

サファイア基板の窒化による AlN の結晶性改善と AlGaN 量子井戸の発光強度の向上

NH₃ annealing of sapphire substrates for quality improvement of AlN and
enhanced emission intensity of AlGaN/AlN quantum wells

京大院・工 〇柴岡真実, 船戸充, 川上養一

Dept. Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ. 〇M. Shibaoka, M. Funato, Y. Kawakami

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに 近年, AlGaN 系材料は深紫外領域における発光素子材料として非常に注目を集めている. しかし, サファイア基板上 AlN エピタキシャル膜中には高密度の貫通転位が存在するため, 高効率・高出力な深紫外発光素子を実現するには, AlN 膜のさらなる高品質化が求められている. これまでに, 例えば, in-situ のプロセスとしては Al 原料の間欠供給層の挿入[1]が, ex-situ のプロセスとしては AlN 薄膜の CO 雰囲気での高温アニール[2]などが提案されている. 我々のグループでは, MOVPE 成長室内でサファイア基板を NH₃ アニールにより窒化し, その上に AlN を成長させることにより, クラックフリーで厚膜成長が可能であることを報告している[3]. 本研究では, この in-situ の簡便な手法によって AlN 層の結晶性を改善し, その上に成長した AlGaN/AlN 量子井戸からの発光強度の向上を確認したので報告する.

実験方法・結果 成長前の昇温中に, V 族原料である NH₃ を用いてサファイア基板の窒化処理を行った. 成長温度に達した後, 成長を開始し, 膜厚 2-4 μm の AlN を成長させた. 図 1 に示すように, 原子レベルで平坦な表面が得られた. また, 非対称(10 $\bar{1}2$)面の X 線ロックインカーブの FWHM は, 膜厚を増すに従って狭くなり, 膜厚 4 μm において 480 arcsec であった(図 2). この値より求められる貫通刃状転位密度は $2.6 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ であり, 窒化処理を施さない従来成長法(膜厚 600 nm)と比較して約 1/10 に低減できることがわかった. 図 3 には, SIMS によって定量した不純物の深さプロファイルを示す. 厚膜成長によってサファイア基板に由来する酸素不純物濃度が大幅に減少することが明らかになった. さらに, 以上の方法で成長させた AlN 上に Al_{0.7}Ga_{0.3}N/AlN 量子井戸 (井戸幅 1.5 nm) を作製し, 励起光源として ArF エキシマレーザ(波長 193 nm)を用いて PL 測定を行った. 図 4 に室温における PL スペクトルを示す. in-situ でのサファイアの窒化によって, 下地 AlN 層の結晶性の改善と, それに伴う AlGaN/AlN 量子井戸からの発光強度の向上が示された. [1] H. Hirayama *et al.* APEX 3, 032102 (2010), [2]西尾 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 (19p-E13-15), [3] R. G. Banal *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. 52, 08JB21 (2013).

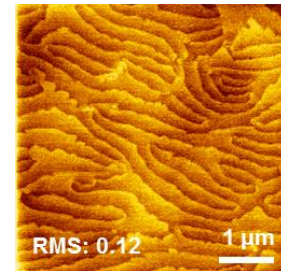


図 1: AlN エピタキシャル膜の表面 AFM 像.

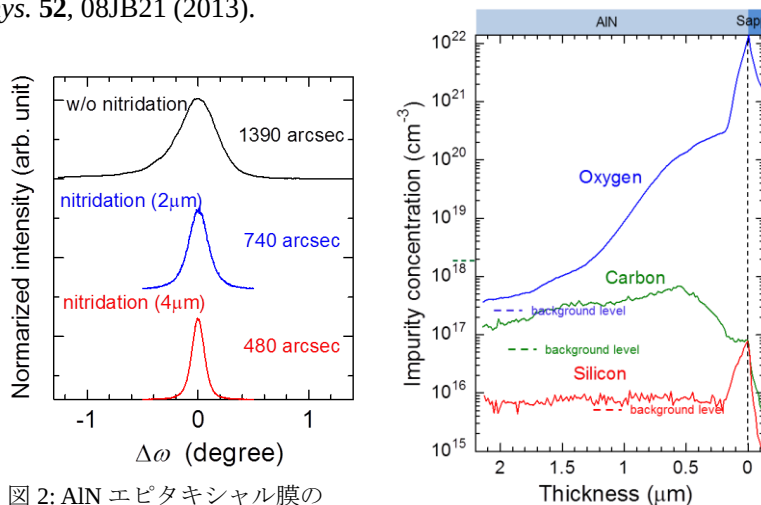


図 2: AlN エピタキシャル膜の非対称(10 $\bar{1}2$)面 ω スキャンの膜厚依存性.

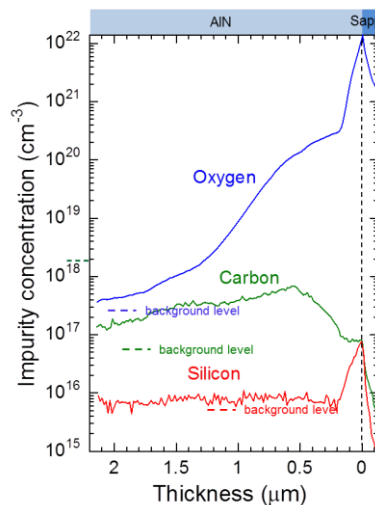


図 3: AlN エピタキシャル膜の SIMS 測定結果.

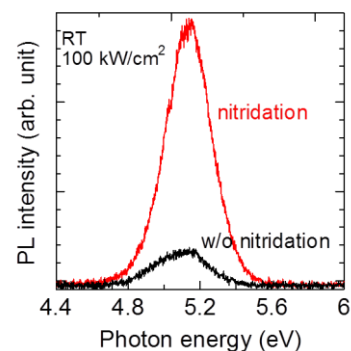


図 4: 室温における AlGaN/AlN 量子井戸の PL スペクトルの比較. 窒化をすることにより強度が増大している.