

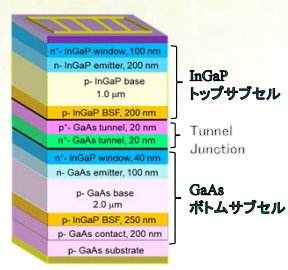
HVPE法で作製した2接合太陽電池における各開放電圧の算出

○ 相原 健人¹、太野垣 健¹、大島 隆治¹、庄司 靖¹、牧田 紀久夫¹
 生方 映徳²、菅谷 武芳¹

¹産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 先進多接合デバイスチーム
²太陽日酸株式会社

研究の背景

HVPE法を用いたDual Junction (DJ)太陽電池の開発



本チームでは、従来型のMOVPE法と比較して高い成長速度と安価な原料の使用が可能なHVPE法^{1,2)}を使用して、高効率なIII-V族化合物太陽電池の開発を実施してきた。これまでにHVPE法を用いて、高効率なInGaP/GaAs DJ太陽電池を実証した³⁾。(左図) 現状ではAl系パッシベーション層を形成することはできていないが21%と高い変換効率を得ている。

✓ DJ太陽電池の基礎特性

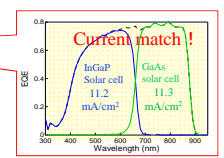
J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	$\eta\%$
11.37	2.318	0.83	21.89

DJ太陽電池の構造概略

目的

PV特性の向上には、太陽電池の基礎特性を正確に知ることが重要である。一方で、DJ太陽電池のような多接合型太陽電池では、各サブセルの基礎特性を直接計測できない。

- ✓ 各サブセルの短絡電流 (J_{sc})
 ⇒ 分光感度測定⁴⁾
- 各サブセルの開放電圧 (V_{oc})
 ⇒ 分光感度測定とEL測定⁵⁾の組み合わせ。



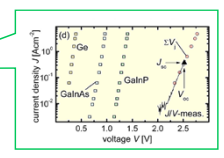
本研究

太陽電池と発光ダイオードの相関関係^{5,6)}

$$\Phi_{em}(E) = Q_e(E)\Phi_{bb}(E) \left[\exp\left(\frac{qV}{kT} - 1\right) \right], \quad (1)$$

上記の相関関係と非発光効率(NRE)の違いを考慮して、各サブセルの V_{oc} を算出。

☞ NRE: Non-Radiative Efficiency



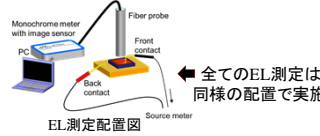
実験手順

NREの違いを考慮した実験方法

- リファレンスセルとして用意した、InGaP, GaAs シングルジャンクション (SJ) 太陽電池、及び、DJ太陽電池のEL測定と分光感度測定を実施
- SJ太陽電池における、EL測定の実験方法を、I-Vカーブの算出過程で、各太陽電池固有の δV_{InGaP} , δV_{GaAs} を算出
- DJ太陽電池における、I-Vカーブの算出時に、上記で見積った、 δV_{InGaP} , δV_{GaAs} も使用
- 算出したDJ太陽電池のI-Vカーブと従来のI-V測定で見積った J_{sc} を組み合わせ、個々の V_{oc} を算出

✓ I-V測定から算出した、DJ太陽電池、及び、SJ太陽電池の基礎パラメータ

	SJ InGaP solar cell	SJ GaAs solar cell	DJ solar cell
J_{sc} (mA/cm ²)	10.82	26.78	11.37
V_{oc} (V)	1.358	1.018	2.318
FF	0.841	0.796	0.830
$\eta\%$	12.36	21.70	21.89



実験結果 (※手順 1)

EL測定

EQE測定

SJ太陽電池のEQEスペクトル

SJ太陽電池とDJ太陽電池のEL測定とEQE測定を実施。解析には、各太陽電池のELスペクトルのピーク強度とピーク位置を使用。また、ELピーク位置に対応するEQE信号も使用。

解析 (※手順 2~3)

式(2)のI-Vカーブが各セルの J_{sc} , V_{oc} に対応するマーカー(●, □)に合うようにNREの指標となる δV を調整。

算出した δV_{InGaP} と δV_{GaAs} はそれぞれ383.2 mV, 287.5 mV。↑ δV は不一致なので、NREに違いが存在していたことを確認。

算出した δV_{InGaP} と δV_{GaAs} を用いて、DJ太陽電池のI-Vカーブの算出を実施。

DJ太陽電池のI-Vカーブは式(3)を用いて算出。

同様にDJ太陽電池の J_{sc} , V_{oc} に対応するマーカー(●)に合うように δV_{DJ} を調整。

結果と考察 (※手順 4)

SJ、及び、DJ太陽電池のEL測定データから算出したI-VカーブとI-V測定で算出した J_{sc} を組み合わせ、個々の V_{oc} を算出。

✓ EL測定から見積った個々の V_{oc}

	Top sub-cell (InGaP)	Bottom sub-cell (GaAs)	SUM
V_{oc} (V)	1.339	0.978	2.317

matched very well

✓ リファレンスとして使用したSJ太陽電池とDJ太陽電池の V_{oc}

	SJ InGaP Solar cell	SJ GaAs Solar cell	DJ Solar cell
V_{oc} (V)	1.358	1.018	2.318

算出した個々の V_{oc} は、リファレンスセルとよく一致する値を示した。また、電圧降下はトップセルとボトムセルでそれぞれ19 mV, 40 mVであり、ボトムセル側の減少が多く、その理由としてSJとDJとで J_{sc} の値が2倍以上異なっているためと判断。以上、今回実施した手法で正確な各サブセルの V_{oc} の算出を遂行。

結論

- EL法を使用した各サブセルの開放電圧の算出
- ◆ 非発光効率の違いを考慮するためSJ太陽電池を用意。
- ◆ EL, EQE測定から各太陽電池の非発光再結合効率を算出。
- ◆ 非発光効率を用いて、DJ太陽電池の各サブセルの V_{oc} を算出。
- ◆ 得られた開放電圧はSJ太陽電池とよい一致。
- ◆ 簡易的な測定条件で正確な個々の V_{oc} の算出を遂行。

参考文献

- 1) R. Oshima *et al.*, IEEE J. Photovoltaics **9**, 154 (2019).
- 2) Y. Shoji *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 052004 (2019).
- 3) R. Oshima *et al.*, IEEE PVSC-46, Chicago, USA (2019).
- 4) T. Tayagaki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 08MC01 (2017).
- 5) T. Kirchartz *et al.*, Appl. Phys. Lett. **92**, 123502 (2008).
- 6) S. Roensch *et al.*, Appl. Phys. Lett. **98**, 251113 (2011).

謝辞

本研究は(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の支援を受けて行われました。