

Title	Development of A Spin Rotator for Detecting All Three Magnetization Vector Components by Spin-Polarized Scanning Electron Microscopy and Its Application for Recording Media
Author(s)	Kohashi, Teruo
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3132585">https://doi.org/10.11501/3132585</a>
DOI	10.11501/3132585
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	孝 橋 照 生
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 4 1 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	Development of a spin rotator for detecting all three magnetization vector components by spin-polarized scanning electron microscopy and its application for recording media (スピンのSEMによる全磁化3成分検出のためのスピン回転器の開発とその記録媒体への応用)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 都 福 仁 (副査) 教 授 山 中 高 光 教 授 交 久 瀬 五 雄 教 授 河 原 崎 修 三 教 授 宮 下 精 二

## 論 文 内 容 の 要 旨

高分解能で磁区観察の可能なスピン偏極電子顕微鏡 (スピンSEM) に装着されているスピン検出器は、電子の運動方向と平行なスピン成分は原理上検出できない。このため試料面法線方向に2次電子を取り出しそのスピン分析をする我々のスピンSEMでは試料面垂直磁化成分は検出できなかった。今回、試料とスピン検出器の間にエネルギー分析器として知られているウイーンフィルタを配置し、これをスピン回転器として用いて、電子の軌道は変化させずそのスピン成分を90°回転させることにより、全磁化3成分を検出することを試みた。スピンSEMで回転器が対象とする電子線の線径、開き角は従来のウイーンフィルタが対象としているものの10倍程度と大きく、このままでは電子線の透過率の減少により、検出したスピン成分の統計誤差を増大させる。そこでこのような大きな線径、開き角の電子線への適用を目的に、スピン回転器内の電磁場解析、及びこれを透過する電子の軌道解析を行った。その結果、磁極の形状を従来の角柱から双曲柱にし、更に計8本の角柱状の補助電極を挿入することによって、所期の目的が達成できることが分かった。実際にスピン回転器を製作し、その性能が我々の仕様を満たすことを確認した。

作製したスピン回転器をスピンSEMに装着し、ランド/グループ基盤上の光磁気記録媒体 TbFeCo の記録マークと書き込みレーザーパワーの関係調べた。記録マークのサイズはレーザーパワーとともに大きくなるが、トラックとなるランドやグループの幅以上には広がらない。これはランドとグループの境界部が、磁化反転領域の拡がりを止める役割を果たしているためと考えられ、この記録方式が高密度化を図る上で有効であることが確認できた。また TbFeCo の記録マークの形状、及び形成される過程の下地膜の平滑さ依存性を調べた。平滑な下地膜上では小さな磁化反転核からの印加磁界に敏感な磁壁の広がりによってマークは形成され、その形状は歪となる。これに対し、平滑でない下地膜上では広い印加磁界の範囲にわたって、多くの磁化反転核の集合としてマークは形成され、滑らかな形状となる。これは磁壁のピンギング効果が下地膜の平滑さによって異なることが原因と推定される。

続いて斜め磁気記録媒体 Co-CoO の残留磁化状態において、この媒体のノイズの原因と思われる逆磁区の性質を磁区観察の立場から調べた。磁区境界部で磁化ベクトルは漏洩磁界の影響を受けて還流磁区的な構造をとり、記録状態における出力信号の低下をもたらしていると考えられる。これより、異方性を大きくすること等により還流磁区的な

磁化ベクトルの振る舞いを抑制できれば、信号を増大させることができると思われる。また逆磁区のサイズは、残留磁化状態を作る際の外部磁場方向を磁化容易軸に近づけるほど大きくなることを確認した。ノイズを減少させるためには逆磁区を小さくすればいいので、3次元的に分布するヘッドからの磁界強度を調節することにより、記録ビット内の逆磁区の大きさを縮小し、媒体ノイズの減少ができることを示唆している。

## 論文審査の結果の要旨

従来の磁気テープ等、磁気記録では強磁性体の磁化は反磁場を小さくするように基板の面内方向にあるのが普通です。磁気記録密度を上げるには、基板の垂直方向に磁化させる方がよいので、最近はこの方向での磁気記録技術の開発が進んでいます。

Spin SEM は、電子の運動方向に対して垂直に偏極した電子スピンを持つ電子を金のスピン軌道相互作用を利用し、Rutherford 散乱の高次成分として up spin, down spin を検出できるが、電子の運動方向のスピン成分は検出できない構造になっている。このため磁性膜に垂直に磁化したスピンの検出は不可能であったが、磁性膜から飛び出した電子スピンの方向を90度回転させるスピン回転器を Spin SEM 装置に組み入れて、検出可能にした。

また、この装置を用いて基板の膜に斜めに磁化した磁気記録媒体を TbFeCo, Co-CoO 強磁性体で作成し、3次元的にスピン成分の検出を行い、磁区観測を行った。現在工業的には、10 Å のサイズを目指した開発が進行中ですが、孝橋君は200 Å 程度の強磁性磁区の性質を基板、あるいは記録時のレーザー power 等との関係で研究し、信号強度の向上とノイズ低下との関係を明らかにしています。Spin SEM 装置の開発とそれを利用した磁性薄膜の研究は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。