

[研究論文]

スパッタ法による MgO 薄膜電極の 二次電子放出係数に及ぼす基板温度と膜厚の影響

三栖貴行¹・浪江正宗²・後藤みき³・荒井俊彦³

1 ホームエレクトロニクス開発学科

2 博士前期課程電気電子工学専攻 (現・岩崎電気株式会社)

3 電気電子情報工学科

Effect of substrate temperature and film thickness on the secondary electron coefficient of MgO thin film electrode by sputtering

Takayuki MISU¹, Masamune NAMIE², Miki GOTO³, Toshihiko ARAI³

Abstract

MgO thin films were prepared on quartz glass substrates by RF magnetron sputtering using a MgO target. The secondary electron emission coefficient for MgO thin films was examined in relation to substrate temperature and film thickness. The breakdown voltage for MgO thin films was measured by the V-Q Lissajous method. The determination of the secondary electron emission coefficient was based on the measured breakdown voltage and Townsend's breakdown criterion. It is found that the secondary electron emission coefficient has a maximum at the substrate temperature of about 500°C and the film thickness of around 20nm.

Keywords: MgO thin films, sputtering, Breakdown voltage, secondary electron emission coefficient, cold cathode

1. まえがき

近年の省エネ、省資源化意識の高まりの中で、蛍光灯や液晶バックライトに用いられる冷陰極蛍光ランプ(CCFL)においても省電力化、長寿命化が求められている。したがって低電圧で駆動する電極材料が一つの重要なキーフクターである。そこで高いスパッタリング耐性と二次電子放出係数(γ 値)をもつ MgO(酸化マグネシウム)に着目し、電極材料としての応用を検討するため、MgO 成膜の二次電子放出に及ぼすスパッタリングガスの影響を調べた。その結果、スパッタリングガス Ar に O₂ ガスを 20%以上添加すると γ 値は増加し、O₂ 単ガス中で得られたものとほぼ同じ値であることがわかった¹⁾。

本研究ではスパッタリングガス Ar/20%O₂ を用いて作製した MgO 薄膜の二次電子放出に及ぼす基板温度と膜厚の影響について検討したので報告する。

2. 実験装置および測定方法

図 1 に成膜に用いた RF マグネトロンスパッタ装置の概

要を示す。チャンバー内の寸法はアノード直径 40mm、カソード直径 80mm、電極間距離は 50mm である。ターゲットには MgO 焼結体、基板には石英ガラス板(10mm 角、厚さ 0.3mm)を用いた。

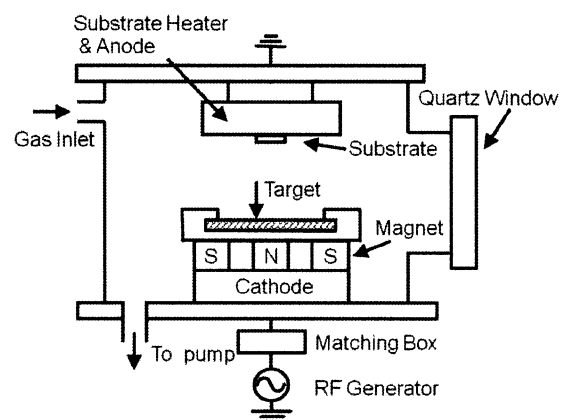


Fig.1 RF magnetron sputtering system.

サンプル電極の成膜条件は RF100W、ガス圧力 0.5Pa、スパッタリングガスには Ar/20%O₂ 混合ガスを使用し、ガス流量は 5sccm 一定とした。MgO の堆積速度は触針段差計を用いて測定した。サンプル電極成膜時の基板温度は、200°C から 700°C まで変化させ、5 時間堆積し、作製したサンプル電極の γ 値を測定した。また、サンプル電極の膜厚は堆積時間を変えて 10nm から 160nm まで変化させ、作製したサンプル電極の γ 値を測定した。

図 2 に放電開始電圧の測定装置図を示す。Ne ガス中での MgO 薄膜電極の放電開始電圧は電極間隔 2mm 一定とし、V-Q リサージ法で測定した²⁾。この方法により電極が誘電体のため電極面に誘起される壁電圧を考慮した放電開始電圧が測定できる。 γ 値は測定した放電開始電圧を用い、Townsend の火花条件式から決定した。

3. 実験結果と考察

3.1 MgO の堆積速度

図 3 は MgO の堆積速度と石英基板温度との関係を示す。

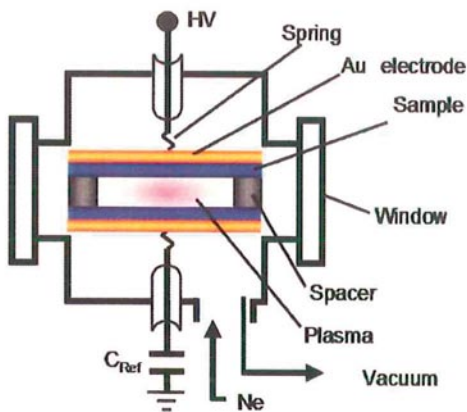


Fig.2 Experimental set-up used for breakdown voltage measurements.

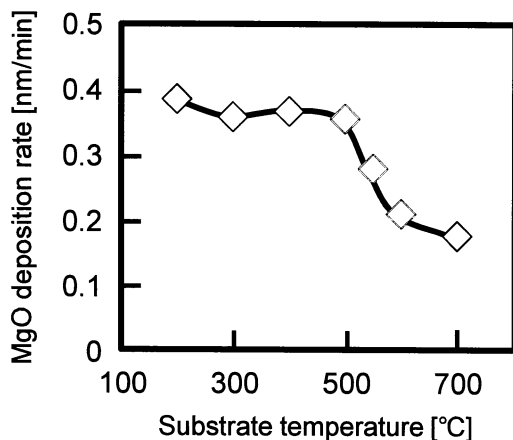


Fig.3 MgO deposition rate as a function of substrate temperature.

堆積速度は基板温度 500°C までわずかに減少し、その後急激に減少した。これは基板が高温になるほど膜表面や内部での拡散が起こりやすくなり、膜が高密度化するので、堆積速度が減少したものと考えられる³⁾。

3.2 MgO 薄膜電極の放電特性

図 4 は MgO 膜厚 100nm とし、基板温度を変えて作製した MgO 薄膜電極での放電開始電圧と $p \cdot d$ (圧力×電極間隔) との関係を示す。放電に用いたガスは Ne である。基板温度 500°C で作製したサンプル電極が最も低い放電開始電圧を示した。各サンプルの放電開始電圧は $p \cdot d = 4$ [Torr·cm] のとき最小値を示した。

図 5 は MgO 膜厚 100nm のときの γ 値と成膜時の基板温度との関係を示す。 γ 値は 500°C のサンプル電極で最も高い値を得た。 γ 値の変化が、X 線回折(XRD)による測定で得た(200) 配向面の回折強度の変化と一致している⁴⁾。 γ 値の増加は結晶性の変化により仕事関数が低下したのと考えられる⁵⁾。

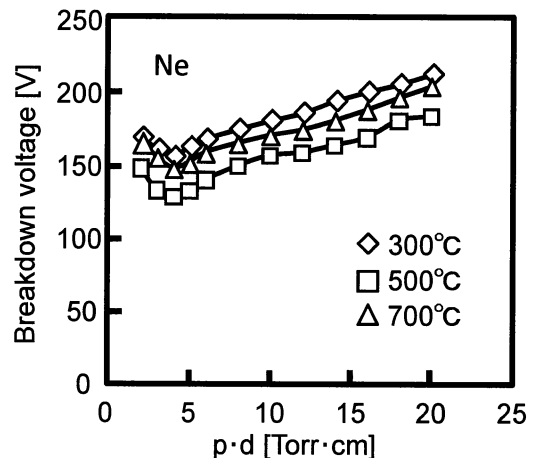


Fig.4 Breakdown voltage as a function of pd .

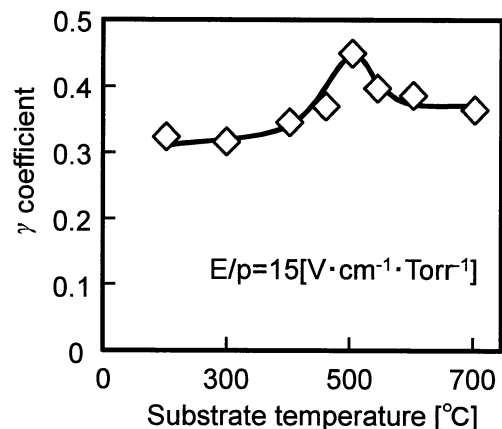


Fig.5 γ coefficient as a function of substrate temperature.

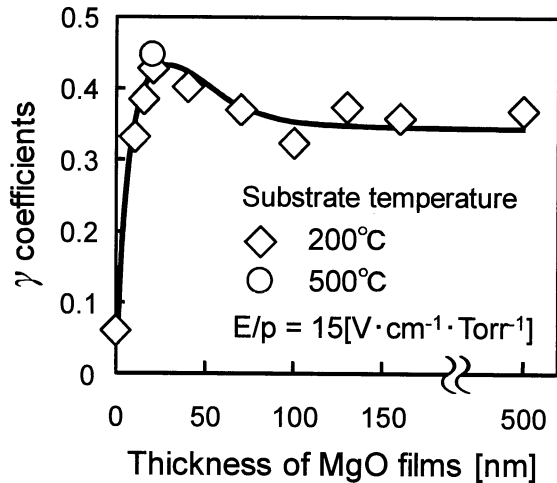


Fig.6 γ coefficient as a function of thickness of MgO films.

図6は基板温度200°Cのときの γ 値とMgO薄膜の膜厚との関係を示す。また、基板温度500°C膜厚20nmのサンプル電極の γ 値も一緒に示してある。 γ 値は膜の厚さとともに増加し、膜厚が約20nmで最大を示し、その後減少し100nm以上では変化が見られなかった。スパッタリングによる薄膜の成長過程では、スパッタ粒子が基板に入射し、基板原子とスパッタ原子が混在する中間層が形成されることが確認されている⁹⁾。膜厚20nm付近で γ 値が高くなるのは、不純物層の仕事関数の影響によるものと考えられる。最後に、最も高い γ 値を得た基板温度と膜厚条件においてサンプル電極を作製し評価した結果、 $\gamma=0.45$ と高い値が得られた。

4. まとめ

RFマグネトロンスパッタ法を用いて作製したMgO薄膜電極の二次電子放出係数 γ 値を評価し、以下の結果を得た。

- 1) 堆積速度は500°C以上で顕著に減少した。
- 2) 二次電子放出係数 γ は基板温度500°C、膜厚20nmの成膜条件で作製した電極で最も高い値を得た。

参考文献

- [1] T. Misu, M. Sugimoto, M. Namie, M. Goto and T. Arai: Discharge characteristics of MgO thin films deposited by sputtering, ICPIG, 3P15-11, pp.1221-1223, Prague, Czech Republic (2007).
- [2] T. Tamida, A. Iwata and M. Tanaka: Discharge Measurements of ac Plasma Display Panels by V-Q Lissajous Figure, T. IEEE Japan, 118-A, 353, (1998).
- [3] 小林春洋著:スパッタ薄膜. 日刊工業新聞社 (1993).
- [4] Y. Kaneko, N. Mikoshiba and T. Yamashita: Preparation of MgO thin films by RF magnetron sputtering, Jpn. J. Appl. Phys., 30, 1091 (1991).
- [5] E.-H. Choi, J.-Y. Lim, Y.-G. Kim, J.-J. Ko, D.-I. Kim, C.-W. Lee and G.-S. Cho: Secondary electron emission coefficient of a MgO single crystal, J. Appl. Phys., 86, 6525, (1999).