

シリコンヘテロ太陽電池の 高効率化に向けた 界面欠陥の制御

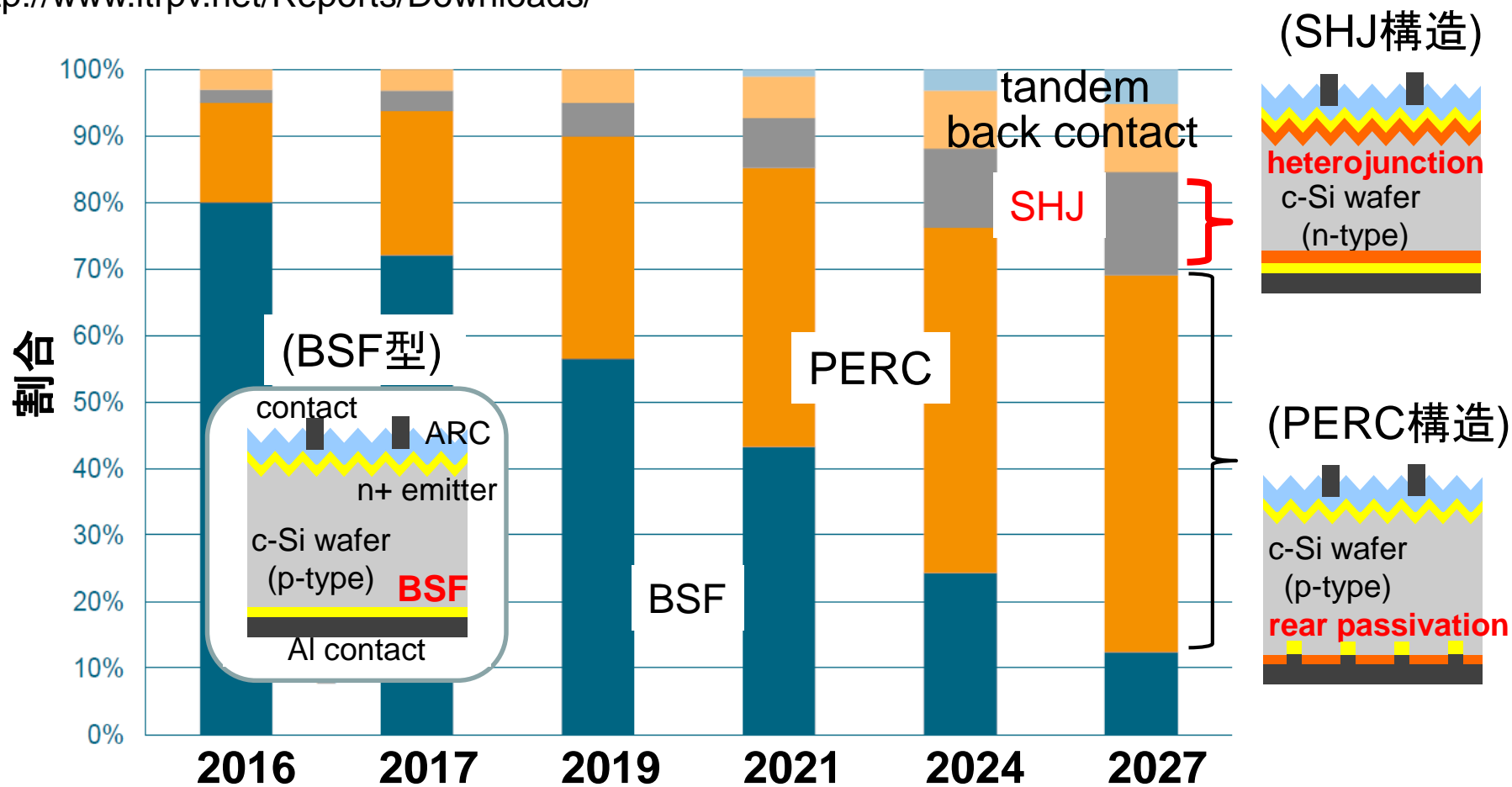
太陽光発電研究センター
先進プロセスチーム
布村正太、坂田功、松原浩司

内容

1. シリコンヘテロ接合 (SHJ) 太陽電池の構造と作製プロセス
2. 界面欠陥の評価法
 - ・QSSPC (ウエハ側から)
 - ・ポンププローブ (パッシベーション膜側から)
3. 結果と考察
 - ・界面欠陥の発生と修復
 - ・発生の原因と修復のポイント
4. まとめと謝辞

研究背景：c-Si太陽電池のシェア予測 (ITRPV2017)

<http://www.itrpv.net/Reports/Downloads/>



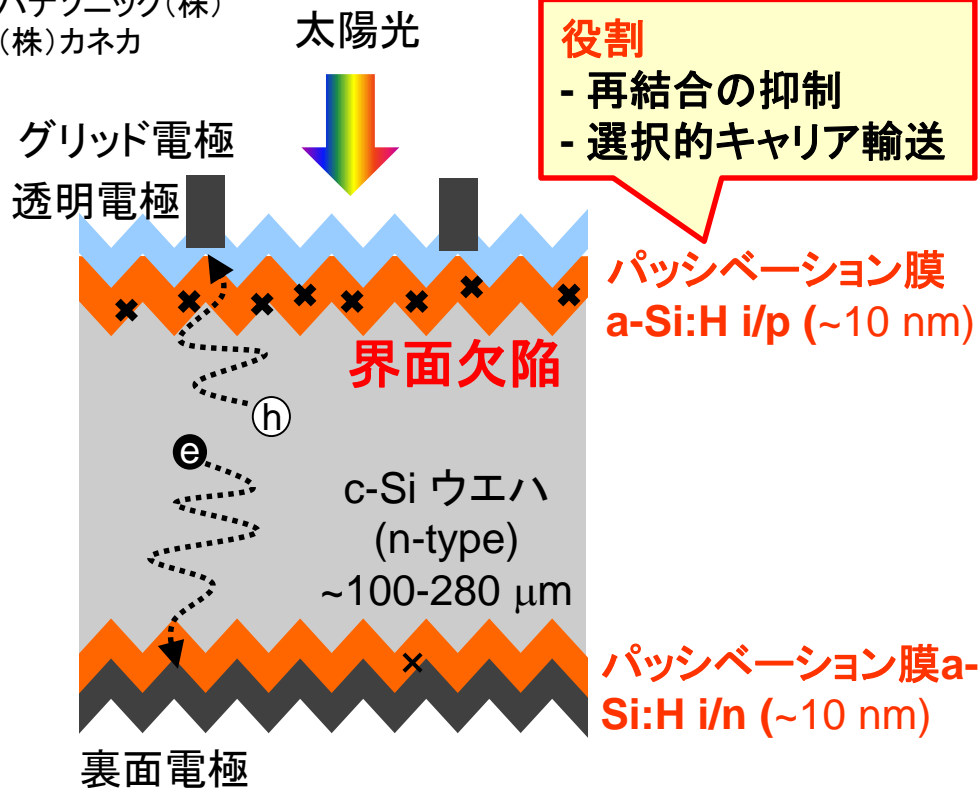
- 現在は、BSFが主流。
- 今後は、両面パッシベーションを有するPERCやSHJ構造が主流に。

SHJ太陽電池の構造と作製プロセス(一例)



SHJ太陽電池の構造

25.6%, パナソニック(株)
26.7%, (株)カネカ



作製プロセス

ウエハのテクスチャー化
(光閉じ込め用)

ウエハの洗浄

(i)パッシベーション膜形成
(プラズマCVD技術)

(ii)透明電極形成
(プラズマスパッタ技術)

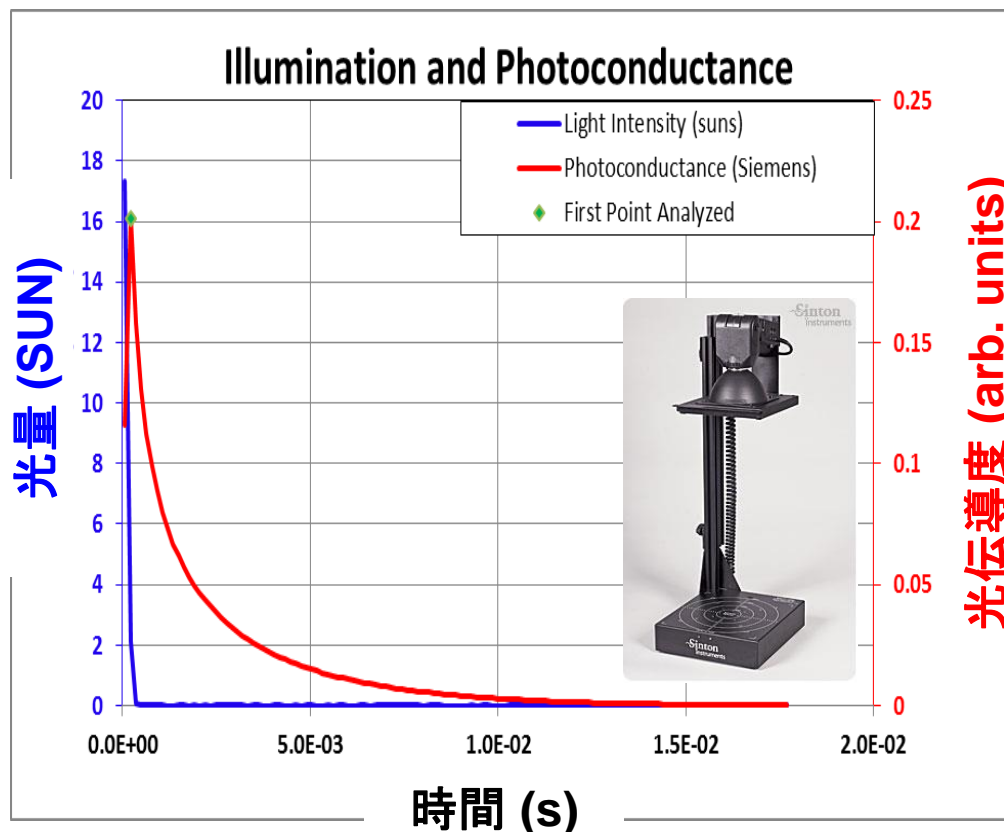
(iii)熱アニール

性能評価

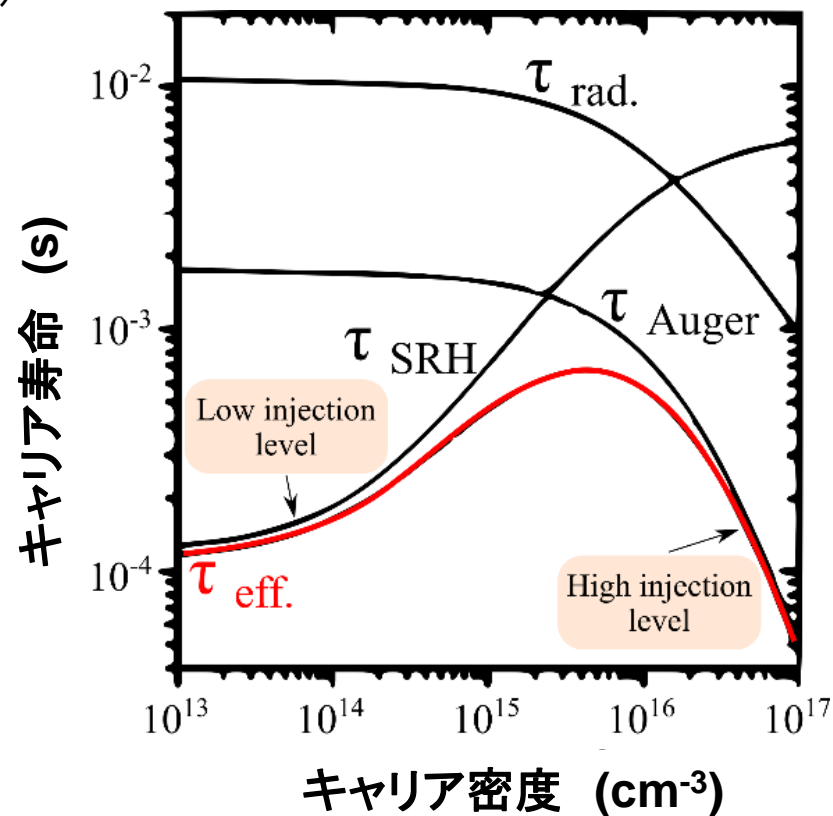
構造及びプロセスはシンプル
低温プロセス(約240°C以下)

界面欠陥の評価 ~ウエハ側から~ (QSSPC法による少数キャリア寿命の測定)

QSSPC (Quasi Steady-State Photoconductance)



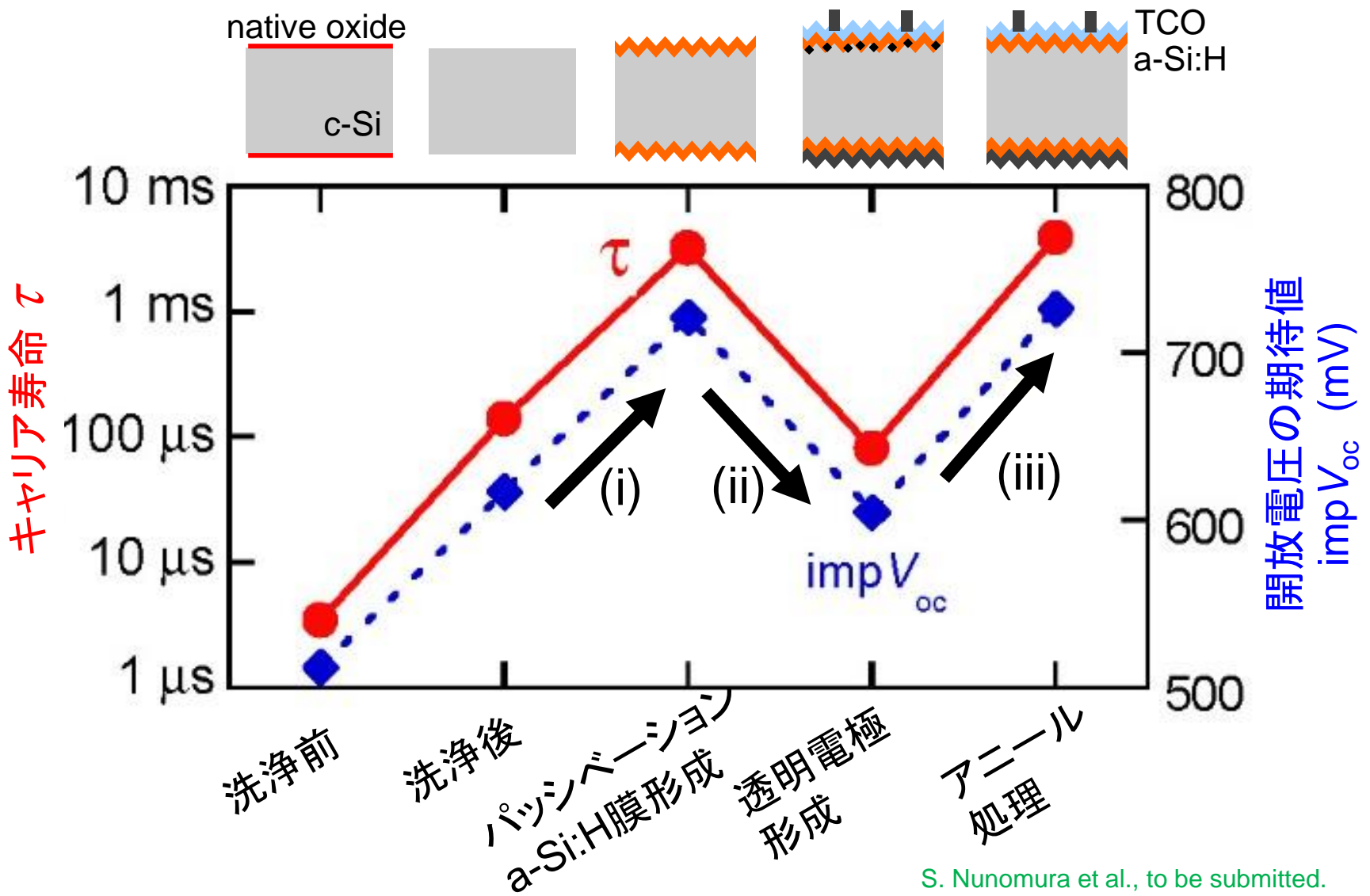
<http://www.sintoninstruments.com/>



パッシベーションの指標
 ・少数キャリア寿命: $\tau > 1 \text{ ms}$
 ($D_{it} < 10^{10} \text{ cm}^{-2}$, $S < 100 \text{ cm/s}$)

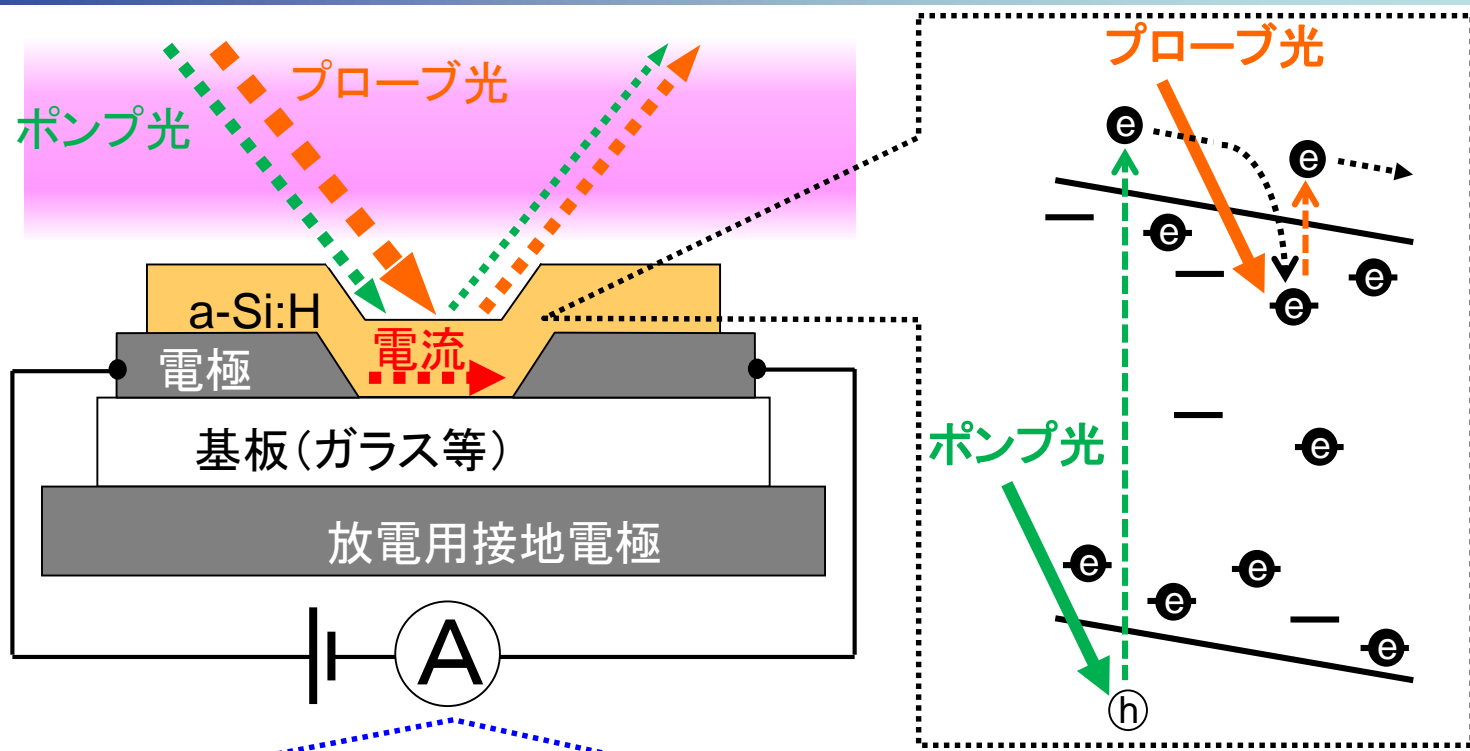
結果: 各プロセス後の界面欠陥の増減

c-Siの少数キャリア寿命



S. Nunomura et al., to be submitted.

界面欠陥の評価 ~a-Si:Hパッシベーション膜側から~ (ポンププローブ法による光電流測定)



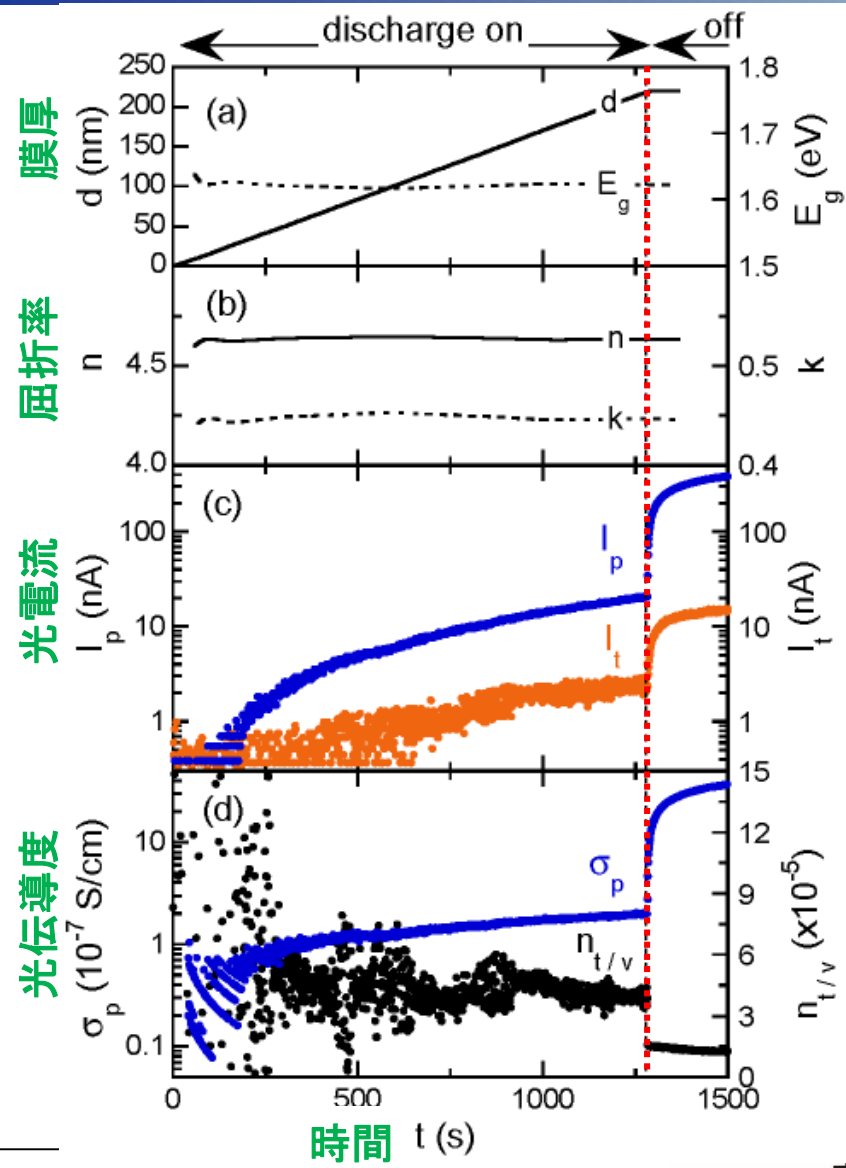
光電流:

$$I_p = e n_p v_d \propto \mu \tau_r \quad \tau_r \propto 1/n_{\text{defect}}$$

トラップ電荷量

$$n_{\text{trap}} = \frac{\sigma_p \Gamma_{\text{pump}}}{\sigma_t \Gamma_{\text{probe}}} \frac{I_t}{I_p} n_v$$

結果 : (i) a-Si:H パッシベーション膜の形成による界面欠陥の終端



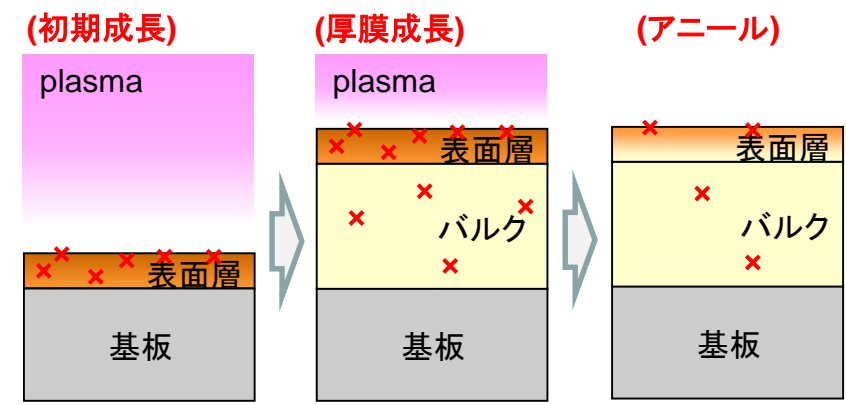
S. Nunomura *et al.*, *AIP Advances* 4, 097110 (2014).

- 膜厚 d は成長時間に比例
- 光学定数 E_g, n, k は一定

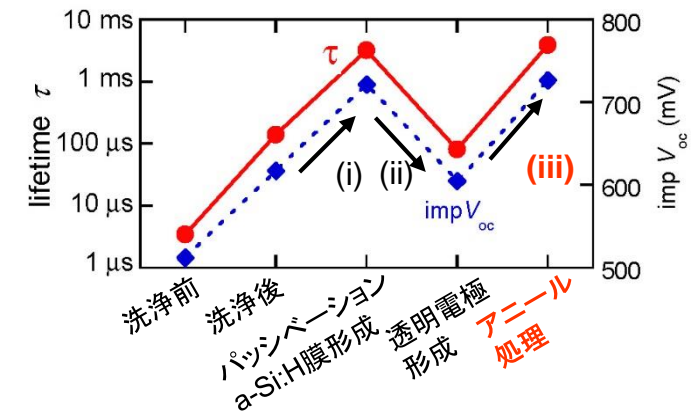
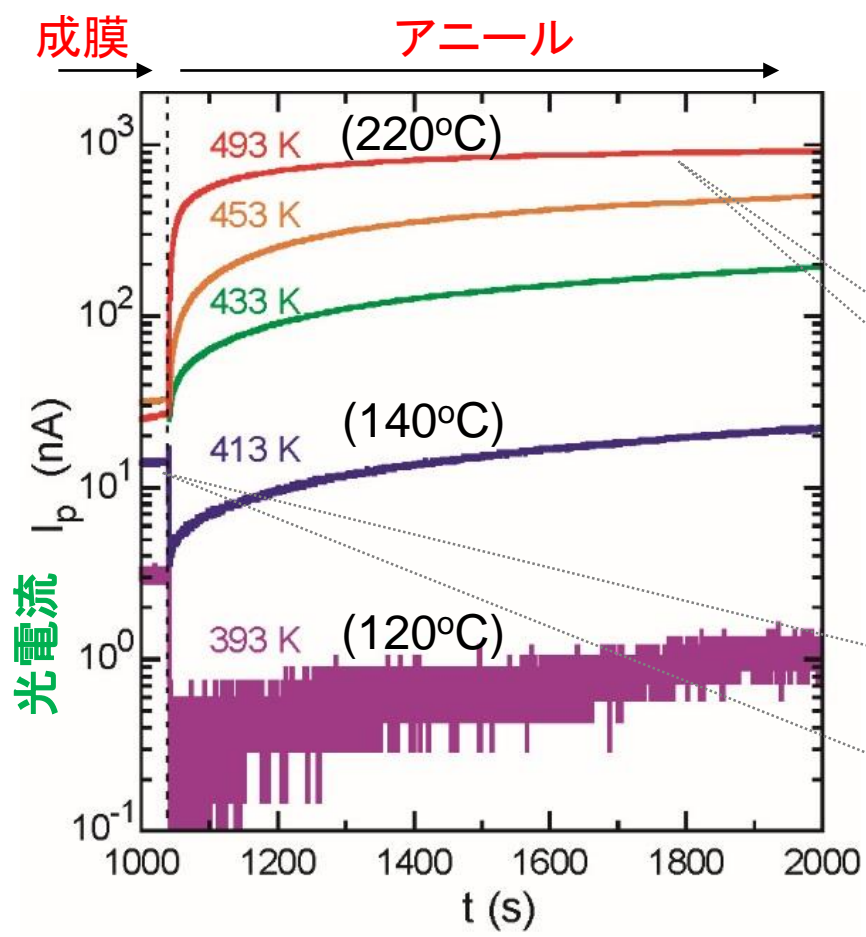
- 光電流 I_p**
- 初期成長の極薄膜で観測されない
 - 膜厚の増加に伴い増加

- 光伝導度 σ_p**
- 初期成長時に急速に増加
 - 厚膜で一定値に近づく

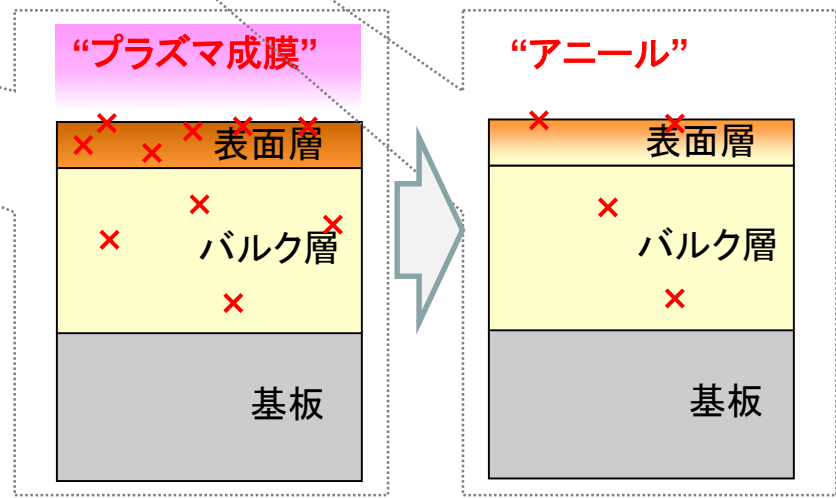
- トラップ電子密度 n_t**
- 10^{18} cm^{-3} 程度存在



結果:(iii) 熱アニール時の欠陥の修復



- 光電流 I_p の回復 ⇒ 欠陥の修復
- 欠陥の修復時間 τ はアニール温度に依存



S. Nunomura et al., Appl. Phys. Express 6, 126201 (2013).

まとめ

SHJ太陽電池の高効率化に向けた界面欠陥の発生と修復を調査。

1. a-Si:Hパッシベーション膜の成長と共に界面欠陥は終端。
(極薄膜(20 nm以下)のa-Si:Hパッシベーション膜では欠陥が多く存在)
2. TCO形成時に用いるArプラズマにより、欠陥が発生。
3. 熱アニールにより、欠陥は修復。
(活性化エネルギーは0.54 eV)

デバイスの高効率化には、界面欠陥の発生と修復を理解し、プロセスを適切に制御することが重要。また、界面欠陥の低減のみならず、様々な取り組みの積み上げが必要。

ご清聴ありがとうございました。

*Thank
you!*

謝辞

研究者:

佐藤愛子、ミカエル ロザック、海汐寛史、齋均、松井卓也(セル作製)

予算:

科研費 (課題番号15K04717, 18K03603)

NEDO 「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」