無極性 *m* 面 AlN 基板上に成長した AlGaN の格子緩和機構

Lattice Relaxation Mechanisms of Nonpolar *m*-plane AlGaN Grown on AlN Substrates

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所 ○西中 淳一、谷保 芳孝、熊倉 一英

NTT Basic Research Laboratories, NTT Corporation, °J. Nishinaka, Y. Taniyasu, and K. Kumakura

E-mail: nishinaka.junichi@lab.ntt.co.jp

【はじめに】 AlGaN は深紫外領域の発光ダイオードやレーザダイオードの材料として注目され，盛んに研究が行われている．これまで，極性面である *c* 面を中心とする研究開発が行われてきたが，無極性 *m* 面を用いることで量子井戸内の分極誘起電界を回避でき，内部量子効率を大幅に向上させることができる．また，異方的な偏光特性を有する高 Al 組成領域においても強い表面発光を得られることが知られている[1]．しかし，高品質の *m* 面 AlGaN 系ヘテロ構造を作製するには，格子緩和および臨界膜厚に関する知見が重要であるにもかかわらず，未だ解明されていない．そこで，本研究では *m* 面 AlN 基板上に成長した AlGaN の格子緩和機構について調べたので報告する．

【実験方法】 有機金属気相成長法により *m* 面 AlN 基板上に AlN ホモエピタキシャル層を約 1 μm，次いで $Al_{0.85}Ga_{0.15}N$ 層を約 700 nm 成長した．原料にはトリメチルアルミニウム(TMA)とアンモニア(NH_3) を用いた．このようにして作製した試料に対し，X 線回折逆格子マッピング(XRD-RSM)による格子緩和の評価と透過電子顕微鏡(TEM)による転位の観察を行った．

【実験結果】 *m* 面 AlN 基板上に成長した AlGaN の XRD-RSM 測定結果を Fig. 1 に示す．Fig. 1(a)において，非対称面$(20\bar{2}1)$の逆格子点を見ると，AlN と AlGaN の *c* 軸方向の面内格子定数はほぼ一致しており，緩和していないことがわかる．一方，Fig. 1(b)に示す非対称面$(21\bar{3}0)$においては，AlN と AlGaN の面内格子定数がずれており，*a* 軸方向に異方的に格子緩和していることが分かった．これは *m* 面 GaN 基板上に成長した InGaN と同様の傾向である[2]．次に，*m* 面 AlGaN/AlN の断面 TEM 明視野像を Fig. 2 に示す．*a* 軸方向から観察した場合，U 字型のハーフループが観察された[Fig. 2(a)]．また，*c* 軸方向から観察すると，AlGaN 層中では線状に，AlGaN/AlN 界面では点状に転位が観察された．このことから，ハーフループは AlGaN/AlN 界面において *c* 軸方向に伸びていることが分かった．さらに，暗視野像からバーガースベクトルを調べると $1/3[\bar{2}110]$であることが分かった[成長面を$(1\bar{1}00)$とした]．*m* 面 AlGaN においても，InGaN と同様に成長面から傾いた *m* 面[$(10\bar{1}0)$または$(0\bar{1}10)$]上でのすべりによる格子緩和が起こると考えられるが，ハーフループが発生することや，転位が AlN 層にまで達していることが InGaN とは異なる点である[2]．以上のことから，*m* 面 AlGaN における異方的な格子緩和が観測され，*m* 面 AlGaN 系ヘテロ構造デバイスの高品質化に向けて重要な知見を得ることができた．

本研究の一部は科研費 (25246022) の援助を受けて行われた．

【参考文献】

[1] R. G. Banal *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **105**, 053104 (2014). [2] S. Yoshida *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **99**, 131909 (2011).

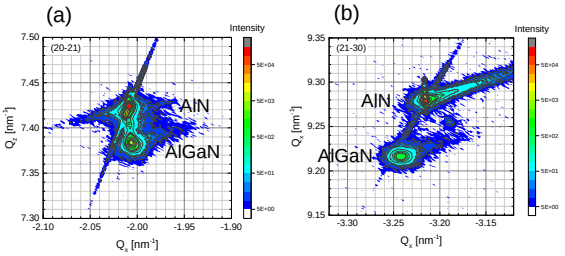

Fig. 1 XRD reciprocal space mappings of *m*-plane AlGaN/AlN for (a) $(20\bar{2}1)$ and (b) $(21\bar{3}0)$ asymmetric planes.

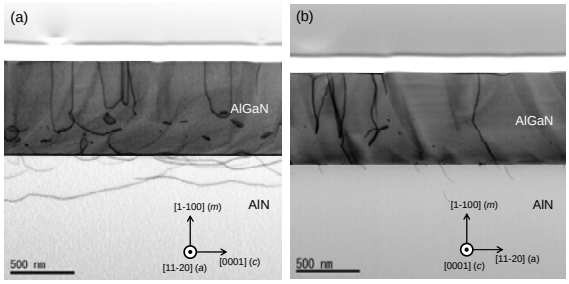

Fig. 2 Cross-sectional TEM images of *m*-plane AlGaN/AlN observing from (a) *a*- and (b) *c*-direction.

© 2016年 応用物理学会