GaAs 単結晶上における Ag 蒸着膜の エピタキシャル成長*

栗川 明典**・山本 富章**・中西 洋一郎**・島岡 五朗**

(昭和59年12月18日 受理)

Epitaxial Growth of Evaporated Ag Thin Films on GaAs (001)

Akinori KURIKAWA**, Tomiaki YAMAMOTO**,
Yoichiro NAKANISHI** and Goro SHIMAOKA**

(**Research Institute of Electronics, Shizuoka University,
3-5-1 Johoku, Hamamatsu)

(Received December 18, 1984)

1. はじめに

GaAs と金属の界面は、ショットキー障壁を利用する MESFET をはじめ、発光ダイオード等の電子デバイスに含まれる重要な要素である。先に、我々はアルカリハライド上の Ag 蒸着膜のエピタキシーに及ぼす電子線の効果について報告したが¹⁾、本報告では、GaAs 単結晶の (001) 面を基板に用い Ag 蒸着膜の結晶構造に及ぼす基板温度および電子線照射の効果について、反射高速電子回折 (RHEED) および電子顕微鏡レプリカ法によって観察した結果を報告する。

2. 実験方法

蒸着装置は、油拡散ポンプにより排気し到達真空度は約 1×10^{-6} Torr である。蒸着源には粒状銀 (5 N) を用い、基板には鏡面研磨した GaAs ウェハ (001) 面を使用した。エッチング溶液は、 $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O}$ が 3 : 1 : 1 からなり、室温でエッチングをおこなった。基板温度は 100~300°C で検討し、蒸着速度約 400 Å/min の一定に保った。他に外部条件としては、蒸着前 1 分間および蒸着中基板表面に電子線照射をおこなった。照射密度はあらかじめファラデーゲージにより測定した。照

射は基板の垂直軸に対し約 10 度傾斜した方向から行ない、加速電圧 500 V、電流密度 $0 \sim 3 \times 10^{14}$ electrons/cm²・s とした。蒸着後の試料は RHEED、試料表面のモルフォロジーは二段レプリカ法により観察した。

3. 結果および考察

3.1 GaAs 上の Ag 蒸着膜の基板温度依存性

蒸着速度を約 400 Å/min. とした場合、基板温度 200 °C を臨界温度とし結晶方位が異なる事が判った^{2,3)}。基板温度 200 °C 以上では、Fig. 1 (a) および (b) に示すようにストリーク状の回折パターンが得られた。これから Ag 蒸着膜は比較的平坦であり、エピタキシャル成長していることが判った。この結晶方位は、(001), [100] Ag / (001), [100] GaAs である。また、蒸着膜表面のレプリカ像から蒸着膜は channel 構造をしていることが判る。

一方、基板温度 150 °C 以下では、Fig. 2 (a) の RHEED パターンから判るように、Ag 蒸着膜の (011) 方位が優先する事を示している。また (011) の回折スポット以外に {111} 双晶の存在を示すスポットも見られる。この双晶を含む Ag 蒸着膜の理論パターンを Fig. 3 に示す。Fig. 2 (a) の RHEED パターンは、基本的にこの理論パターンからよく説明する事が出来る。しかし、回折スポットが円弧状の幅を持っている事より配向度は余り高くない。Fig. 2 (b) のレプリカ像から蒸着膜は微細な凹凸を持った連続膜である事が判る。

* 昭和59年10月31日 第25回真空に関する連合講演会で講演(31 Cp-7)

** 静岡大学電子工学研究所 (浜松市城北3-5-1)

Fig. 1 RHEED patterns and replica electron micrograph of an evaporated Ag film on (001) GaAs at 200°C. The electron beam is parallel to the [100] direction (a), and [110] direction (b) of the Ag film.

Fig. 2 RHEED pattern (a) and replica electron micrograph (b) of an evaporated Ag film on (001) GaAs at 150°C. The electron beam is parallel to the [110] direction of the Ag film.

3.2 GaAs 上の Ag 蒸着膜の電子線照射による影響

先に、我々は、アルカリハライド等のイオン結晶を基板に用いた場合、蒸着中適度な電子線照射を与える事により Ag 蒸着膜の結晶性や方位が著しく改善されることを報告した^{1,4)}。本研究で用いた GaAs 基板の場合も、電子線照射によって Ag 蒸着膜の結晶方位が影響されることを見出した。電子線照射をおこなわない場合、基板温度 150°C では GaAs (001) 上に Ag の (011) が優先的に方位配列したが、適度な電子線照射 (1×10^{14} electrons/cm²·s) を与える事によって **Fig. 4** の RHEED パターン

に示すように、Ag 蒸着膜は (001) が優先的に方位配列する傾向を示した。しかし、完全な単結晶膜とは言えず、電子線の入射方向に従って種々の特殊な回折パターンを示した。Fig. 4 (a)および(b)は左側に、(d)および(e)は右側に回折スポット又はストリークの列がそれぞれが曲っている。このような特殊な回折パターンは、**Fig. 5** に示すように一次元格子の生成によって、逆格子がシート状に形成されたことで説明する事ができる^{5,6)}。すなわち、このような一次元格子が表面に形成されていると考えられる。

Fig. 3 Theoretical RHEED pattern from a (011) oriented Ag film with {111} twins.

この模様をモデル的に Fig. 5 の(a)および(b)に示しておく。従って、このようなモデルにもとづいて個々の円板状のシートから逆格子平面が形成されると考えると電子ビームの入射方向が(1)の方向、すなわちシートの面に垂直に入射すると弱いデバイ環又は円弧になる事が予測できる。一方、入射方向が(2)の方向、すなわちシートの面と平行になると連続したストリークが現れると考えられる。また入射方向を(1)から(2)に変えてゆく途中では、ストリーク又はスポットの列が一方方向に曲がると考えられる。このように低い基板温度で GaAs 基板に適度な電子線照射を与えながら蒸着した Ag 蒸着膜が、特定の一方方向に規則性が乱れるという原因の一つに次の事が考えられる。GaAs の(001)には、極性面が存在し $[\bar{1}10]$ がダンダリングボンドの方向であるため、As 原子の dimeriza

Fig. 4 RHEED patterns of an evaporated Ag film on GaAs(001) with electron bombardment at 150°C. The incident beam directions are shown in the upper left of the figure.

Fig. 5 Top view of an 1D surface lattice (a), and corresponding reciprocal lattice sheets (b).

tionが生じる方向と生じない方向とがある。このため、GaAs 基板の $[110]$ 方向に規則性が乱れる⁷⁾。この GaAs 基板の一方方向の規則性の乱れが、Ag 蒸着膜の一方方向の規則性の乱れ、すなわち、一次元格子の生成する原因の一つと考えられる。

4. ま と め

GaAs (001) 上に蒸着した Ag 蒸着膜は、基板温度約 200°C を臨界温度とし優先結晶方位が異なる。すなわち、200°C 以上では、(001) Ag // (001) GaAs の完全なエピタキシャル成長が認められるが、200°C 以下では (011) Ag // (001) GaAs の方位が現われる。また、GaAs に適度な電子線照射を与えると、一方方向に規則性が乱れた一次元格子を持つ Ag 薄膜が得られた。

〔文 献〕

- 1) 栗川明典, 坂本敦, 中西洋一郎, 島岡五朗: 第3回表面科学討論会講演要旨集 1-P-4 (1983).
- 2) J. Massies, P. Delescluse, P. Etienne and N. T. Linh: Thin Solid Films **90** (1982) 113.
- 3) J. Massies and N. T. Linh: J. Cryst. Growth **56** (1982) 25.
- 4) F. Cosandey, Y. Komen and Bauer: Thin Solid Films **59** (1979) 165.
- 5) P. Delescluse and A. Masson: Sur. Sci. **100** (1980) 423.
- 6) 小林啓介, 渡辺望, 成沢忠, 中島尚男: 応用物理 **53** (1984) 627.
- 7) P. J. Dobson, J. H. Neave and B. A. Joyce: Sur. Sci. **119** (1982) 339.