

シリコン太陽電池の電子選択層応用に向けた $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ の In 添加量の影響の検討

Investigation of In Mole Fraction in Indium Gallium Nitride for Electron Selective Layer of Silicon Solar Cell

東工大工¹, 日本学術振興会特別研究員² ◦白取 優大^{1,2}, 宮島 晋介¹

School of Engineering, Tokyo Tech.¹, JSPS research fellowship for young scientists DC1²

◦Yuta Shiratori^{1,2}, Shinsuke Miyajima¹

E-mail: shiratori.y.ab@m.titech.ac.jp

1. 研究背景

高品質 a-Si:H を用いたシリコンヘテロ接合 (SHJ) 太陽電池は高い変換効率を示す。しかし、a-Si:H 形成には強い爆発性を有する SiH_4 を原料とする CVD 法が広く用いられる。

我々の研究グループでは、電子選択層として III 族窒化物材料の検討を進めている。これまで、III 族窒化物材料の中でも中程度の電子親和力(χ)、バンドギャップ(E_g)を有する窒化ガリウム(GaN)の電子選択層応用可能性について議論し、GaN/c-Si 間の伝導帯不連続が大きいため、キャリア濃度やコンタクトさせる電極の仕事関数に制約がある事をデバイスシミュレーションにより明らかにした[1]。

そこで、伝導帯不連続を調整するために、In 添加により χ と E_g を調整することが可能な[2] $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ に注目した。本研究ではデバイスシミュレーションを用い、SHJ 太陽電池の電子選択層応用に適した $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 内の In 比について検討した結果について報告する。

2. 実験方法

シミュレーションには Afors-HET (ver 2.5) を用い、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 層を電子輸送層に用いた SHJ 太陽電池をモデル化した。GaN 層の χ 、 E_g はスパッタ法により作製した nc-GaN 層の UPS、PL 測定により決定した。 InGa_xN 層の χ 、 E_g は GaN への In 添加量と E_g 、 χ の関係式[3]により決定した。また、キャリア濃度はいずれの場合も 10^{16} cm^{-3} とした。SHJ 太陽電池の I - V 特性、特に In 添加量が I - V 特性に与える影響を検討

した。

3. 実験結果

Figure 1 に異なる In 添加量を有する $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ を用いた SHJ 太陽電池の I - V カーブ (シミュレーション) を示す。In 添加量が太陽電池特性に大きく影響を与え、In 添加量 20% で従来材料の n- $\mu\text{c-Si:H}$ を用いた場合 (Ref) と同程度の特性を示す。これは、In 添加により $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ /c-Si 間の伝導帯不連続が減少したことにより由来し、In 添加量の調整が高品質な電子選択層実現に重要であることを示している。また、GaN: In_2O_3 (モル比 8:1) 混合ターゲットを用いたスパッタ法で膜形成を試みたところ、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 結晶に由来する XRD パターンを有する膜の形成に成功した。In 添加による E_g の減少が確認されており、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 電子選択層形成の可能性が示されたと考えられる。

謝辞

本研究は特別研究員奨励費の支援により実施された。関係各位に感謝する。

参考文献

- [1] 白取 他、第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 [11p-Z23-18] (2020)
- [2] Y. Tsai and C. Bayram, ACS Omega 5, 3917 (2020)
- [3] S. Nakamura, et.al., Jpn. J. Appl. Phys. 32, 338 (1993)

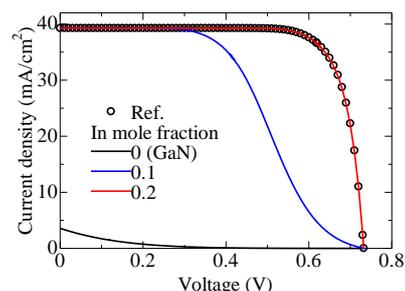


Fig.1 Simulated I - V curves of SHJ solar cells with InGa electron selective contacts with different In mole fraction.