

GaN(0001)上金属窒化物エピタキシャルショットキー接合の形成

Growth of metal nitrides on GaN (0001) for epitaxial Schottky junctions

東京大学生産技術研究所 ○安東依里奈, 上野耕平, 小林篤, 藤岡洋

○Erina Ando, Kohei Ueno, Atsushi Kobayashi, Hiroshi Fujioka

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

E-mail: ando@iis.u-tokyo.ac.jp

【背景】エピタキシャル成長により形成した GaN ショットキー界面は原子配列の安定性が高く、高出力・高周波、高温動作といった特性が求められるデバイスへの応用が期待される。岩塩型結晶構造をもつ HfN(111)面は GaN (0001)面と格子整合性が極めて高く(+0.2%)、良好な金属伝導性を有することから、GaN との高品質なショットキー界面の形成が期待できる。しかしながら、HfN の(111)面はアニオンまたはカチオンのみで構成され表面エネルギーが高いため、結晶配向性制御が難しいことが知られている。最近、HfN や ZrN 等の金属窒化物に Mg を添加すると GaN(0001) 面に対して高い格子整合性を維持したまま、電気伝導性を変調できることが報告されている。[1] 本研究では HfN に Mg を添加すると電気伝導性だけでなく表面エネルギーや結晶成長様式も変化すると考え、GaN(0001)面上に HfN と Mg 添加 HfN 薄膜の結晶成長を試み、その構造特性と電気特性を調べた。

【実験方法】結晶成長実験はパルススパッタ堆積装置を用いて実施した。基板にはサファイア基板上半絶縁性 GaN(0001)テンプレートを用い、温度を 700°C 近傍に設定して結晶成長を行った。薄膜の構造評価には RHEED や XRD 等を、また電気特性評価にはホール効果測定などを用いた。

【結果と考察】図 1 には GaN(0001)面上に形成した膜厚 60 nm の HfN および Mg を約 10 at% 添加した HfN 薄膜の RHEED パターンを示す。図 1(a)に示すように HfN 薄膜ではリング状の回折パターンが観察されており、X 線回折の結果と合わせて HfN 薄膜は(100)配向した多結晶であることが分かった。一方、Mg 添加 HfN 薄膜では、図 1(b)に示すように明瞭なスポットパターンが観察され、(111)配向した薄膜がエピタキシャル成長していることが分かった。図 2 には Mg 添加 HfN 薄膜の XRD $2\theta/\omega$ 測定の結果を示す。GaN 0002 回折近傍に Mg 添加 HfN 薄膜の 111 回折に起因する Pendellosung 縞が観察されており、急峻なヘテロ界面が実現していることを示唆している。本測定の分解能では GaN 0002 回折と薄膜の 111 回折は分離しておらず、GaN と得られた薄膜の面直方向の面間隔は極めて近いと考えられる。X 線回折測定により決定した配向関係は、 $(111)_{\text{Mg 添加 HfN}} \parallel (0001)_{\text{GaN}}$ であった。次に Mg 添加 HfN 薄膜の電気特性をホール効果測定により評価したところ、電子濃度は $1.1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ と高い値が得られ、金属伝導性を有していることを確認した。以上の結果から、HfN 薄膜に Mg を約 10 at% 添加すると(111)配向性が向上し、GaN(0001) 面上に格子整合した (111) 配向エピタキシャル薄膜が得られることがわかった。このエピタキシャルショットキー界面の電気特性は当日報告する。

【参考文献】[1] S. R Bauers *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. **116**, 14829 (2019).

【謝辞】本研究の一部は JST A-STEP JPMJTR201D の助成を受けて行われたものである。

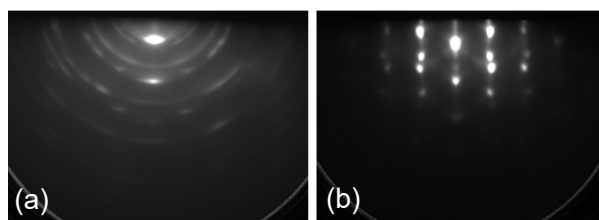


Fig. 1 RHEED patterns of (a) HfN and (b) Mg-doped HfN on GaN (0001)

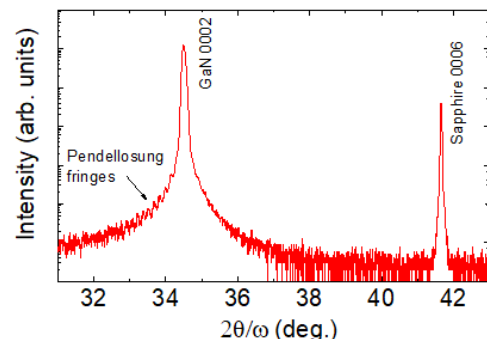


Fig. 2 XRD $2\theta/\omega$ curve of Mg-doped HfN(111) on GaN (0001)