

Title	Study of Spin-Polarized Scanning Electron Microscopy for Observing Magnetic Domains
Author(s)	松山, 秀生
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3097508">https://doi.org/10.11501/3097508</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	まつ 松	やま 山	ひで 秀	お 生
博士の専攻分野の名称	博 士 ( 理 学 )			
学 位 記 番 号	第 1 1 4 8 0 号			
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 6 月 9 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	Study of Spin - Polarized Scanning Electron Microscopy for Observing Magnetic Domains (磁区観察用スピンの偏極走査電子顕微鏡に関する研究)			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 都 福 仁 (副査) 教 授 榊 田 孝 司      教 授 邑 瀬 和 生      教 授 池 谷 元 司 助 教 授 河 原 崎 修 三			

### 論 文 内 容 の 要 旨

スピンの偏極走査電子顕微鏡 (スピンSEM) は'84年小池等によって開発された磁区観察装置であり、強磁性体から放出される2次電子のスピンの磁化を反映して揃っている現象を利用している。この手法は原理的に1) 厚い試料でも高分解能, 2) 磁化方向の定量検出, 3) 表面の凹凸に依存しない磁化情報の抽出等の特長を有する。これらの特長から、磁気記録状態等の観察に適用することが期待されている。しかし、これまで達成されていた分解能50nmでは、高密度化著しい磁気記録分野に対応するには不十分であった。また、その特長を十分に引き出すには専用データ収集・表示装置の開発が必要であった。本論文では分解能20nmを有するスピンSEMの実現、および専用データ収集・表示装置を報告する。

スピンSEMの磁区分解能はプローブ径で決まるが、一般にプローブの細束化はプローブ電流の減少を招く。この減少は、通常nA以上のプローブ電流を必要とするスピンSEMでは大きな問題となる。これはスピン検出器が通常のSEMの2次電子検出器と比べ効率が4桁以上低いことによる。したがって高分解能化には、プローブの細束化、nAオーダーのプローブ電流、およびスピン検出の高効率化が必須となる。

プローブの細束化には、2次電子収集電極と干渉しない低収差対物レンズを実現することが必要である。そこで種々のレンズ形状に対して収差計算を行い、プローブ径20nm以下を満足する最適形状を選定した。プローブ電流は高輝度熱電界放出電子銃を採用することによって、1nA以上を確保した。スピン検出器の高効率化は、検出器内部の4個の電子検出器の電子取込み立体角を従来の3倍にすることによって実現した。さらに2次電子収集・伝送光学系で2次電子のロスがないようにシミュレーションによって最適化を行った。以上によって、磁区分解能20nmを達成した。この分解能は磁化分布を直接観察するスピンSEM、カー顕微鏡等のなかでは世界最高の値である。

スピンSEM用データ収集・表示装置に要求される仕様は通常のSEM用のものとはことなる。これは、スピン検出器の効率が非常に低いこと、2次電子の偏極ベクトルの2成分と試料吸収電流を同時に検出すること、また各偏極ベクトル成分はスピン検出器からの2つの出力信号から高速に演算する必要があることによる。このため長い走査時間、複数の入力信号に対応した入力・表示装置、高速演算器等が必要となる。さらに定量解析するには各検出信号は数値データ

としてメモリに蓄積することが必要となる。そこで32面のフレームメモリ，高速演算器を備えた画像処理装置，高解像度モニター等より構成される専用データ収集・表示装置を作製し，上記要求を満足させ，かつ使い勝手も大幅に向上させた。

## 論文審査の結果の要旨

強磁性体は，静磁気エネルギーを下げるために強磁性スピンの磁区構造を作っている。こめ磁区構造はスピン偏極走査電子顕微鏡で観察することができる。この装置をスピンSEMと略称している。スピンSEMは1984年に日立製作所中央研究所の小池らによって開発された。原理は電子ビームを金属強磁性体に照射すると，強磁性体モーメントと反平行の向きのスピンを持った電子が放出される。

電子を対物レンズで細いビームにしぼり金で反射させる。このとき金原子のクーロン場を受けてラザフォード散乱される。散乱角が電子のスピンの向きで違うことを利用して，磁区内のスピンの向きを決めることができる。

このときの分解能は（1）磁区にあてる電子のビームを絞るための電極のプロープの改善（2）磁区から飛び出した電子を集めて収束させる対物レンズ（磁氣的）の改良（3）電子検出器の立体角をできるだけ大きくする等，改良が必要になる。

学位申請者はスピンSEMの開発された年に入社し，装置の改良に従事し，従来200nmの分解能を20nmにまで改良した装置を開発した。この改良により，磁気メモリの解析及び物理的な研究への応用を可能にした。審査委員一同は，博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認めた。