

大気暴露した GaN 半導体フォトカソードの加熱処理に伴う表面状態の光電子分光観測

The annealing effect for the air-exposed surface on the GaN semiconductor photocathode

名大院工¹, 名大 IMaSS² ○(D)佐藤 大樹¹, 西谷 智博² 本田 善央², 天野 浩²

Nagoya Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.², ○Daiki Sato¹, Tomohiro Nishitani², Yoshio Honda², Hiroshi Amano²

E-mail: satou.daiki@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

負性電子親和力 (NEA) 状態の表面を持つ半導体フォトカソードは、スピン偏極やパルス構造の電子ビームによる電子顕微鏡[1]など産業技術として応用開発が進んでいる。特に、その半導体材料に GaN を用いた半導体フォトカソードは、GaAs 材料に比べて表面の NEA 状態を長時間維持することが明らかになっている[2]。本研究では、従来、超高真空など良質な真空環境が不可欠とされてきた半導体フォトカソードの大気暴露とその表面の真空下での加熱処理の影響を、GaN 半導体フォトカソードについて放射光を用いた X 線光電子分光 (XPS) 装置により表面観測した。

p 型の GaN を超高真空装置内に入れ、表面を加熱洗浄し、Cs と酸素を交互に供給することで NEA 表面の活性を行った。Cs と酸素が吸着した GaN(Cs-GaN)を大気に取り出し、あいしンクロトロン光センターの BL7U の XPS 装置を用いて加熱処理前後の化学状態と真空準位の変化を観測した。化学状態として $h\nu=120\text{eV}$ 及び 700eV の X 線照射による加熱処理前後の Cs4d、Ga3d、O1s のスペクトラムの変化を観測した。加熱処理により、内核の結合エネルギーは、Cs4d と Ga3d は、それぞれ高エネルギー側へ 0.24eV と 0.16eV シフトし、O1s は低エネルギー側へ 0.60eV シフトした。真空準位の変化は、分析器に対してサンプルに -20V を印加し、半導体のバンドギャップ ($h\nu=3.4\text{eV}$) の波長の LED 照射で得られる光電子の立上りの変化として観測した。Figure 1 にアニール前後における光電子の立上りの変化を示す。この結果から 330°C の加熱処理により光電子の立ち上がり処理前から低エネルギー方向に 0.32eV シフトし、光電子量は12倍増加した。以上から、大気暴露で劣化した NEA 表面を真空中で 300°C 程度加熱処理することで、大気暴露により吸着した不純物が脱離し、真空準位が、NEA 表面活性化直後の状態に近づくように減少することで表面機能が回復すると考察される。

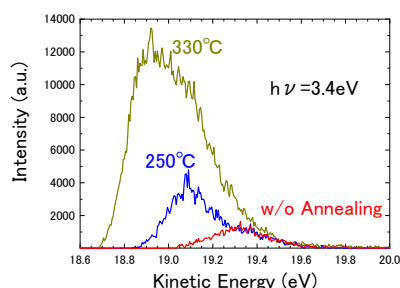


Figure 1. Energy distribution curve from Cs-GaN: Difference between before and after the annealing.

[1] JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム、<http://www.jst.go.jp/sentan/saitaku/>

[2] T. Nishitani, M. Tabuchi, H. Amano, T. Maekawa, M. Kuwahara, and T. Meguro, J. Vac. Sci. B 32, 06F901 (2014).