

透過型電子顕微鏡を用いた傾斜組成 InGaAs 層の欠陥評価

Defect analyses of compositionally graded InGaAs layers by transmission electron microscopy

豊田工大¹、原子力機構²○佐々木 拓生¹、西 俊明¹、高橋 正光²、小島 信晃¹、大下 祥雄¹、山口 真史¹Toyota Tech. Inst.¹, JAEA²○T. Sasaki¹, T. Nishi¹, M. Takahashi², N. Kojima¹, Y. Ohshita¹, M. Yamaguchi¹

E-mail: tsasaki@toyota-ti.ac.jp

【背景と研究目的】

高効率な III-V 族多接合太陽電池の開発に向けて、GaAs(001)基板上への高品質な $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 薄膜成長が望まれている。バッファ層として、In 組成を段階的に増加させる傾斜組成層が広く利用されている。加えて、In 組成を変則的に大きくしたオーバーシュート層 (OS) 層を傾斜組成層と組み合わせることで、その上に成長する InGaAs 太陽電池の高品質化が実現されている。しかし、その理由については不明な点が多く、特に傾斜組成層への OS 層の導入が InGaAs 太陽電池層内の格子欠陥に与える影響に関する報告はない。

本研究では OS 層の膜厚が InGaAs 太陽電池層の欠陥生成にどのような影響を与えるか透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて検討した。特に InGaAs 太陽電池層に加わる歪が圧縮歪と引張歪の場合において、生成される欠陥の種類とその面内異方性について報告する。

【実験】

試料は分子線エピタキシー法で GaAs(001) $\pm 0.1^\circ$ 基板上に 2 層で構成されるステップ傾斜組成層、OS 層、太陽電池層を想定した最上部 InGaAs 厚膜の順で成長した。In 組成は傾斜組成層が 10%と 20%、OS 層は 30%、最上部の InGaAs 層は 20%である。OS 層の膜厚は 50 または 150 nm であり、膜厚の違いにより、最上部の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層にはそれぞれ圧縮歪と引張歪が加わっている^[1]。成長温度は 470 °C、成長速度は 0.2 ML/sec である。TEM 試料の作製は一般的な薄片化法と Ar⁺イオンミリング法を用いた。TEM 観察は加速電圧 300 kV で行った。

【結果と考察】

図 1 は OS 層の膜厚が 50 nm の場合の断面 TEM 像である。この場合、最上部の InGaAs 層には圧縮歪が加わっている。OS 層付近では [110]に沿って不均一な歪コントラストが観察された。また、矢印で示されるように、最上部の InGaAs 層では $[\bar{1}10]$ に沿って、頻繁に転位のバンチングが観察された。バンチングの原因として、OS 層における不均一な歪分布が転位すべりのバリアとなり、転位の交差すべりが起きやすくなった可能性がある。

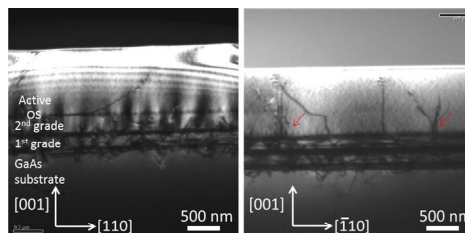


図 1. OS 層が 50 nm の場合の断面 TEM 像

図 2 は OS 層の膜厚が 150 nm の場合の断面 TEM 像である。[110]に沿っての InGaAs 層内には貫通転位以外に A または B で示した欠陥が観察された。格子像観察から欠陥 A はマイクロツイン、欠陥 B は、[001]に伸びる組成不均一による歪コントラストであることがわかった。このような欠陥や表面溝は $[\bar{1}10]$ に沿っては観察されなかった。以上より、引張歪を有する InGaAs 層では圧縮歪の場合に比べ、格子欠陥の面内異方性が著しいことがわかった。

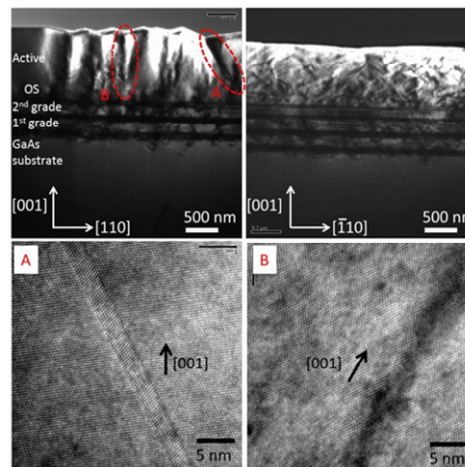


図 2. OS 層が 150 nm の場合の断面 TEM 像と欠陥 A、B 付近の格子像

【謝辞】

本研究の一部はNEDO技術開発機構の委託により実施したものであり、また米国再生可能エネルギー研究所 (NREL) の協力のもとに実施されました。関係各位に感謝いたします。

[1] T. Sasaki et al., IEEE J. Photovoltaics 2, 35 (2012).