

メタモルフィック InGaAs 太陽電池の転位すべり面の面内分布 Anisotropic distribution on glide planes of misfit dislocation in metamorphic InGaAs solar cells

宮崎大学大学院工学研究科¹, 宇宙航空研究開発機構²

○峰松 遼¹, 小倉 暁雄², 野川 翔太¹, 河野 将大¹, 久保 幸士朗¹,
今泉 充² 鈴木 秀俊¹

University of Miyazaki Faculty of Engineering¹, Japan Aerospace Exploration Agency,
Tsukuba, Ibaraki²

R. Minematsu¹, A. Ogura², S. Nogawa¹, M. Kawano¹, K. Kubo¹, M. Imaizumi², H. Suzuki¹

E-mail: hk15043@student.miyazaki-u.ac.jp

1. はじめに

近年、1 の多接合型太陽電池(IMM セル)は、従来の多接合型太陽電池に比べ、高効率であることから注目を集めている。傾斜組成バッファ層は、格子不整合による吸収層の転位密度を減らす[1]。しかし、MOVPE による一括成膜では、ウェーハ内で変換効率に場所依存性があることが知られている[2]。最近の研究で、我々は InGaP 傾斜バッファ層を導入した GaAs(001)ウェーハ上に成長した In_{0.2}Ga_{0.8}As 太陽電池の開放端電圧(Voc)と格子不整合による格子緩和の関係を評価した。その結果、転位のすべり面の異方性に大きな違いがあることが判明した[3]。格子緩和を起こす転位のすべり面は、(111), ($\bar{1}\bar{1}1$), ($\bar{1}11$), ($1\bar{1}1$)の4つで、前2つは α 転位、後者2つは β 転位である。 α , β 転位それぞれで2種類のすべり面の割合が異なる場合に、格子面の傾きが発生する。Voc が高いセルと比べ低いセルは、 β 転位の($\bar{1}\bar{1}1$), ($1\bar{1}1$)の割合が大きく異なっていた。従って、セルの変換効率の向上には、 β 転位におけるすべり面の制御が重要であると考えられている。しかし、これはセル全体を評価した結果であり、セル内にさらに、すべり面の分布が存在するのかどうかは不明である。そこで、本研究では、IMM セルにおけるすべり面の詳細な分布を解明することを目的とした。

2. 実験方法および解析方法

[100]方向に2°、off 角をもつ GaAs(001)ウェーハ上に InGaP 傾斜組成バッファおよび In_{0.2}Ga_{0.8}As 太陽電池層を堆積し、1 cm 角の複数のセルを作製した。その中から、Voc が高いセル、中間、低いセル(0.666V, 0.682V, 0.712V)の3つを選択した。セル内での転位のすべり面分布を評価するため、SPRING-8 の BL11XU にて、各セルに対して10×10点で逆格子マッピング(RSM)を実行した。測定する逆格子点は 004 とした。[110]方向からみた RSM 測定例を図1に示す。GaAs、InGaP 傾斜組成バッファ層、オーバーシュート層(OS)、InGaAs セル層のピークが観察される。この測定結果では、GaAs のピークより InGaAs ピークが[$\bar{1}10$]方向にずれており、すべり面($\bar{1}\bar{1}1$)が($1\bar{1}1$)より多いことを示している。ピーク位置から、2つのすべり面の割合を評価した。また、InGaAs のピーク幅(青矢印)から、すべり面の偏りのゆらぎを評価した。

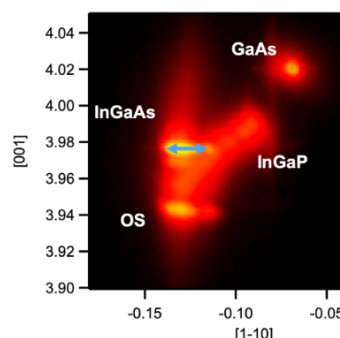


Fig. 1 Typical RSM around 004 diffraction observed from [110] direction.

3. 結果と考察

低い Voc を有するセル内の[$\bar{1}10$]方向の InGaAs ピーク位置および幅の面内マッピング画像を図2に示す。ピーク位置に分布がみられ、面の偏り分布が大きく二つの領域に分かれた。面内全体に渡って($\bar{1}\bar{1}1$)すべり面が多いが、暗い領域では、特に($\bar{1}\bar{1}1$)すべり面が多く、明るい領域では、($\bar{1}\bar{1}1$)すべり面の割合が小さい。また、領域の境界では、ピークがブロードとなっている。ただし、単純な2つの領域の混在では説明できず、すべり面の偏りのゆらぎが大きい事が示唆された。図には示していないが、中間の Voc セルでもすべり面分布がいくつかの領域に分かれた。一方、高い Voc セルでは、ピーク位置および幅ともに均一であった。

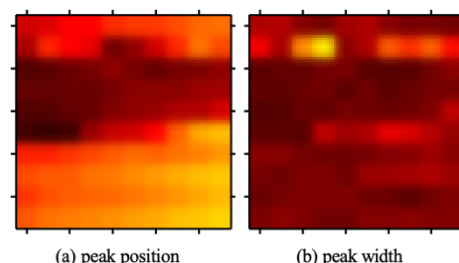


Fig. 2 In-plane mappings of InGaAs 004 peak position(a) and width(b) along the [110] direction for lowest Voc cell.

参考文献

- [1] H. Q. Nguyen, et al, Energy Harvesting and Systems **1**(3-4) (2014) 157
- [2] C. Ebert et al., J. Cryst. Growth **414** (2015) 21
- [3] A. Ogura, H. Suzuki, and, M. Imaizumi, J. Cryst. Growth **533** (2020) 125432