

10 多重磁極マグネトロンスパッタの磁場シミュレーションと機能膜開発

梶岡 秀, 新田 明, 宮野 忠文, 藤原 義也, 山縣 悠*, 福原 隆行*

Magnetic simulation for magnetron sputtering with MMPC(multipolar magnetic plasma confinement) and electromagnetic wave shield effect of Ni thin film

KAJIOKA Hideshi, NITTA Akira, MI YANO Tadafumi, FUJIWARA Yoshinari
YAMAGATA Yu and FUKUHARA Takayuki

It was proved that electromagnetic wave shield effect of a Ni thin film produced by multiple magnetic pole magnetron sputtering technique was superior to the effect of an Ni thin film produced by the electroless plating.

In order to efficiently decide the ideal magnet arrangement of the multiple magnetic pole magnetron sputtering equipment, magnet arrangement that make erosion region expanded is obtained by magnetic simulation. The comparison was carried out by magnetic simulation and magnetic field visualization system using simple model, and it was confirmed that by making appropriate simulation model, simulation result which is nearly equal to the actual measurement was obtained.

キーワード：多重磁極マグネトロンスパッタ，電磁波シールド，磁場シミュレーション，磁場測定

1 緒 言

低圧力における強磁性体材料の高速スパッタはこれまで困難とされてきたが、著者らは通常のプレーナマグネトロンの側面に永久磁石を配置することで、ターゲット表面の磁場分布を改善し、従来のプレーナマグネトロンスパッタ法に比べてエロージョン領域を拡張した多重磁極マグネトロンスパッタ法を開発した。^{1), 2)}

このスパッタ法の特徴は、側面に永久磁石を配置し、ターゲット上の磁場分布を制御し、エロージョン領域を拡大できる点にある。しかし理想的な磁石配置を決定するために、磁石配置の異なる複数のスパッタガンを作製し、試行錯誤により理想的な磁場分布を求めることはコストと開発期間の面で非効率である。そこでシミュレーションによりターゲット上の磁場を解析することで、エロージョン領域が拡大される磁石配置を求め、スパッタ速度の向上およびターゲット利用効率の改善を目指す。

また、多重磁極マグネトロンスパッタ法により作製される薄膜の応用として、電気・電子機器から発生する電磁波対策技術の1つである電磁波シールドへの適用を目指し、多重磁極マグネトロンスパッタ法により

磁界に対してシールド効果を持つNi薄膜を作製し、無電解めっき法により作製したNi薄膜との電磁波シールド効果の比較および電磁波シールド効果の膜厚依存性について調べた。

まず、はじめに電磁波シールド効果について、次に磁場シミュレーションについて述べる。

2 電磁波シールド評価

2.1 無電解めっき法と多重磁極マグネトロンスパッタ法で作製したNi薄膜の電磁波シールド効果の比較

無電解めっき法によるNi薄膜と高周波直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法によるNi薄膜の電磁波シールド効果の違いをKEC法で測定した。

膜の厚さはめっき法、スパッタ法ともに片面1.5μmずつの両面で3μmとした。基板には、図1に示すように100mm角の試料の周囲に導電テープをはり、120mm角の大きさにして測定した。

測定した周波数は10MHz~1000MHzの範囲を10MHzおきに測定した。

電界のシールド効果を図2に示す。これにより高周波直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法によるNi薄膜の方が無電解めっき法によるNi薄膜より約20dB(100倍)良いことがわかる。

*広島工業大学

磁界のシールド効果を図3に示す。これより電界の時と同じく高周波 直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法による Ni 薄膜の方が無電解めっき法による Ni 薄膜より約40dB(10000倍)良いことがわかる。

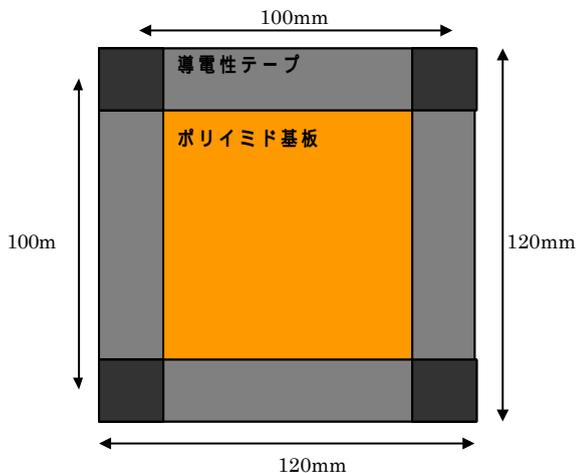


図1 120 x 120mm ポリイミド基板

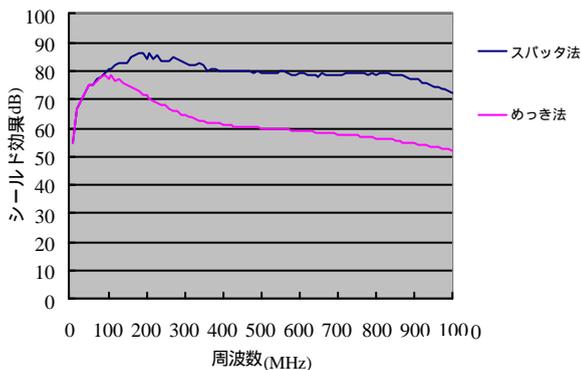


図2 電界シールド効果

2.2 膜厚による電磁波シールド効果の比較

高周波 直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法により 10nm, 100nm, 500nm, 1 μ m, 3 μ m, 5 μ m と厚さの異なる 6 種類の Ni 薄膜を KEC 法により電磁波シールド効果を測定した。

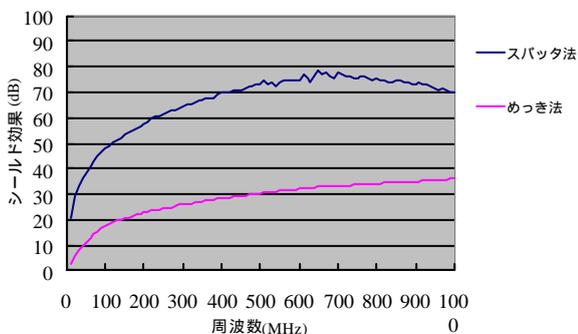


図3 磁界シールド効果

電界のシールド効果を図4に示す。この図より本実

験ではガラス基板に何も成膜していない状態の 0 μ m では、ほとんどシールド効果が出ていないということがわかる。薄膜が透けて見える 10nm という厚さでは、基板に何も成膜してない時と比べると、かなりのシールド効果が出ていることがわかる。さらに、100nm, 500nm, 1 μ m, 3 μ m と膜厚の増加とともにシールド効果は著しく向上していることがわかる。3 μ m と 5 μ m の膜厚では、10MHz ~ 1000MHz までのすべて周波数で当センターが保有している KEC 法の測定限界である 2mm のアルミ板とほぼ一致した。

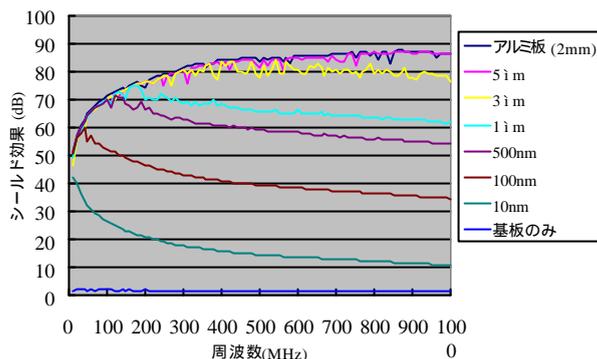


図4 電界シールド効果

次に磁界のシールド効果を図5に示す。磁界のシールド効果も電界の時と同じく何も成膜していない基板ではほとんどシールド効果が出ていないというのがわかる。そして、膜厚の増加とともにシールド効果は著しく向上し、3 μ m と 5 μ m の膜厚では、携帯電話に使われている 800MHz 以上の高周波でシールド効果は飽和し、2mm のアルミ板とほぼ一致していることがわかった。

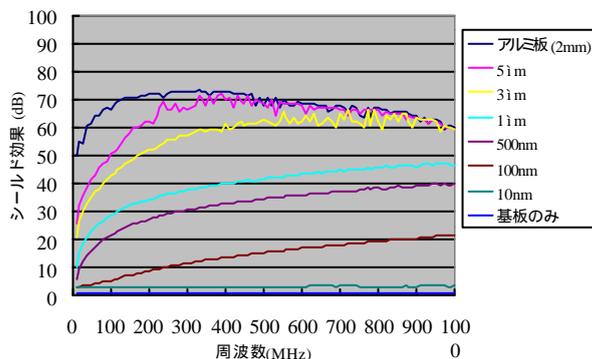


図5 磁界シールド効果

3 磁場シミュレーション

3.1 磁場シミュレーション

本研究では、まず磁場シミュレーション技術を確立するため、多重磁極マグネトロンスパッタガンの基本構成要素となる磁石一個による磁界分布のシミュレーション解析を行い、空間磁場自動計測可視化システム³⁾を用いて測定した磁束密度の実測値との比較を行うことで適切なシミュレーションモデルのサイズ、メッシュの切り方を検討した。

シミュレーションには、有限要素法を用いた電磁界解析ソフトウェアであるMAGNA/FIMを用いた。

シミュレーションの対象とする磁石は表面磁束密度270mT、直径20mm、厚さ3mmの円筒形ネオジウム磁石を用いた。シミュレーションモデルはサイズ、メッシュ形状、形状の異なるモデルを作製し、磁石の磁気特性に関しては磁石メーカーの公表している値をもとに材料特性を指定した

一方、磁束密度の実測は3つのホール素子の位置をアクチュエータで補正を行いながら測定できる空間磁場自動計測可視化システムを用いて60×60×50mmの空間を2mm間隔で測定を行った。

3.2 シミュレーション結果

図6に最適化したシミュレーションモデルでのシミュレーション結果と実測値の磁石中心軸上での比較結果を示す。横軸が磁石中心からの距離、縦軸が磁束密度の合成値を表しており、図から実測値とシミュレーション値がほぼ一致していることがわかる。測定した空間内での誤差は最大で4.42%であった。

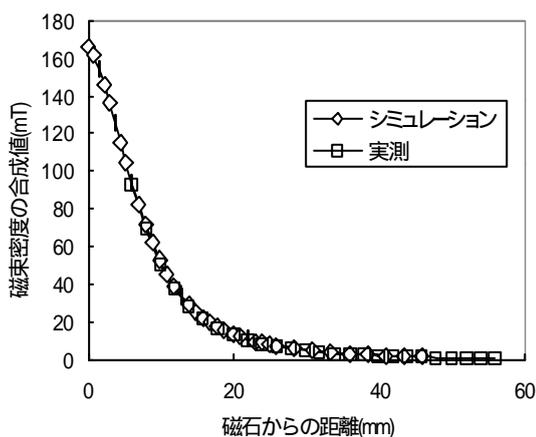


図6 磁石中心軸上での比較

図7に磁石表面から5.8mm離れた平面での磁束密度分布を示す。このグラフでは図の真中にあるようなカラースケールで磁束密度の大きさを示してお

り、グラフよりシミュレーションにより磁石による磁界分布を再現できていることがわかる。

以上のことから、磁石単体において適切なシミュレーションモデルを作成すれば実測値に近いシミュレーションの結果を得られることが確認できた。

4 結 言

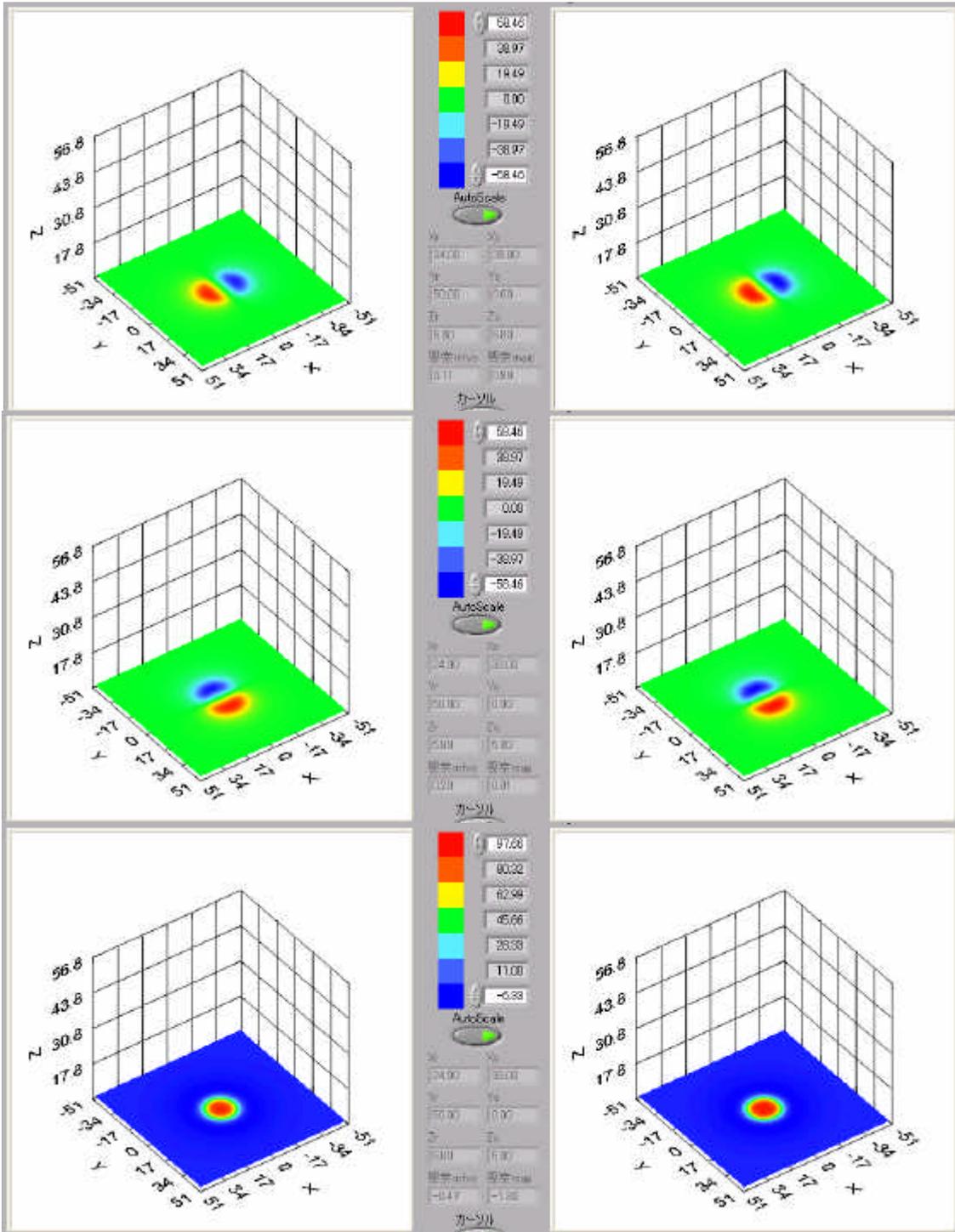
高周波 直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法により作製したNi薄膜をKEC法により電磁波シールド効果を測定したところ、次のことが明らかになった。

- (1) 高周波 直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法により作製した Ni 薄膜は、無電解めっき法により作製した Ni 薄膜に比べて、膜厚 3 μm の時に電界シールド効果は約 20dB (100 倍)、磁界シールド効果は約 40dB (1000 倍) も良いことが分かった。
- (2) 高周波 直流結合型多重磁極マグネトロンスパッタ法により膜厚を10nm, 100nm, 500nm, 1 μm, 3 μm, 5 μmと変えて作製したNi薄膜は、膜厚の増加にともないシールド効果が著しく向上し、3 μm の厚さで電界、磁界ともに今回の実験で使用したKEC法の測定限界である、2mmのアルミ板と同等のシールド効果が得られることが分かった。

また、磁石による磁束密度の分布をシミュレーションおよび実測により比較を行い、シミュレーションモデルのサイズ、メッシュなどが適切なシミュレーションモデルを作成すれば、実測値に近いシミュレーション結果を得られることを確認した。今後の展開としてターゲット等の材料を含む系で実測値とシミュレーション値を比較し、最終的には多重磁極マグネトロンスパッタ装置を対象として磁場シミュレーションを行い多重磁極マグネトロンスパッタガン構造の最適化を図る。

文 献

- 1) M.Mikami et al.: Surf.Coat.Technol. 133-134, 295 (2000)
- 2) K.Kawabata et al.:J.Vac.Sci.Technol. A19, 1438 (2001)
- 3) 田尾博幸, 中平宏: 電子情報通信学会, TA-2-5 (2000)
- 4) 田尾他: 西部工技研究報告, No41(1998),29 図1



実測

シミュレーション

図7 シミュレーションと実測値の比較