

四元混晶 GaNAsBi 太陽電池の製作と熱処理による特性改善

Fabrication of a GaNAsBi solar cell

and improvement of its performance by rapid thermal annealing

京工織大¹, [○]川田 大夢¹, 長谷川 将¹, 松村 淳太¹, 西中 浩之¹, 吉本 昌広

Kyoto Inst. Tech¹, [○]Hiromu Kawata¹, Sho Hasegawa¹, Junta Matsumura¹,

Hiroyuki Nishinaka¹, and Masahiro Yoshimoto¹,

E-mail: m0621017@edu.kit.ac.jp

多接合太陽電池の新規サブセル材料の一つとして、希釈ビスマス(Bi)系半導体である GaAsBi、さらに窒素(N)を添加した GaNAsBi が注目されている。GaAs に希釈量の Bi を添加すると、格子定数は大きくなり、バンドギャップは急激に減少する(~62 meV/Bi%)。一方で、希釈量の N を添加すると、格子定数は小さくなり、バンドギャップは急激に減少する(~130 meV/N%)^[1]。すなわち、四元混晶 GaNAsBi においては、Bi および N の添加量を適切にコントロールすることで、GaAs 基板に格子整合しつつ、大きくナローギャップ化させることができる。

本研究では、四元混晶 GaNAsBi を太陽電池材料として評価するため、PIN 型の太陽電池を試作した。プラズマアシスト分子線エピタキシー法により、Ga(N)AsBi/GaAs ダブルヘテロ構造を成長した。また、GaInNAs などの希釈窒化物半導体を用いた太陽電池では、熱処理による特性の改善が報告されている^[2]。本研究においても熱処理による太陽電池特性への影響を調査した。アニール温度 700°C とし、1 分間窒素雰囲気下で急速アニール処理(RTA)を行った。

製作した太陽電池の暗時の電流電圧測定をしたところ、どの試料も比較的の良い整流特性が得られた。Fig.1 に AM1.5 スペクトルを照射したときの電流電圧特性の結果を示し、Table 1 にその太陽電池特性をまとめた。RTA 処理を行った GaNAsBi 試料の短絡電流は、RTA 処理なしの試料に比べて 6 倍程度改善している。一方、開放電圧については、RTA 処理後の試料についても、 $W_{oc} = (E_g/q) - V_{oc}$ が GaAsBi 試料に比べて大きくなっている。これは、窒素添加により結晶性が低下したためと考えられる。

Fig.2 に分光感度特性を示す。GaNAsBi 試料の吸収端は、N 添加によるナローギャップ効果により、GaAsBi 試料より低エネルギー側にある。また、太陽電池特性で得られた結果と同様に、RTA 処理を行った GaNAsBi 試料で、光応答が大きく改善している。

Table 1. Photovoltaic characteristics of GaAsBi and GaNAsBi solar cells

Sample	Effective area(mm ²)	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF	PCE(%)	E _g (eV)	W _{oc} (V)
GaAsBi		8.95	0.53	0.69	3.27	1.19	0.66
GaNAsBi	0.98	1.68	0.28	0.51	0.24	1.14	0.86
GaNAsBi RTA		10.80	0.33	0.56	2.00	1.15	0.82

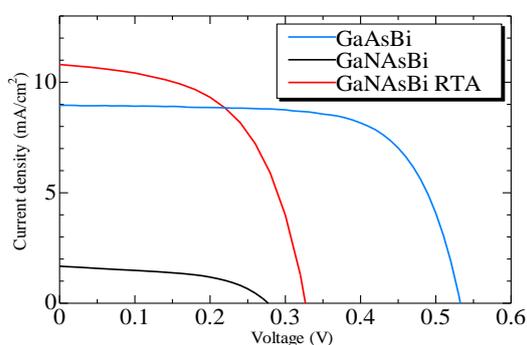


Fig.1. Illuminated I-V of the GaAsBi and GaNAsBi devices under AM1.5 spectrum.

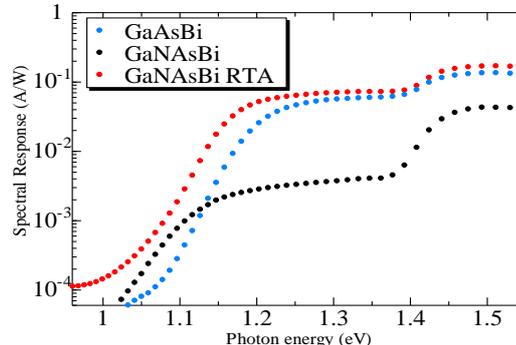


Fig.2 Spectral response of GaAsBi and GaNAsBi devices.

Reference

- [1] Masahiro Yoshimoto, Wei Huang, Gan Feng, and Kunishige Oe "New semiconductor alloy GaNAsBi with temperature-insensitive bandgap" *phys. stat. sol. (b)* **243**, 1421 (2006)
- [2] A. Gubanov, V. Polojärvi, A. Aho, A. Tukiainen, N. V. Tkachenko, and M. Guina, "Dynamics of time-resolved photoluminescence in GaInNAs and GaNAsSb solar cells," *Nanoscale Res. Lett* **9**, 80 (2014)