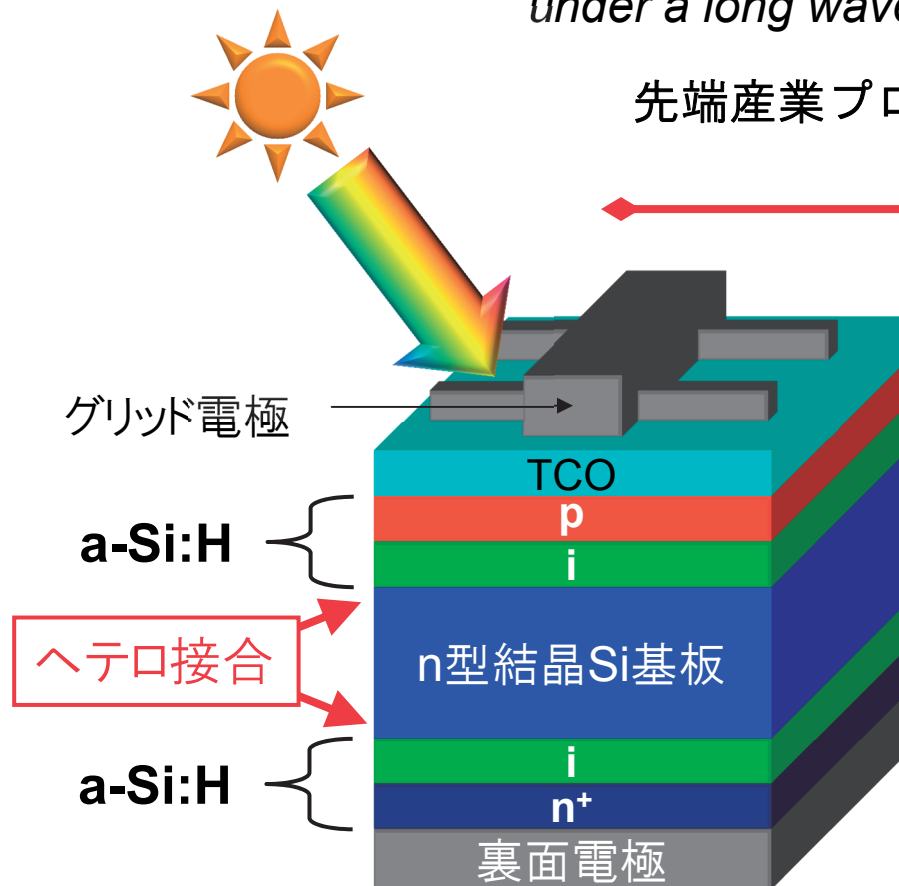


# ヘテロ接合型Ge太陽電池の長波長光照射下における特性評価

Characterization of c-Ge based heterojunction solar cells under a long wavelength light irradiation

先端産業プロセス・低コスト化チーム 金子 哲也  
(Tetsuya Kaneko)



## ヘテロ接合型太陽電池

- 結晶シリコンとアモルファスシリコンを接合した構造(ヘテロ接合)を持つ太陽電池
- HITセルとして知られ、実用サイズで高い変換効率を有する
- 温度上昇時の特性低下が少ない(低温度係数)

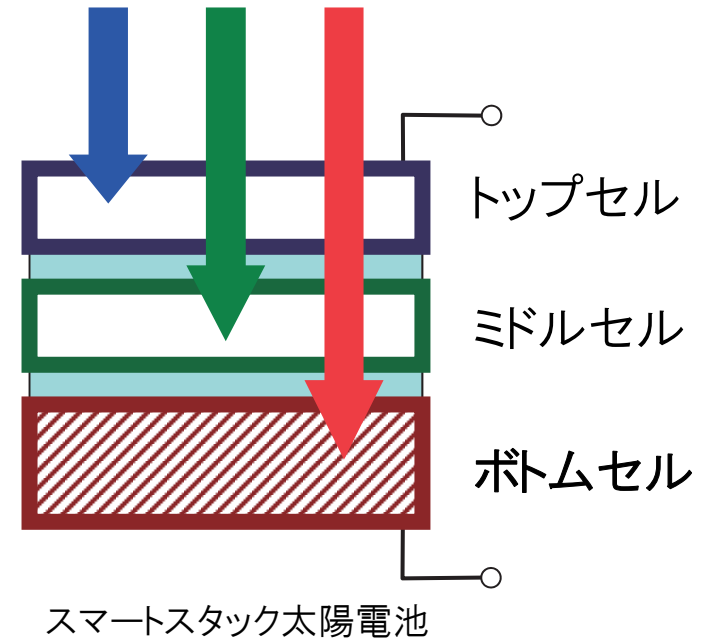
# ゲルマニウム太陽電池

シリコンよりも長波長光を利用可能 → 積層型太陽電池のボトムセルへ

材料ごとの理論上の最大電流密度

|    | Band gap (eV) | 吸収限界 (μm) | 最大J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> ) |
|----|---------------|-----------|---|
| Si | 1.12          | 1.11      | 43.8                                    |
| Ge | 0.66          | 1.88      | 60.9                                    |

- シリコンを透過した光を利用することが可能



欠点

動作温度が**上昇**

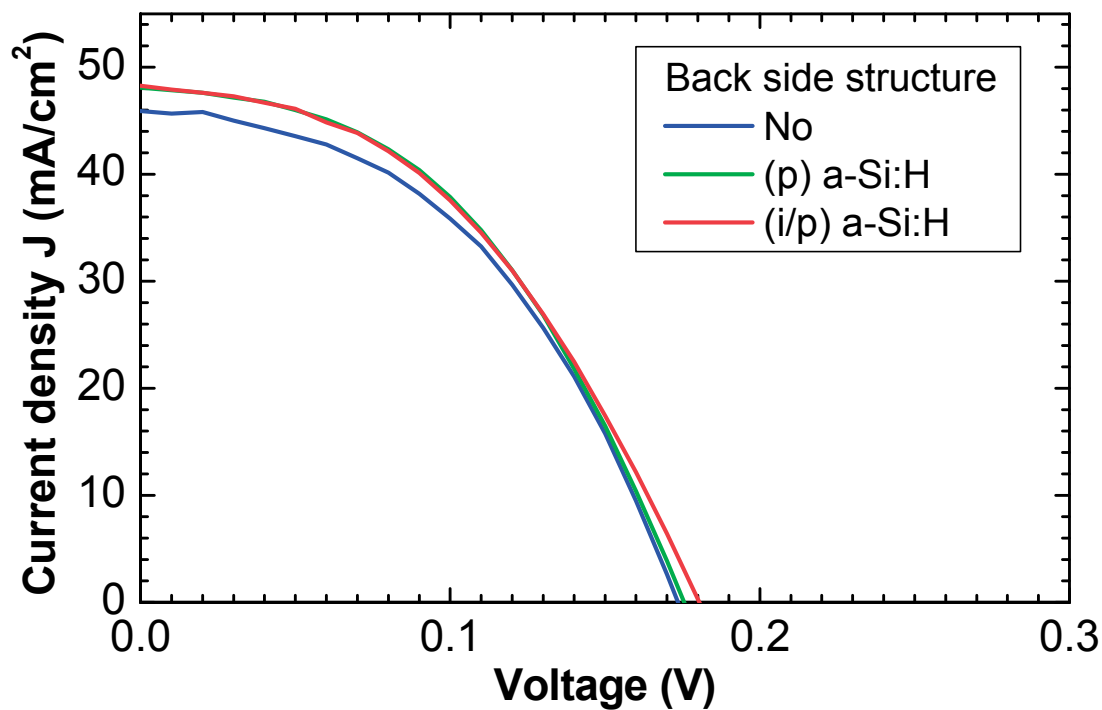
すると変換効率の**低下**が

**大きい**

ヘテロ接合化により温度係数を改善

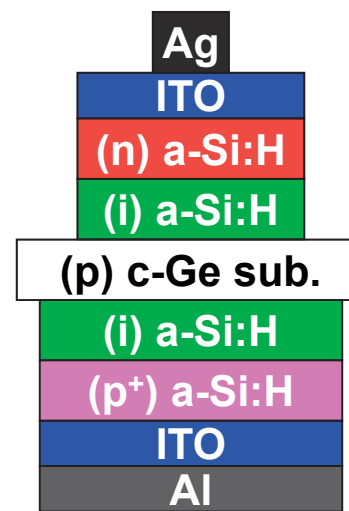
# 両面ヘテロ接合型Ge太陽電池の特性

| 裏面ヘテロ構造      | $V_{OC}$ (V) | $J_{SC}$ (mA/cm <sup>2</sup> ) | FF    | Efficiency (%) |
|--------------|--------------|--------------------------------|-------|----------------|
| 無し           | 0.174        | 45.9                           | 0.459 | 3.66           |
| (p) a-Si:H   | 0.176        | 48.1                           | 0.453 | 3.83           |
| (i/p) a-Si:H | 0.181        | 48.3                           | 0.436 | 3.80           |



ヘテロ接合型Ge太陽電池のJ-V特性

両面ヘテロ接合化により効率向上

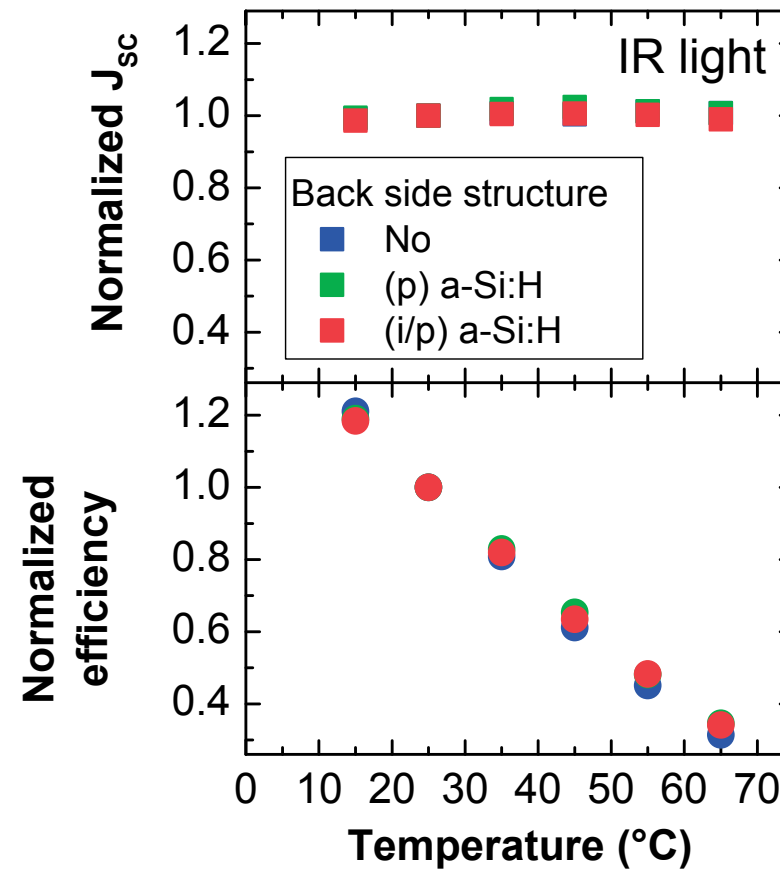
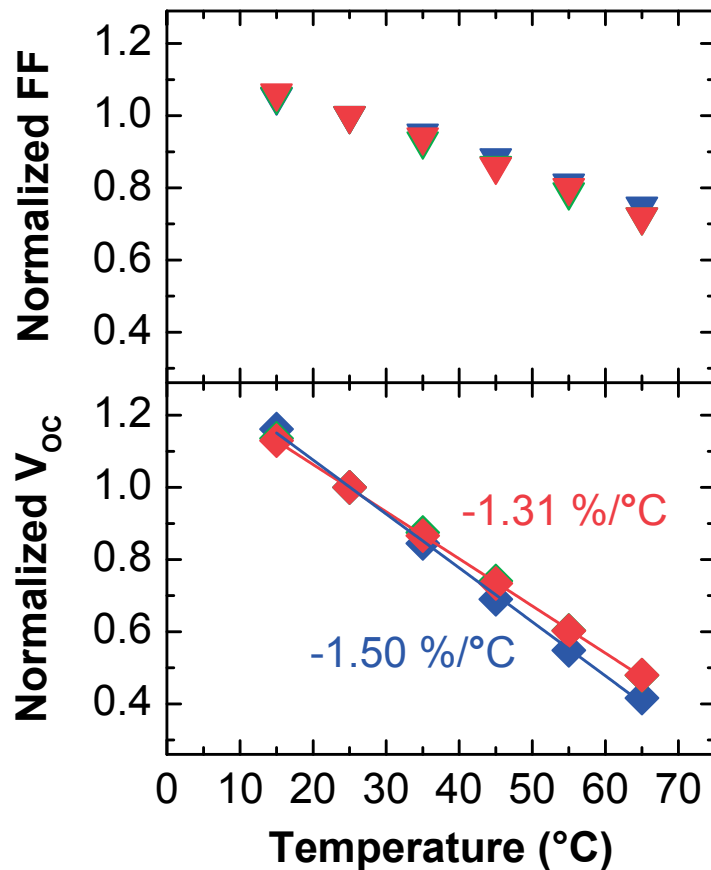


# 赤外光下における温度特性

赤外光下においても両面ヘテロ接合化により $V_{OC}$ の温度特性が改善



両面ヘテロ接合構造はGe太陽電池でも有用



ヘテロ接合型Ge太陽電池の温度特性(赤外光照射時)

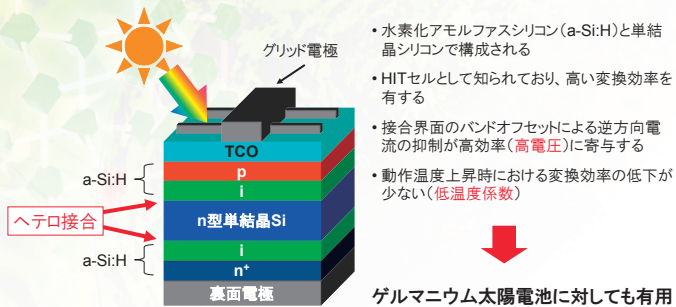
# ヘテロ接合型Ge太陽電池の長波長光照射下における特性評価

金子哲也

産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター  
先端産業プロセス・低コスト化チーム

## 研究の背景・目的

### ヘテロ接合型太陽電池



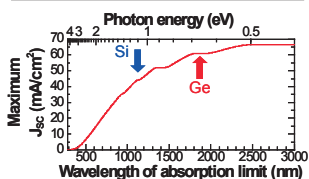
ゲルマニウム太陽電池に対しても有用

### ゲルマニウム太陽電池

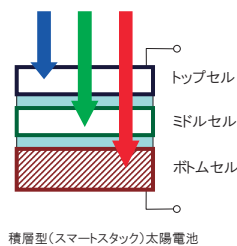
シリコンよりも長波長の光(赤外光)まで発電に利用することができる

積層型太陽電池のボトムセルへの応用

| Band gap (eV) | 吸収限界 (μm) | 最大 $J_{SC}$ (mA/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------|-----------|-----------------------------------|
| Si            | 1.12      | 43.8                              |
| Ge            | 1.88      | 60.9                              |



吸収材のバンドギャップと太陽電池の最大電流



積層型(スマートスタック)太陽電池

### 欠点

- ◆低電圧(低 $V_{OC}$ )
- ◆狭バンドギャップ → 温度上昇時の特性低下が大きい(高温係数)

ヘテロ接合化により改善

## まとめ

- ◆ Ge太陽電池を両面ヘテロ接合化することにより、 $J_{SC}$ 、 $V_{OC}$ 、変換効率の向上を確認した。
- ◆ 長波長光(赤外光)照射下において両面ヘテロ接合化により温度特性の改善が観測された。
- ◆ Ge太陽電池においても、両面ヘテロ構造は有用であると考えられる。

## 実験結果

### 1. 両面ヘテロ接合型Ge太陽電池の作製

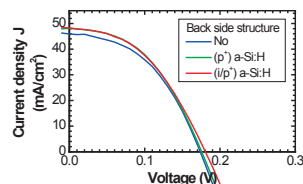


図1. ヘテロ接合型Ge太陽電池のJ-V特性

| 裏面ヘテロ構造                    | $V_{OC}$ (V) | $J_{SC}$ (mA/cm <sup>2</sup> ) | FF    | Efficiency (%) |
|----------------------------|--------------|--------------------------------|-------|----------------|
| 無し                         | 0.174        | 45.9                           | 0.459 | 3.66           |
| (p <sup>+</sup> ) a-Si:H   | 0.176        | 48.1                           | 0.453 | 3.83           |
| (i/p <sup>+</sup> ) a-Si:H | 0.181        | 48.3                           | 0.436 | 3.80           |

- 両面ヘテロ接合化により短絡電流密度( $J_{SC}$ )、開放電圧( $V_{OC}$ )、変換効率が向上(図1)
- $J_{SC}$ の増加は広い波長域の量子効率向上に起因(図2)
- 曲線因子(FF)低下は直列抵抗成分の増加が影響(図3)

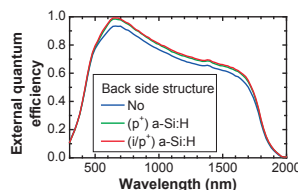


図2. ヘテロ接合型Ge太陽電池の外部量子効率

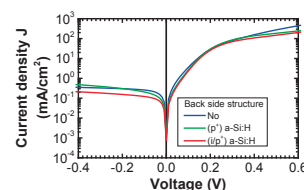


図3. ヘテロ接合型Ge太陽電池のダークJ-V特性

### 2. 両面ヘテロ接合型Ge太陽電池の温度特性

- 両面ヘテロ接合化により $V_{OC}$ の温度特性が改善(図4)
- 長波長光(赤外光)照射下においても、温度特性の改善を確認(図5)

<白色光照射下>

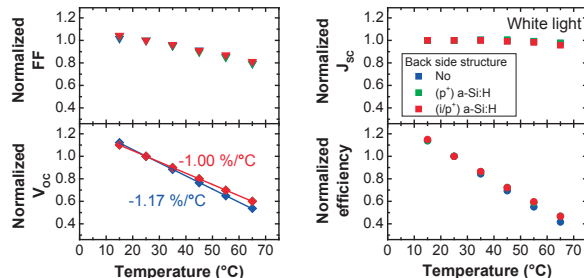


図4. ヘテロ接合型Ge太陽電池の温度特性(白色光照射時)

<赤外光照射下>

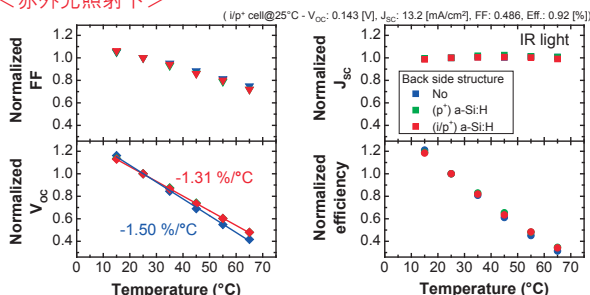


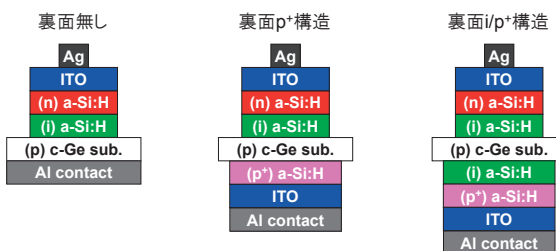
図5. ヘテロ接合型Ge太陽電池の温度特性(赤外光照射時)

## 実験

使用基板: 単結晶 p型Ge(111) 2.5 Ω·cm  
成膜方法: プラズマCVD法

### 1. 両面ヘテロ接合型Ge太陽電池の作製

セル構造



### 2. 両面ヘテロ接合型Ge太陽電池の温度特性

