

ヒロック形成にともなう m 面 InGa N 薄膜の In 組成分布観察Observation of In-content Distribution on an m -plane InGa N Film with Vicinal Hillocks東北大学金属材料研究所¹, 高輝度光科学研究センター² °正直 花奈子¹, 花田 貴¹, 崔 正熹¹,島田 貴章¹, 今井 康彦², 木村 滋², 谷川 智之¹, 片山 竜二¹, 松岡 隆志¹IMR Tohoku Univ.¹, JASRI², °Kanao Shojiki¹, Takashi Hanada¹, J. H. Choi¹, Takaaki Shimada¹,Yasuhiko Imai², Shigeru Kimura², Tomoyuki Tanikawa¹, Ryuji Katayama¹, and Takashi Matsuoka¹

E-mail: k.shojiki@imr.tohoku.ac.jp

窒化物半導体 InGa N において、相分離が結晶品質の低下を招く原因となっている。本研究では、微傾斜面ヒロック形成と相分離の関係を明らかにするため、 m 面 Ga N 基板上の相分離した InGa N 薄膜の In 組成 2 次元分布をマイクロビーム X 線回折で観察した。

m 面 Ga N 基板上の InGa N 薄膜成長においては、In 組成分布において、疑似格子整合成長する臨界膜厚以下では相分離が抑制される。しかし、成長速度を大きくし格子緩和が起こる臨界膜厚以上では、 m 面から c 軸方向へのミスカット角の小さい基板の場合、In 組成の異なる明らかな相分離が X 線回折で観測された[1]。また、ミスカット角の大きな 5° オフ基板上では InGa N 薄膜に相分離が出現せず、表面は平坦である。一方、ミスカット角の小さい基板上では相分離が発生し、表面には c 軸方向に $1\ \mu\text{m}$ 程度および a 軸方向に $10\ \mu\text{m}$ 程度の大きさの微傾斜面からなる異方的ヒロックが微分干渉顕微鏡で観察された。特に、成長速度が大きい場合には、ミスカット角の小さい基板上でこのような微傾斜面ヒロックが形成される原因として、アドアトムの拡散距離に比べて幅の広いテラス上の 2 次元核形成頻度が大きくなる影響が考えられる。さらに、微傾斜面上では In 組成が高くなると予想される。

本研究では、InGa N 薄膜の In 組成の 2 次元分布をマイクロビーム X 線回折で観察した。観察には、SPring-8 BL13XU のマイクロビーム X 線回折計を用いて[2]、エネルギー 8 keV の X 線ビームサイズを c 軸方向 $0.2\ \mu\text{m}$ 、 a 軸方向 $0.5\ \mu\text{m}$ に絞り、 m 面(2200)対称反射の逆格子空間マップを測定した。Figure 1 は、 0° オフ基板上に成長した試料を c 軸方向に $0.2\ \mu\text{m}$ 、 a 軸方向に $1.0\ \mu\text{m}$ の間隔で移動することによって X 線照射位置を 2 次元スキャンした場合の InGa N 2θ 散乱角から算出した In 組成の変化を示す。 a 軸方向に伸びた赤い領域は In 組成の高い領域であり、この形状は微傾斜面ヒロックの特徴と一致する。加えて、ミスカット角の小さい基板上の InGa N 薄膜においてのみ、ミスカット角の大きい基板上では観測されなかった相分離および In 組成の大きな微傾斜面ヒロックを観測した。これらの結果より c 軸方向に 5° 程度のミスカット基板を用いた m 面 InGa N 薄膜成長は、ステップ密度を高くし、In 取り込み効率を高くできる[3]だけでなく、テラス幅を成長温度と成長速度に依存するアドアトムの c 軸方向拡散距離より小さくして微傾斜面ヒロック形成を抑制し、相分離を回避するためにも有効であると考えられる。また、上述の結果は、スピノーダル分解とは異なる機構で相分離が起きることを示している。

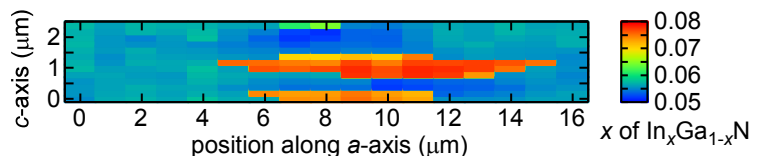


Figure 1 Distribution of In-content in InGa N film calculated by 2θ of micro-beam XRD (2200) diffractions.

[1] T. Hanada *et al.*, Phys. Stat. Sol. C **8**, 444 (2011).

[2] S. Yoshida *et al.*, Appl. Phys. Lett, **99**, 131909 (2011).

[3] K. Shojiki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 04DH01(2012).