

イオン衝撃によるMgOスパッタ薄膜からの二次電子放出とその膜厚依存性

薄膜・表面物性研究室 藤本 崇

M033510 Takashi Fujimoto

1. 目的

酸化マグネシウム (MgO) はイオン励起による二次電子放出係数が高いため、プラズマディスプレイパネルの電極保護材として活用されている。表面からの電子放出は微小なラフネスによって影響を受けると考えられるため、本研究ではMgOのスパッタ製膜を粗い膜のしやすい高圧力環境下で行い、膜の粗さとともに二次電子放出係数を測定した。

2. 二次電子放出係数の測定方法

MgO膜はRFスパッタリング装置によって作製した。ターゲットにはMgOの焼結体を用いた。Arガスを流量 8sccmで、また反応性ガスとしてO₂を流量 2 sccmで導入し、排気バルブのコンダクタンスを調節して全圧を 2、5、10、20 Paにし、製膜を行った。RF放電電力は 100 Wで一定とし、各圧力で膜厚 50、100、200nmのMgO薄膜試料を作製した。基板にはHFエッチングによって酸化膜を除去した低抵抗のn型Siの(111)面を用いた。

作製した MgO 薄膜試料に対して原子間力顕微鏡 (AFM) を使い、表面形状を測定した。得られた表面プロファイルから、観測範囲を変化させつつ RMS ラフネスを求めていき、表面ラフネスのスケール性[1]を評価した。

また、XPS装置において二次電子放出係数の測定を行った。測定は[2]の方法に従った。概念図を図 1 に示す。二次電子放出係数は、二次電子電流 I_s を一次イオン電流 I_p で割ったものである。試料から出た二次電子は電圧を加えたコレクターで集める。このコレクター電流はそのまま I_s となる。一方イオン電流は、ターゲット電流 I_t とコレクター電流を加えたものになるので、図 1 のように電流の向きを指定すると、

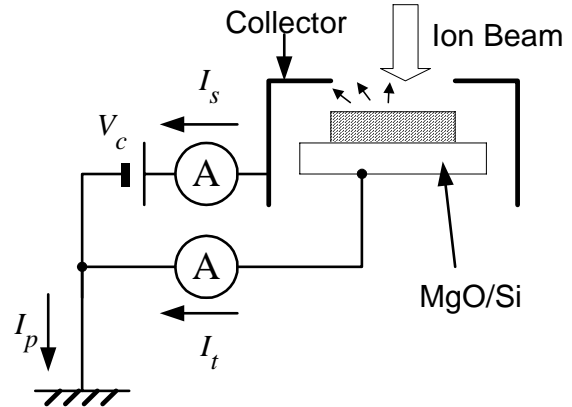


図 1: 二次電子放出係数の測定系

結局 γ は

$$\gamma = \frac{I_s}{I_p} = \frac{I_s}{I_t + I_s} \quad (1)$$

と表される。測定時圧力は 3.3×10^{-6} Pa以下、一次イオンには 1keVのAr⁺イオンを用いた。一次イオン電流は約 0.40 μ A、イオンビーム径は 1mm 以下であった。

3. 結果および考察

20 \times 20 μ m²の範囲のAFM画像より、観測スケールを $L=0.13 \sim 17\mu$ mの範囲で変えたときの平均自乗ラフネスのスケール依存性を求めた結果が図 2 である。Si₃N₄の探針は絶縁性であり、AFM画像に帯電によると思われるスパイク状の乱れが発生していたが、導電性のSiの針を用いることにより良好な画像を得ることができた。

全体として、ラフネスは圧力および膜厚とともに増加する傾向にあった。

二次電子放出係数の測定例を図 3 に示す。50nm、100nm の試料では飽和値が確認でき、飽和値は 2.2~3 となった。この値は従来の報告値にくらべ、かなり大きな値となってい

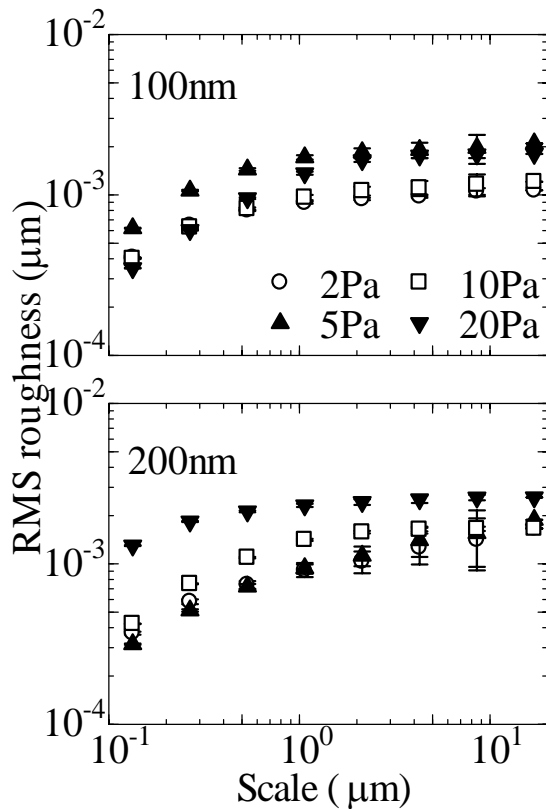


図 2: MgO 薄膜の RMS ラフネス

る。この原因としては、今回の測定におけるイオンビームのエネルギーが 1kV と大きいと考えられる。一方、200nm の試料では二次電子電流の立ち上がるためのコレクター電圧がさらに大きくなり、の飽和値を求めることは不可能であった。他の圧力においても同様の傾向が得られ、製膜時圧力あるいは表面ラフネスによるの違いはあまりみられなかった。

各膜厚の比較を行うと、飽和値の違いはあまりみられず、膜厚が薄いほど低電圧でが立ち上がることがわかった。この原因として次のように考察した。

イオンビームがサンプルに照射されることにより膜表面が正に帯電し、コレクターに電子が捕集されにくい状態が続く。コレクター電圧 V_c が上昇し、ある値から電流は急激に流れ出す。電流が流れた時のコレクター電圧 V_d は、膜表面の電位に等しいと考えられる。基板からの電子の供給が、MgO の絶縁破壊によるものと考えれば、膜厚によるコレクター電圧の依存性は、絶縁破壊が一定の電場で生じているものと理解できる。図 3 より絶縁破壊時に膜に働く電場は約 10^9 [V/m] と見積もられる。イオンビーム

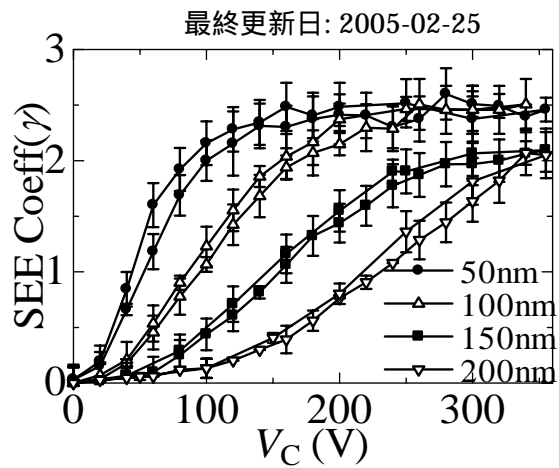


図 3: 二次電子放出測定結果(10Pa)

加速電圧を 1kV から 2kV に変化させると、それに応じての立ち上がりも各電圧に対して 2 倍となった。またイオン化室の圧力を変化させる、つまりビーム電流を変化させたことに対しは変化していなかった。これらのことよりの立ち上がりの電圧依存性は表面からの電子放出などの電流の影響ではなく、膜の電場によるものであることが理解できる。

4. まとめ

RF スパッタにより MgO 膜を作製し、表面ラフネスと二次電子放出率を測定した。

二乗表面粗さは飽和領域で 1~2nm、横相関長さとしては 1~3 μ m の値が得られた。また、高圧力下の膜ほど粗くなる傾向があった。

二次電子放出率は、100nm 厚の膜で 2.5 程度の値が得られ、製膜時圧力によらず、また表面粗さと大きな相関は見られなかった。二次電子電流は、膜厚が小さい程、低電圧で立ち上がっていた。

参考文献

- [1] A.-L. Barabási and H. E. Stanley, *Fractal Concepts in Surface Growth* (Cambridge Univ. Press, Cambridge) 1995.
- [2] K. Yoshida, H. Uchiike and H. Sawa: IEICE Trans. Electron., **E82-C** (1999) 1798.