Bi₂O₃ 薄膜の電気的性質*

籠田 和徳**・西永 頌***

(昭和54年12月14日 受理)

Electrical Properties of Bi₂O₃ Thin Films

Kazunori KOMORITA* and Tatau NISHINAGA**

**(Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Engineering,
Saga University, Saga)*** (School of Electrical Engineering and Electronics, Toyohashi University
of Technology, Toyohashi, Aichi)

(Received December 14, 1979)

1. まえがき

真空蒸着薄膜 Bi₂O₃ の導電機構について詳しい研究はない。書近, Bi の熱酸化成長膜 Bi₂O₃ で MIM 構造素子を作り, その I-V 特性¹⁻³⁾が報告された。しかし, Bi の熱酸化過程では, 低温でも容易に基板金属と合金化が進み, 完全な MIM 構造にならない。また, この構造ではトンネル電流を無視できないので, 電導機構の解明を困難にする。本報告では, Bi 熱酸化法で Bi₂O₃ 薄膜を石英基板上に成長させ, 後述の方法で I-V 特性を測定しこれを検討した。

2. 実験結果および検討

石英基板上(室温)に Bi (5N) を真空蒸着(真空度:

Fig. 1 SEM image of a Bi₂O₃ thin film (0.27 μm) formed by oxidation of a Bi thin film. 5000×.

2 × 10⁻⁵ Torr, 蒸発速度: ~5 Å/s) 後, Ar と O₂ ガス (体積比 1 : 1) 雰囲気中であらかじめベルチャ内に設置した光輻射装置で加熱 (210°C), 酸化して (酸化時間: 9.5 hrs.) Bi₂O₃ 薄膜 (0.27 μm) を作った。酸化膜上には間隔 D: 2.5~4 × 10⁻³ cm, 1.4 × 10⁻² cm および幅 L: 5 × 10⁻¹ cm のマスクをして Au 薄膜電極を作った。

Fig. 1 は Bi₂O₃ 多結晶薄膜 (正方晶形)³⁾ の SEM による写真である。上述の方法による低温酸化ではほぼ粒状の揃った酸化膜の様相がみられる。

Fig. 2 は I-V 特性 (室温) を示す。高抵抗膜では電流の吸収現象が生ずるので, 電流値は DC 電圧印加時よ

Fig. 2 Relationship between I and V (300 K)

*第20回真空に関する連合講演会の講演 (15p-8)

**佐賀大学理工学部電気工学科 (佐賀市本庄町1)

***豊橋技術科学大学電気電子工学系 (豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

り一定時間 (60S) 後の値とした。図 2 では、低電界領域 (0~10V) で $S (\ln I / \ln V) = 1$ となり、自由キャリアによる電導を示すが、高電界領域では $S = 2 \sim 3$ に転移し、空間電荷制限電流がみられる。この転移の閾値電界 E_{th} は、 D の値にかかわらずほぼ一定値 $1.8 \sim 2 \times 10^3$ V/cm を示すので、 $I-V$ 特性は Bi_2O_3 薄膜バルクの電導を反映している。

Fig. 3 は低電圧 ($L. V.$) および高電圧 ($H. V.$) 印加時の応答電流波形の推移を示す。吸収電流のため、電圧印加 (ON) 直後にピーク(1)が生ずる。ところで、 $H. V.$ ではさらにピーク(2)があらわれる。また、ピーク後における電流値の大きさは、 $L. V.$ で一定値を示すが、 $H. V.$ では徐々に増加する。これらは、酸化膜中に複数個のトラップ準位があることを意味する^{*4)}。いま、 Bi_2O_3 薄膜の電導機構を Poole-Frenkel ($P. F.$) 効果に依存するものとして考察する。 $P. F.$ 型電流 J を次式⁵⁻⁶⁾で示す。

$$J = A \exp [-(\alpha - \beta_{PF} E^{1/2}) / kT]$$

A : 定数, α : 熱励起に対するバリア高, E : 電界,
 β : $(e^3 / \pi \epsilon \epsilon_0)^{1/2}$, ϵ , ϵ : バルクおよび真空中の誘電率,
 k : ボルツマン定数, T : 絶対温度, e : 電荷

上式は、 T に対して $\ln J - E^{1/2}$ の直線関係を満す。

Fig. 4 はこの関係を $I-V$ 特性より求めたものである。 D のいづれに対しても、 $\ln J - E^{1/2}$ ($T=300\text{K}$) は、ほぼ

Fig. 3 Time dependence of currents under applied D.C. voltages at 300 K.

$E^{1/2}$ が $300 (\text{V/m})^{1/2}$ 以上でよい直線関係を示すので、この電界領域の Bi_2O_3 薄膜の電導は $P. F.$ 効果に依存するようにみえる。しかし、 $P. F.$ 定数 β_{PF} の値を実測値から求めて、 ϵ の値を計算してみると Bi_2O_3 の誘電率よりかなり小さくなる^{**)}。したがって、 Bi_2O_3 薄膜の電導は、 $P. F.$ 効果では説明できない。以上のような電導を示す理由として、もし Bi_2O_3 薄膜中に未酸化 Bi の超微粒子が存在し、これを介してのトンネリングによる寄与も考えられるが、未酸化 Bi は X 線回折からは認められず、その存在は不明である。上述の結果より、電導機構の明確な説明はできない。さらに詳しい検討を必要とする。

Fig. 4 Relationship between $\ln J$ and $E^{1/2}$ (300°K).

〔文 献〕

- 1) V. Dolcan: phys. stat. sol., (a) **45** (1978) K 155.
- 2) S. P. S. Arya and H. P. Singh: Thin Solid Films., **62** (1979) 353.
- 3) ASTM card No. 22-515.
- 4) 籠田, 鈴木: 第31回応用物理学会講演会論文集,

p. 172 (1970) 秋.

- 5) A. K. Jonscher: Thin Solid Films., **1** (1967) 213.
- 6) A. Servini and A. K. Jonscher: Thin Solid Films., **3** (1969) 341.

*光起電力効果で同様な現象を見出し、これはトラップに依存するものであると説明している。

**測定結果では、値にかなりの差異があるがそれより1~2桁小さい