ディスクにも適用できるアドレス記録方法として、鋸歯状波ウォブルフォーマットを提案した。

三木氏はレーザ波長 $l=405$ nm, レンズ $NA=0.85$ の光学系での通常膜光磁気記録について報告した。光は 0.6 mm 厚さの基板側から入射し、膜側から変調磁界を与えている。RIE 処理をした基板により低ノイズと記録パワーマージンを両立させた。トラック幅 280 nm, ビット長 123 nm, 面密度 18.8 Gb/in² で広いマージンをランドとグルーブの両方で得た。

坂本氏は DWDD 用深溝基板に RIE プロセスを施し、基板表

面粗さを $Ra=0.28$ nm (ランド部), 0.39 nm (グルーブ部) と低減することによってディスクノイズを低減した。その結果 405 nm laser, 0.60 NA を用いた 20 Gb/in² の記録密度においてジッター 14%, ビットエラーレート 10^{-4} を得た。

広兼氏は $l=406$ nm, $NA=0.6$ のシステムで、0.5 mm 厚さの基板、直径 50 mm の磁気超解像 CAD ディスクにて行った 11 Gb/in² の検討結果を報告した。環境温度変化に十分耐えられる広いマージンと機械特性を示した。

武藤氏は静磁結合 CAD メディアの中間層に、従来用いていた Al-alloy に替えて Gd を用いることで記録磁界感度、解像度、再生安定性をバランスよく改善できた結果として、11 Gb/in² を達成したことを報告した。Gd を中間層に用いたのは交換結合力を取り入れる効果を期待したが、実験結果は必ずしもそれだけでは説明できず、界面拡散の寄与などの示唆と議論がなされた。

今回の研究会は各種マージンの測定を元にした発表が多く、実用化に近づいていると感じさせた。活発な質疑により盛況の中で終了した。
(ソニー 金子正彦)

理事会・委員会報告

企画委員会・プログラム委員会報告

6月19日(火)に平成13年度第1回企画委員会および第25回学術講演(9/25~26, 秋田大学)のプログラム委員会が、開催されました。本年の講演会には、シンポジウム講演を含め、合計474件と、ほぼ例年どおりの件数の申し込みがありました。今回は、25周年を記念した特別講演会を開催し、「応用磁気25年の歩み」と題して桜井良文先生(大阪大学名誉教授)から、「垂直磁気記録の25年と今後」と題して岩崎俊一先生(東北工業大学学長)から、また、「応用21世紀の夢」と題して、3つの分野を代表して宮島英紀先生(慶応大学教授)、三浦義正氏(富士通)、荒井賢一先生(東北大学教授)から講演いただきました。

一方、シンポジウム講演のテーマは、「垂直磁気記録技術」、「金属人工格子におけるスピン依存伝導現象」、「半導体スピントロニクス」および「電磁波の生体影響」の4つです。本年も、実行委員会が中心になって精力的に準備を進めておりますので、多くの方が講演会に参加され、活発にご討論いただくことをお願いいたします。

(企画幹事 鈴木良夫)

第2回企画委員会報告

7月23日(月)に平成13年度第2回企画委員会を開催し、第121回研究会「スピントロニクス」の現状と将来展望、応用磁気セミナー「ナノスケールで構造制御された磁性材料とその物性」、第122回研究会「遷移金属/貴金属系磁気記録材料の磁気物性と磁区構造」、第123回研究会「通信用磁気デバイス・磁気MEMSの動向と将来展望」について議論しました。10月23日の第121回研究会では、MRAMやヘッド応用で期待されるTMR素子、およびスピントランジスタなど次世代スピントロニクスへの期待から注目される磁性半導体の話題を取り上げます。12月の応用磁気セミナーでは、パターンドメディアやMRAMなどに関連して注目されている、ナノスケールで構造制御された材料につき、作製方法やそれらに特徴的に出現する物性につき、分かりやすく解説していただきます。また、2002年1月には、貴金属/遷移金属系の磁気記録媒体の物性や磁区観察手法をテーマに第122回研究会を、2002年2月には、通信用磁気デバイス・磁気MEMSをテーマに1泊研究会(第123回)を計画しております。

(企画幹事 鈴木良夫)