

## EVPE 法で成長した AlN 膜における p 型伝導

### P-type conductivity of AlN films grown by elementary source vapor phase epitaxy (EVPE)

京大院・工 °岸元 克浩, 船戸 充, 川上 養一

Kyoto Univ., °K. Kishimoto, M. Funato, and Y. Kawakami

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

(はじめに) AlN 基板の新しい作製法として, Elementary source Vapor Phase Epitaxy (EVPE) 法を提唱している[1,2]. この方法は, 図 1 に示すように, Al 金属と N<sub>2</sub> ガスという安価でクリーンな原料によるシンプルな反応 ( $\text{Al} + 1/2\text{N}_2 \rightarrow \text{AlN}$ ) を用いたもので, 環境汚染や原料の枯渇の心配がなく, 低コスト化も期待できる. これまでに, サファイア種結晶上で最高成長速度: 18  $\mu\text{m}/\text{h}$ , 最低転位密度:  $5 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$  を記録している[1]. 今回は, 本方法で作製した AlN 膜の電気特性に関して調べたので報告する.

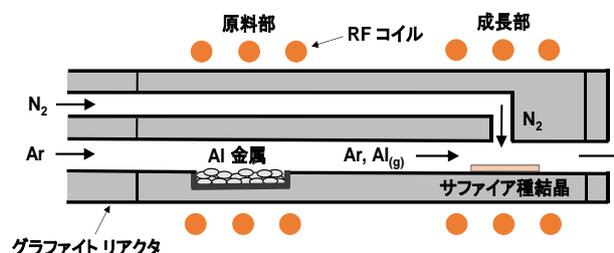


図 1. EVPE 法の概要.

(実験) EVPE 法により, c 面サファイア基板の上に AlN 膜を成長させた. 成長温度は 1550°C, 成長圧力は 10 kPa である. 成長後のサンプルに硫酸:リン酸=3:1 の溶液で 90°C, 10 分間のウェットエッチングを行い, Ti/Al/Ti/Au (30/100/50/200 nm)電極を蒸着し, 比抵抗およびホール効果の測定を行った.

(結果および考察) 室温における測定の結果, 伝導キャリアタイプは p 型であり, このとき比抵抗: 410  $\Omega\text{cm}$ , キャリア密度:  $7.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , 移動度: 2.1  $\text{cm}^2/\text{Vs}$  であった. これまでの p 型 AlN エピタキシャル膜における報告[3]では, キャリア密度:  $\sim 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ , 移動度: 2-3  $\text{cm}^2/\text{Vs}$  程度であったことから, 今回の測定で得られたキャリア密度は従来よりも 5 桁程度高い値である. 室温で  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$  台のキャリアを生成することは, 単純な熱によるアクセプタのイオン化では説明が困難であり, 別のメカニズムが働いていることと考えられる. そこで, 図 2 に示すように, 低温 (77K) から室温 (300K) にかけて比抵抗 ( $\rho$ ) の温度依存性を測定した. その結果,  $\rho \propto \exp(T^{-0.25})$  の関係を示すことから, この温度域では, キャリアは AlN 膜中をホッピング伝導していることが示唆された[4]. 二次イオン質量分析により不純物密度を見積もったところ, 成長炉の部材であるグラファイトや石英から混入したと考えられるカーボン, シリコン, 酸素の密度がそれぞれ,  $7 \times 10^{20}$ ,  $1 \times 10^{20}$ ,  $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  であった. シリコンと酸素はドナー型の不純物であることに加え, これまでにカーボンドープによる AlGaN の p 型伝導の報告[5]もあることから, カーボンが今回の電気伝導に寄与している可能性が高いと考える. 実際, シリコン, 酸素の密度が同程度でカーボンの密度が 1 桁低い ( $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) サンプルでは電気伝導は確認できなかった. より詳細な評価は当日に報告する.

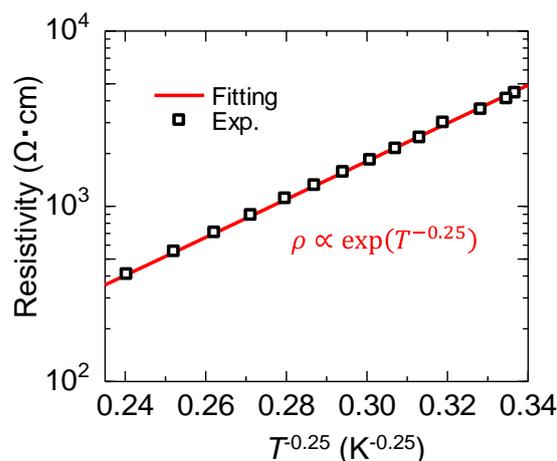


図 2. 比抵抗の温度依存性.

#### (参考文献)

- [1] Pei Tsen Wu, *et al.*, *Sci. Rep.* **5**, 17405 (2015). [2] K. Kishimoto *et al.*, *Crystals* **7**, 123 (2017).  
 [3] Y. Taniyasu, *et al.*, *Nature* **441**, 325 (2006). [4] D. C. Look, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **80**, 2960 (1996).  
 [5] H. Kawanishi, *et al.*, *Phys. Status Solidi B* **249**, 459 (2012).