

硬 X 線光電子分光による無極性窒素ガリウム/電極界面の解析(3) HX-PES Analysis on Interfaces between Non-Polar GaN Layers and Electrodes (3)

京野 孝史, 足立 真寛, 住友 隆道, 徳山 慎司, 斎藤 吉広, 飯原 順次
Takashi Kyono, Masahiro Adachi, Takamichi Sumitomo, Shinji Tokuyama, Yoshihiro Saito, Junji Iihara

住友電気工業(株)
Sumitomo Electric Industries, LTD

無極性 m 面窒化ガリウム(GaN)は、可視長波長領域の発光素子向けに開発が活発化する一方、従来の c 面 GaN に比べて p 型電極の接触抵抗が高い課題がある。このメカニズム解明に向け、m 面 GaN 基板上的 p-GaN 薄膜に種々の電極材料を形成し、その界面を硬 X 線光電子分光(HX-PES)によって解析した。その結果、p-GaN のバンド曲がりを反映する Ga-N 信号のサブピークが電極材料に依存性して変化すること、及び材料によっては反応層を示唆する新たなピークが出現することが判明した。

キーワード： GaN、無極性、m 面、硬 X 線光電子分光

背景と研究目的：

近年、TV やプロジェクタへの応用に向けて半導体緑色レーザの開発が活発化しており、従来の c 面窒化ガリウム(GaN : Gallium Nitride)から 90 度傾いた m 面 GaN がそのキーマテリアルとして注目されている[1][2]。c 面上では極性によって緑色領域での発光効率が低下したり電流の注入に伴い波長が短波長化したりする問題があるのに対し、m 面上では結晶成長方向に関して無極性であるからである。これによって緑色レーザが実現されれば、光の 3 原色(赤、緑、青)をすべて小型化・低消費電力化に有利な半導体でカバーできることになり、産業的に非常に大きな波及効果をもたらすものと期待できる。しかし、m 面上では p-GaN と電極との接触抵抗が高いことに起因して、駆動電圧が増大するという問題がある。我々は、そのメカニズムを明らかにするために、硬 X 線光電子分光(HX-PES : Hard X-ray PhotoElectron Spectroscopy)を用いて p-GaN/電極界面の状態の面方位依存性を調査し、Ga2p_{3/2} と N1s のサブピークがバンド曲がり起因しており、それらと接触抵抗に相関があることを見い出してきた[3][4]。これまで、電極材料としては合金化アニールを施した Ni/Au を検討し、面方位によって合金化の挙動が異なることが分かっている。今回は、必ずしも合金化を必要としない他の電極材料の評価を進め、電極材料の違いによる界面状態の差異を把握し、特性改善に向けての指針を得ることを目的とした。

実験：

Fig.1 にサンプル構造を示す。m 面 GaN 基板の上に有機金属気相成長法によって n-GaN:Si と p-GaN:Mg の薄膜を成長した。続いて、真空蒸着によって設計膜厚 10nm の電極を形成した。電極材料には、前回までの Ni/Au に加えて Pt と Pd を用いた。この中で、Ni/Au のみ酸素雰囲気中で合金化アニールを実施した。HX-PES 測定は BL46XU にて実施した。励起 X 線エネルギーは 7.9keV であり、取り出し角は 80 度とした。

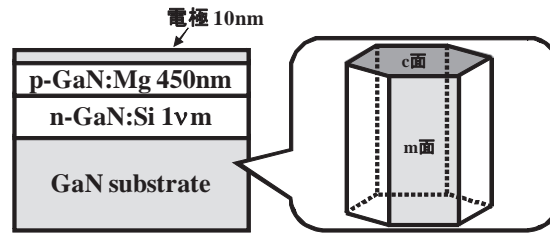


Fig.1 サンプル構造

結果および考察：

Fig.2 に、(a)Ga₂p_{3/2} と(b)N1s の光電子スペクトルの電極材料依存性を示す。各スペクトルはピーク強度で規格化してある。まず、Pt のスペクトルを見ると、Ni/Au に比べてサブピークの高エネルギー側への広がり大きいことが分かる。前回までの検討でこのサブピークは p-GaN のバンド曲がりを反映したものと考察しており、Pt の場合は接触抵抗が悪化する可能性が高い。次に、Pd のスペクトルを見ると、メインピーク付近の形状は Ni/Au と有意差はないが、さらに高エネルギー側に第2のピークが認められた。Ga₂p_{3/2} と N1s の両方でこの傾向が一致していることから、起源としては Ga の酸化物ではなく、GaN と Pd が反応したものである可能性がある。

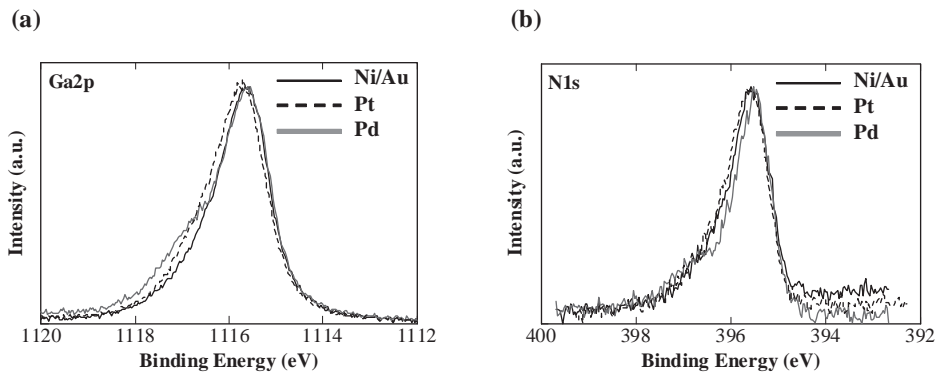


Fig.2 (a)Ga₂p_{3/2} と(b)N1s の光電子スペクトルの電極材料依存性

今後の課題：

今回の検討により、電極材料に依存して p-GaN/電極界面の状態が変化することが判明した。今後、これらの電極材料の接触抵抗評価と透過電子顕微鏡観察などによる構造解析を合わせて行うことで、接触抵抗の支配因子の解明が進展するものと期待できる。

参考文献：

- [1] K. Okamoto et. al., Appl. Phys. Lett., 94, 071105 (2009).
- [2] Y. Tsuda et. al., Appl. Phys. Express, 1 011104 (2008).
- [3] 京野 他, Users Report, 2008B2042.
- [4] 京野 他, Users Report, 2009A1921