

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 (2) HX-PES Analysis on Interfaces between Non-Polar GaN Layers and Electrodes (2)

京野 孝史, 足立 真寛, 住友 隆道, 上野 昌紀, 斎藤 吉広, 上村 重明

Takashi Kyono, Masahiro Adachi, Takamichi Sumitomo, Masaki Ueno, Yoshihiro Saito, Shigeaki Uemura

住友電気工業(株)

Sumitomo Electric Industries, LTD

極性 m 面窒化ガリウム(GaN)は、可視長波長領域における高輝度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。このメカニズムを明確にするために、c 面および m 面 GaN 基板上に作製した p-GaN 薄膜と電極の界面を硬 X 線光電子分光(HX-PES)によって解析した。その結果、接触抵抗と Ga-N 信号のサブピークに相関があること、及びサブピークが p-GaN のバンド曲がり起因することが判明した。

キーワード： GaN、無極性、m 面、Ni/Au、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ており、Ga-N 信号のサブピークと接触抵抗に相関があることを見い出している[3]。今回は、このサブピークの起源を明確にする目的で、取り出し角依存性を詳細に検討した。

実験：

Fig.1 にサンプル構造を示す。c 面 GaN 基板および 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 Ni/Au 電極を形成し、酸素雰囲気中で合金化アニールを実施した。酸素雰囲気中で行う理由は、Ni を酸化させるためである。Ni が酸化する過程で Au と配置が入れ替わり、仕事関数の大きな Au と p-GaN との接触が低い抵抗を提供すると報告されている[4]。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、取り出し角として 15 度、30 度、80 度の 3 水準を検討した。

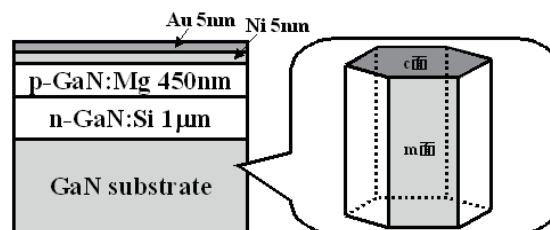


Fig.1 . サンプル構造

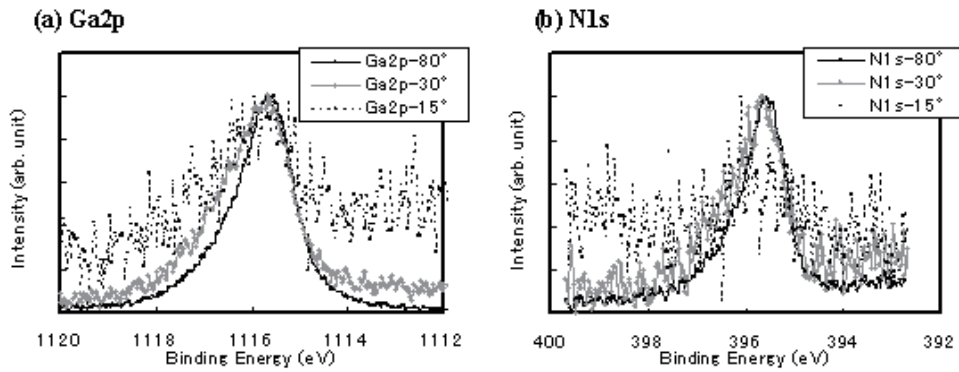


Fig.2 . (a)Ga2p_{3/2} と(b)N1s の光電子スペクトルの取り出し角依存性

結果および考察：

Fig.2 に、m 面上の(a)Ga2p_{3/2} と(b)N1s の光電子スペクトルの取り出し角依存性を示す。各スペクトルはピーク強度で規格化してある。まず、(a)Ga2p_{3/2} に注目すると、取り出し角を浅くするに従い高エネルギー側に存在するサブピークが増大していることが分かる。これは、サブピークの起源が p-GaN/電極界面から離れた領域より界面に近い領域に存在することを意味している。起源としては、(1)界面に存在する Ga 酸化物と(2)p-GaN のバンド曲がりと考えられた。そこで、N についても取り出し角依存性を詳細に検討した。(b)N1s のスペクトルは(a) Ga2p_{3/2} に比べて信号強度が弱く S/N に劣るものの、やはり取り出し角の減少に従いサブピークが増大する傾向が認められた。Ga と N の両方で同様の傾向が得られたことは、サブピークの起源が(1)Ga 酸化物ではなく、(2)バンド曲がりであることを示唆している。

前回取得した O1s の信号は c 面上と m 面上とで明確な差異があり、Ni の酸化工程に面方位依存性があることを掴んでいた[3]。今回の結果を合わせて考察すると、Ni/Au の合金化の挙動が面方位によって異なることが、バンド曲がりの違いとそれに伴う接触抵抗の違いにつながっていると言える。以上より、Ni/Au の合金化条件に接触抵抗改善のポイントがあると結論付けられる。

今後の課題：

今回の結果は、合金化を必要とする Ni/Au 電極特有の現象である可能性がある。面方位による違いの本質的理解には、必ずしも合金化を必要としない他の p 型電極材料の検討も重要と考えられる。

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] D. Qiao et. al., J. Appl. Phys., 88, 4196 (2000).