金属基板上に形成した Al_2O_3 薄膜のアニール効果*

瀧川 貴稔**・山中 正策**・五十嵐 廉**

(昭和63年2月5日 受理)

Annealing Effect on Electric Properties of Aluminum Oxide Films
on Metal Substrates

Takatoshi TAKIKAWA**, Syosaku YAMANAKA** and Tadashi IGARASHI**

(Itami Laboratories, Sumitomo Electric Industries, Ltd. Itami-shi, Hyogo)

(Received February 5, 1988)

1. 緒 言

半導体素子の高集積化，高速化，および信頼性の向上に対応できる実装材料が求められている．高速動作する素子を高密度で，かつ，トランスファー樹脂モールドやガラス封止などの信頼性の高い実装が可能な配線基板として，セラミック薄膜で金属基材を絶縁被覆した基板を作製した¹⁾．

このような基板は，組立実装過程で受ける熱に対する特性の安定性が必要である．

本報では，金属基材に被覆したセラミック絶縁薄膜の熱安定性について述べる．

2. 試料および実験方法

金属基材には半導体素子の実装材料として広く用いられている Fe-42%Ni 合金圧延板 (板厚 0.25 mm, 表面粗さ R_{max} 0.2 μm) を用い，セラミック絶縁薄膜として熱膨張係数が Fe-42%Ni 合金に比較的近い酸化アルミニウム (以下， Al_2O_3) を被覆した．

Al_2O_3 薄膜は高周波 (13.56 MHz) 励起イオンプレーティング法²⁾で形成した．蒸発源に Al_2O_3 焼結体を用い，基板温度 673 K，酸素圧 5×10^{-2} Pa，高周波電力 100 W，成長速度 5 nm/s で成膜し，厚さ 3.5~8 μm とした．

熱安定性を調べるために， Al_2O_3 を被覆した基板を 473~973 K の大気中で 0.6~1.8 ks 間アニールし，膜構

造および電気的特性の変化を調べた．

膜構造は X 線回折および透過電子顕微鏡で調べた．電気的特性として，絶縁破壊電圧 (電界) および電流-電圧特性を測定した． Al_2O_3 薄膜上に 2 mm² の Al 電極を蒸着し，直流電圧を 100 V ステップで 10 s 間ずつ印加して 0.1 mA の電流を検知した時の電圧を破壊電圧とした．

3. 実験結果

3.1 Al_2O_3 薄膜の構造および特性

Al_2O_3 薄膜のアニール前の特性を Table 1 に示す．薄膜の組成は，焼結体を参照試料とする EPMA 分析の結果，化学量論組成に比べやや Al 濃度が高い．屈折率 (633 nm) および誘電率 (1 MHz) は，それぞれ 1.61 および約 7³⁾ で，単結晶より低い値となっている．

Fig. 1 に示す X 線回折図形には回折ピークは見られず，結晶相は検出されない．

しかし，Fig. 2 の透過電子顕微鏡組織には直径約 20

Table 1 Properties of aluminum oxide film prepared by r.f. ion plating

Composition	43 at% Al
Structure	Amorphous (microcrystalline)
Refractive index	1.61 (633 nm)
Dielectric constant	~7 (1 MHz)
Dielectric strength	1 MV/cm MIN.
Resistivity	~10 ¹⁵ $\Omega \cdot \text{cm}$

* 昭和62年11月30日 第28回真空に関する連合講演会で講演 (13Bp-4)

** 住友電気工業株式会社伊丹研究所 (兵庫県伊丹市)

Fig. 1 X-ray diffraction patterns for aluminum oxide films on Fe-42%Ni alloy substrates.

Fig. 2 Microstructure of aluminum oxide film.

Fig. 3 Surface morphology and fracture surface of aluminum oxide film on Fe-42%Ni alloy substrate.

nm 程度の粒子が観察され、微結晶相を含む非晶質であると考えられる。

Fig. 3 に薄膜の表面および破面の走査型電子顕微鏡組織を示す。比較的平滑で緻密な薄膜が形成されている。

Fig. 4 に膜厚 $3.8\mu\text{m}$ の薄膜の絶縁破壊頻度のワイブ

Fig. 4 Dielectric strength of aluminum oxide film on Fe-42%Ni alloy substrates.

Fig. 5 Leak current (density) - voltage (field) characteristics of aluminum oxide film.

ル分布を示す。400 V (1 MV/cm 以上) の破壊電圧が得られている。

3.2 アニール効果

Fig. 1 に、473 K~973 K で 1.8 ks 間アニールした薄膜の X 線回折図形を示す。いずれの温度においても回折ピークは見られず、大きな構造変化は認められない。

Fig. 4 に絶縁破壊電圧に及ぼすアニールの影響の例として 773 K で 0.6 ks 間アニールした後の絶縁破壊頻度のワイブル分布を示す。773 K 以下の温度におけるアニールでは絶縁破壊強度にはほとんど変化がおきていない。

Fig. 5 に電流—電圧特性を示す。473 K でのアニールによって、リーク電流は減少する傾向にある。

熱処理温度が 773 K になると、リーク電流は約 1 桁増大する ($\sim 3 \times 10^{-8} \text{ A/cm}^2$) が、0.15 MV/cm (50 V) の電界において $5 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の比抵抗を保持している。

4. 結 論

Fe-42%Ni 合金圧延板に高周波励起イオンプレーティング法で形成した厚さ約 $4 \mu\text{m}$ の Al_2O_3 薄膜の電気的特性は、773 K までのアニールに対して次のような特徴を

持っている。

- (1) アニール前後における絶縁破壊電圧の変化はほとんど無く、400 V (1 MV/cm) 以上の破壊電圧を有し、 $5 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の比抵抗を保持する。
- (2) 473 K におけるアニールでリーク電流は低減され、絶縁性が向上する。
- (3) 電流—電圧特性は、絶縁破壊電圧特性に比べてアニールに対して敏感であり、何らかの膜構造変化が起こっていると考えられる。

〔文 献〕

- 1) 五十嵐, 山中, 井原, 前田, 瀧川: 住友電気, No. 131 (1987) 157.
- 2) 村山, 松本, 柏木: 応用物理, 43 (1974) 687.
- 3) 井原, 瀧川, 前田, 山中, 五十嵐: 信学技報 CPM87-36 (1987).