

ダイヤモンド(111)基板上的 MBE 成長 AlN 薄膜の格子極性

Lattice polarity of MBE grown AlN films on diamond (111)

早大ナノ・ライフ¹, 早大理工², 静大工³

○河野省三¹, 立石哲也², 金久京太郎², 下村勝³, 川原田洋^{1,2}

RONL, Waseda Univ.¹, Fac. Sci. Engi., Waseda Univ.², Fac. Eng., Shizuoka Univ.³

○Shozo Kono¹, Tetsuya Tatsuishi², Kyotaro Kanehisa², Masaru Shimomura³, Hiroshi Kawarada^{1,2}

E-mail: shozo.kono.e4@tohoku.ac.jp

1 はじめに

n型 AlN と p型ダイヤモンド接合が実現するとパワーデバイス等への用途が拡大することで、ダイヤモンド基板上的 AlN 薄膜成長は注目される。我々は MBE 法による AlN 薄膜成長の研究を続けているが、MBE 法では n 型 AlN 膜成長は困難が予想される。一方、n 型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 膜成長は MBE 法においていくつかの成功例が報告されている[1]。我々もすでに MBE 法でダイヤモンド基板上的電導性 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 膜 ($x \sim 0.6$) の成長に成功している[2, 3]。 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 膜成長に置いては AlN 膜 (2nm) を Buffer 層としているが、AlN 膜の格子極性はダイヤモンドと $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 膜との接合特性に大きく寄与する。従って、AlN 膜の極性の知見は重要である。本研究では、その極性について X 線光電子回折 (XPD :X-ray Photoelectron Diffraction)により決定したので報告する。ダイヤモンド(111)基板上的 MOCVD による AlN 薄膜の極性についてはすでに収束電子回折の結果が報告されている [4]。それによると AlN(0001)面は Al-Polar (Fig.1a) が報告されている。

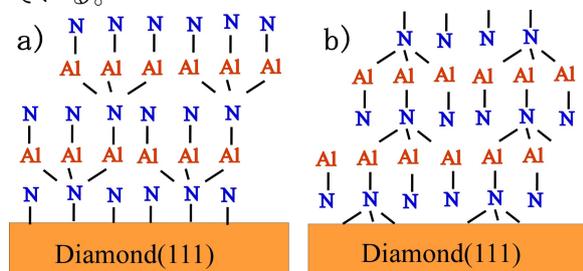


Fig.1 Schematics of (a) Al-Polar and (b) N-Polar AlN(0001) layers on diamond (111).

2 実験

ダイヤモンド(111)基板は Ib 型 HTHP 基板の上に B-dope CVD ダイヤ膜を成長させた。窒素 RF プラズマ支援 MBE 成長装置は、Al K-cell が下向きの特異なもので、Mo 製の基板ホルダーが上向きとなっている。十分脱ガスした基板ホルダーに基板を真空中 ($<5 \times 10^{-8}$ Pa) で置いた。N-radical flux は $\sim 7 \times 10^{12}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 、Al flux は $\sim 4.4 \times 10^{12}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ であった。成長時間などから求めた AlN 膜厚は 2 nm である。AFM による表面粗さ Ra は ~ 0.2 nm であった。XPD の測定は方位角自動回転機構付きの KRATOS-ULTRA (静岡大学電子工学研究所) を用いた。XPD パターンのシミュレーション解析は多重散乱解析 MSCD code [5]を用いた。

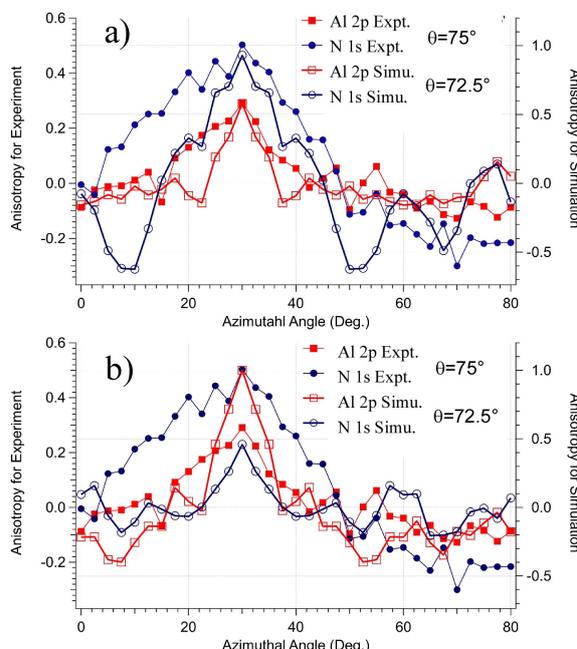


Fig.2 Comparison of Al 2p and N 1s XPD patterns for (a) Al-Polar and (b) N-Polar AlN layers on diamond (111). Azimuthal angle of 30° corresponds to the $\langle 11-2 \rangle$ axis of diamond (111). The polar angles (θ) are those for the maximum anisotropies of forward scattering peaks with possible errors for experiment.

3 結果と考察

Fig.2 に XPD 実験パターン(Al2p Expt. N1s Expt.)と XPD シミュレーションパターン(Al2p Simu. N1s Simu.)の比較を示す。Al-Polar(Fig.1a, Fig.2a))の場合には N1s パターンに前方散乱ピークが出現しており、実験とシミュレーションは定性的に合致している。N-Polar (Fig.1b, Fig.2b))では定性的な不一致が見られる。従って、本試料の AlN 膜は Al-Polar である。

実験とシミュレーションは定量的には合致していない。その原因は主に AlN 膜の不完全性にあると思われる。

文献

- [1] 例えば, S.T. Bradley et al., J. Vac. Sci. Tech. B21(2003)2558.
- [2] S. Kono, et al., 第 33 回ダイヤモンドシンポジウム, 2019 年 11 月 14 日, 東京工業大学, P2-22.
- [3] S. Kono et al., 2020 年春応用物理学会, 13p-PB1-23.
- [4] Y. Taniyasu and M. Kasu, J. Crystal Growth 311(2009)2825.
- [5] Y. Chen et al., Phys. Rev., B 58 (1998)13121.