窒化物半導体の熱電子放出特性におけるアルカリ金属吸着の影響

Effect of Alkali Metal Adsorption on Thermionic Emission of Nitride Semiconductors

静大院工[1], (株)東芝[2] ○内田 翔太[1], 安原 弘一郎[1], 木村 重哉[2], 吉田 学史[2], 荻野 明久[1]

Shizuoka Univ.[1], Toshiba Corp.[2]

○Shota Uchida[1], Koichiro Yasuhara[1], Shigeya Kimura[2], Hisashi Yoshida[2], Akihisa Ogino[1]

E-mail: uchida.shota.14@shizuoka.ac.jp

【はじめに】AlGaN などの窒化物半導体はバンドギャップが大きい半導体であるとともに、高い化学的安定性と負の電子親和力(NEA; Negative Electron Affinity)を有する材料候補としてデバイス応用が注目されといる。NEA 状態は伝導体の下端よりも真空準位が下がっている状態を示す。一般的には、半導体内部から表面にかけてのバンドプロファイルはベンディングしており、伝導体に励起するだけで電子が放出されるわけではないが、電子放出に適した低い仕事関数をもつ電子エミッタやその応用が期待できる。エミッタの仕事関数低減にはアルカリ金属原子を表面に堆積させることも有効である。本研究ではエミッタ材料として窒化物半導体を用い、その熱電子放出特性を評価した。

【実験方法】Si ドーパント濃度が 3×10^{18} cm^{-3} の n 型 $Al_{0.25}Ga_{0.75}N$ 薄膜をエミッタとし、熱電子放出特性を測定した。真空容器内にエミッタ基板を設置し、アルカリ金属ディスペンサを用いて室温でエミッタ表面に Cs を堆積させた。Cs 供給量はディスペンサに流す加熱電流 I_{Cs} により制御するとともに、四重極質量分析器により空間中の Cs 量を測定した。本実験では I_{Cs}=6 A に保ち、Cs 供給時間(1, 3, 10, 30 min)を変えることでエミッタ表面の Cs 堆積量を調整した後、Cs の供給を停止し基板を昇温して電子放出特性を評価した。また光照射による光支援熱電子放出(PETE)および Cs の熱脱離特性を検討するために LED ランプを用いて基板表面へ可視光を照射し、光照射あり(w/ photo)と光照射なし(w/o photo)を比較した。

【結果と考察】図 1 は昇温速度 10 ℃/min で室温から 800 ℃まで加熱したときの電子放出特性を示す。光照射の有無にかかわらず Cs 堆積時間が増加するにつれ、放出電流値が増加した。光照射を行わないときの熱電子放出特性では、Cs 堆積量を増やすことで、電子放出の立ち上がり温度が 430 ℃から 370 ℃に低下しており、エミッタ表面の実効的な仕事関数が低減していることがわかる。また、光照射時においては、基板温度の上昇とともにエミッタ表面から Cs が脱離し、実効的な仕事関数が次第に増加するとともに、伝導帯に分布する電子が減少するため 100~200 ℃付近で放出電流値が最大となった後、次第に減少したと考えられる。

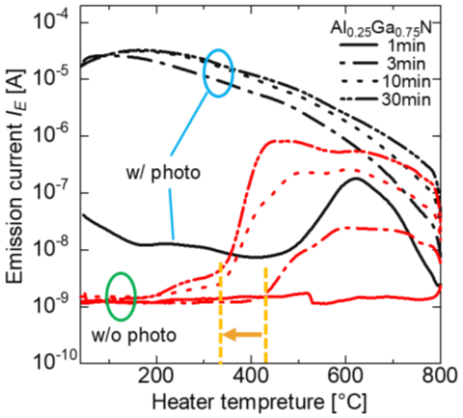


Fig.1. Electron emission current from $Al_{0.25}Ga_{0.75}N$ for different Cs deposition time: 1, 3, 10, and 30 min.

© 2019年 応用物理学会