InGaN/GaN ヘテロ構造成長における AIN テンプレートの変化

Variation of AlN template during the growth of InGaN/GaN hetero structure

物材機構¹, 筑波大², 工学院大³, 北大理⁴ ^O角谷 正友¹, 高原悠希¹², 矢代 秀平^{1,3}, 本田 徹³, (D3) Dickson Kindole^{1,4}, 竹端 寛治¹, 今中 康貴^{1,4}上殿明良³,

NIMS¹, Univ. of Tsukuba², Kogakuin Univ.³, Hokkaido Univ.⁴ °M. Sumiya¹, Y. Takahara^{1,2}, S. Yashiro^{1,3}, T. Honda³, (D3) Dickson Kindole^{1,4}, K. Takehana¹, and Y. Imanaka^{1,4}

E-mail: SUMIYA.Masatomo@nims.go.jp

【はじめに】サファイア基板上 AIN テンプレートの品質が向上していて [1]、その上に成長した ヘテロ構造によるデバイス開発が行われている。AIN テンプレート上の GaN 薄膜成長を議論する ことは重要である。我々はシュブニコフドハース振動が観測できるほど良好な AlGaN/InGaN ヘテ ロ構造を AIN テンプレート上に成長することができた[2]。今回、AIN テンプレート上に GaN 薄 膜を成長する際に、下地である AIN テンプレート自体がまさに緩衝層として a 軸長や半値幅が変 化することを見出した [3]。

【実験】サファイア基板上 0.4 µm 厚 AlN テンプレート(サイオクス社)上に MOCVD で低温バ ッファ層なしで成長時間を変えて GaN (2.5 µm/h) を直接成長した。それぞれの成長時間で GaN と AlN に着目して x 線回折で(0002)面の 2 θ - ω スキャンと(1014)面の逆格子マッピングを測定した。 また、サファイア基板上 GaN 低温バッファ層を介して成長した GaN 薄膜との比較を行った。

【結果】Fig. 1(a)は GaN を 0~450 秒成長した試料の AlN (0002)面からの x 線回折パターンを示す。 GaN 薄膜を直接成長するにあたり、H₂, N₂, NH₃ガスを反応管に導入して 1 気圧で成長温度まで上

げてアニールした AIN テンプレートの回折強度はほとん ど変化していない。GaNを30秒成長すると、明らかにAIN の強度が極端に減少することがわかる。GaN を 100 秒成 長させると AIN の強度がさらに減少し、その後 GaN の成 長時間を増加させると強度が徐々に回復する。XRD 測定 において AIN(0002)で軸立てをしても GaN の強度は変わ らず、AIN 強度は同様に減少していたので、GaN の c 軸方 向の成長方位は AIN のそれとずれていない。Fig. 1(b)は AlN ω(0002) とω(1014)スキャンの半値幅を示す。アニール した AIN の半値幅は 50 arcesec 程度だが、最も回折強度が 低かった GaN 成長 100 秒で最大値を示し、成長時間が増 えるとともに改善している。したがって、AIN(0002)面の回 折強度の変化は半値幅の変化によるものと考えらえる。 AIN の格子定数は Fig. 1(c)に示すように GaN 成長時間に 対して c 軸長はほとんど変化しないが、a 軸長は GaN のそ れにあわせて徐々に広がっている。サファイア基板上で低 温バッファ層を介して成長したものは 20 分で平坦になっ ていたのに対して、AIN テンプレート上に成長した GaN は 10 分で表面が平坦になり半値幅も 150 arcsec と小さく なっていた。このように AIN テンプレートは成長する GaN とともに半値幅と面内で格子定数を変化させながら GaN との整合するために、より高品質な GaN 薄膜のヘテロ直 接成長が可能になったと考えられる。



Fig. 1 (a) XRD pattern for $2\theta-\omega$ scan of AlN (0002). Dependence of (b) the FWHM values of $\omega(0002)$ and $\omega(10 \overline{1} 4)$ and (c) lattice constants of AlN templates on the time of GaN film growth.

【謝辞】本研究の一部は、新学術領域「特異構造の結晶科学」(JP16H06424)と文科省「次世代半導体」の支援を受けた。 [1] H. Miyake et al. Appl. Phys. Express 9 (2016) 025501. [2] M. Sumiya et al., Phys. Stat. Solidi B 2019, 1900524 [3] M. Sumiya et al., J. Crys. Growth **532**, 125376 (2020).