

# 硬 X 線光電子分光法による金属/GaN 界面のバンド構造評価

## Evaluation of the Band Structure at Metal/GaN Interfaces Using Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy

ソニー株式会社, °水島 啓貴, 新井 龍志, 稲葉 雄大, 山下 俊介, 山口 雄大, 蟹谷 裕也,  
工藤 喜弘, 濱口 達史, 幸田 倫太郎, 築嶋 克典, 富谷 茂隆

Sony Corporation, °Hiroataka Mizushima, Ryoji Arai, Yuta Inaba, Shunsuke Yamashita,  
Yudai Yamaguchi, Yuya Kanitani, Yoshihiro Kudo, Tatsushi Hamaguchi, Rintaro Koda,  
Katsunori Yanashima, Shigetaka Tomiya

E-mail: Hiroataka.Mizushima@sony.com

**背景・目的** 一般に電極/半導体界面における物性は、その半導体デバイスの特性に影響を及ぼすことが知られている。例えば、窒化ガリウム(GaN)を用いたデバイスにおける金属電極と p 型 GaN (p-GaN)の界面では、p-GaN の大きな仕事関数により正孔障壁エネルギーが高くなり、界面のコンタクト抵抗の増大やそれに伴うデバイスの駆動電圧の上昇が発生する。よって、コンタクト抵抗の起源となる界面エネルギー障壁の低減のためには、界面バンド構造を精密に決定する必要がある。

**実験・試料** 硬 X 線光電子分光法(HARD X-ray PhotoElectron Spectroscopy: HAXPES)は、対象材料の価電子帯や内殻準位などの電子状態を直接観測できる手法である。また励起源として硬 X 線を用いることで大きな平均自由行程を持つ光電子を発生させ、電極越しに界面の電子状態を評価することが可能である。今回用いた試料は、Mg ドープした GaN エピウェハ上にそれぞれ Pd, Ni, Ti の電極を 7 nm 積層させた構造である。HAXPES 測定は大型放射光施設 SPring-8 のサンビーム BL16XU でエネルギー6 keV の放射光 X 線を用いて行った。

**結果** 一般に半導体内のバンドベンディングはポアソン方程式に基づいた2次関数モデルにより説明される<sup>[1]</sup>。Fig 1. (a)に Mg を高濃度にドープした GaN に Pd を積層させた試料(GaN:Mg<sup>+</sup>)の N1s 内殻スペクトルを示した。GaN 層のバンドベンディングに由来する非対称なピーク形状となっており、前記モデルによってバンドベンディングの導出が可能である(Fig. 1(b))。一方 Fig. 1(c)に示したように、GaN:Mg<sup>+</sup>に比べて Mg ドープ濃度を減少させた GaN に Pd を積層させた試料(GaN:Mg)の場合には、GaN 層のピークに加えて高束縛エネルギー( $E_B$ )側に二つ目のピークが観測された。今回、我々は GaN 層に加えて金属電極との界面に由来する層(interface layer)の存在を仮定し、この層を含めた2層のバンドベンディングモデルによる計算を行った。その結果、高  $E_B$  側のピークも含めた実験結果とよく一致することを確認でき、界面のバンドベンディングの描像(Fig. 1(d))とエネルギー障壁の導出に成功した。

**参考文献** [1] S. M. Sze, *Physics of Semiconductor devices*, 2nd ed. (John Wiley & Sons, Inc., New York, 1981).

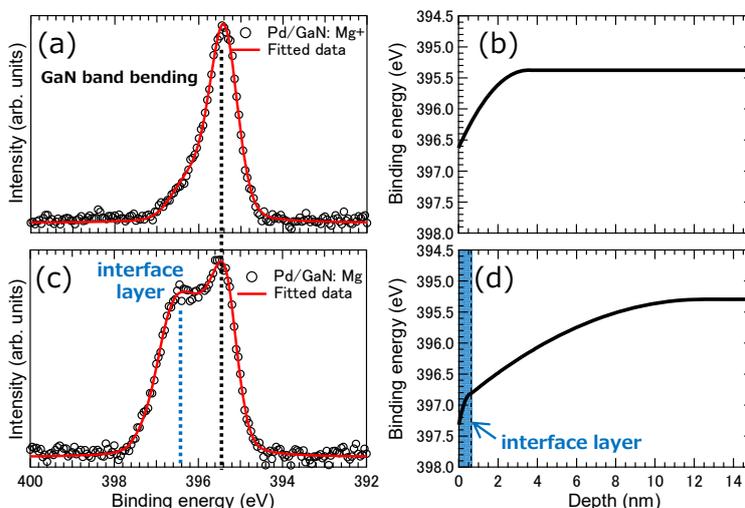


Fig. 1 N1s core level spectrum of (a) Pd/GaN:Mg<sup>+</sup> and (c) Pd/GaN:Mg interface. Band structure extracted (b) by the 1 layer and (d) by the 2 layers model fitting.