

2019年度成果報告会

高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発
太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発

Cat-CVDなど新手法による 高性能太陽電池低価格製造技術の開発

大平 圭介

*(国)北陸先端科学技術大学院大学

2019年10月17日

問い合わせ先
北陸先端科学技術大学院大学
大平 圭介
E-mail: ohdaira@jaist.ac.jp
TEL: 0761-51-1563

事業概要

1. 期間 開始:2015年5月, 終了(予定):2020年2月

2. 最終目標

①Cat-CVD

②Cat-doping: 80 °Cの低温でPやBを結晶Si(c-Si)に導入できる手法など新技術を駆使し、

薄板($\leq 100 \mu\text{m}$)c-Si基板にも対応できる、

低価格で高効率な両面型および裏面電極型

非晶質Si(a-Si)/c-Siヘテロ接合太陽電池を作製する基盤技術を開発する。

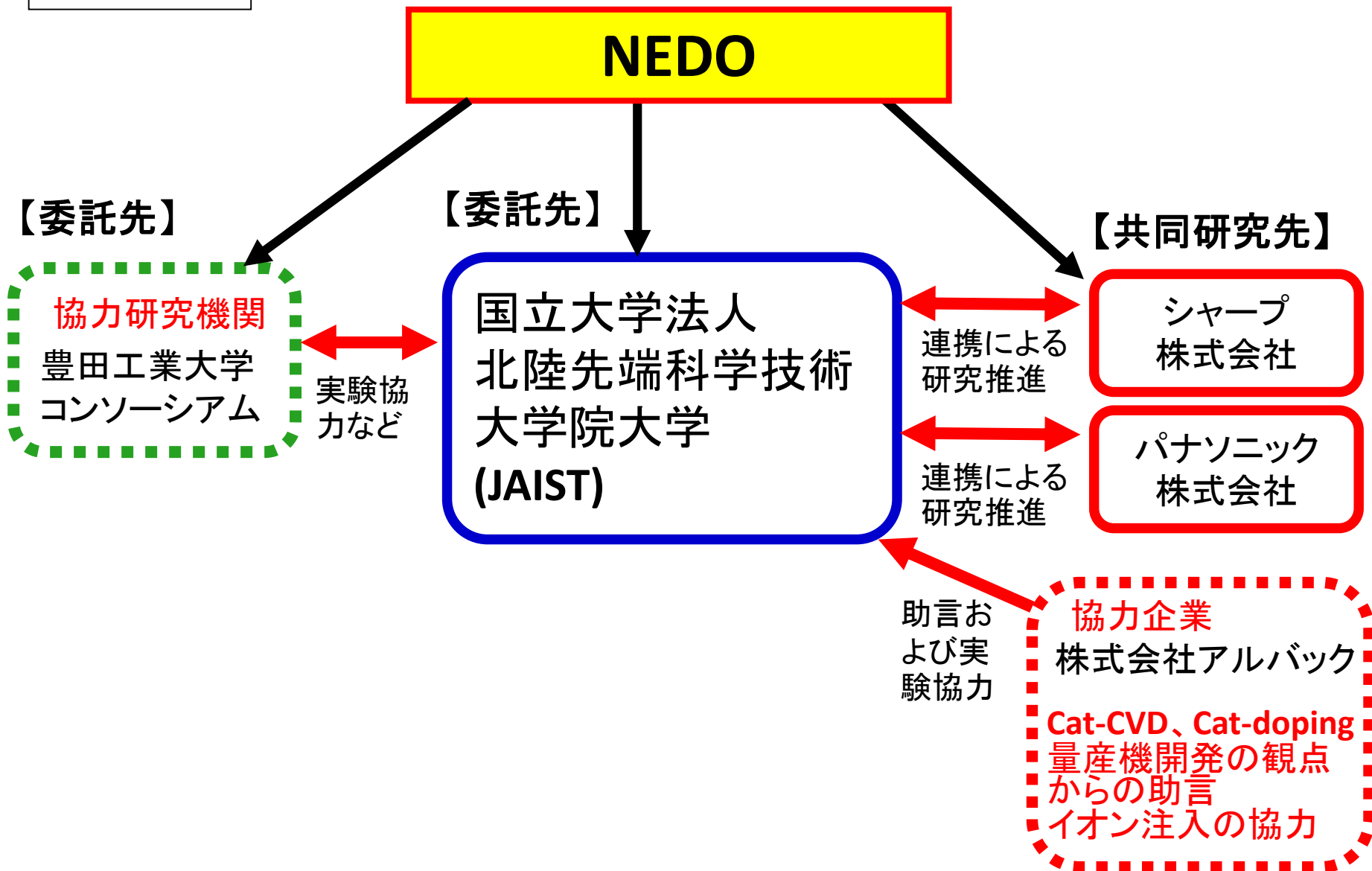
3. 成果・進捗概要

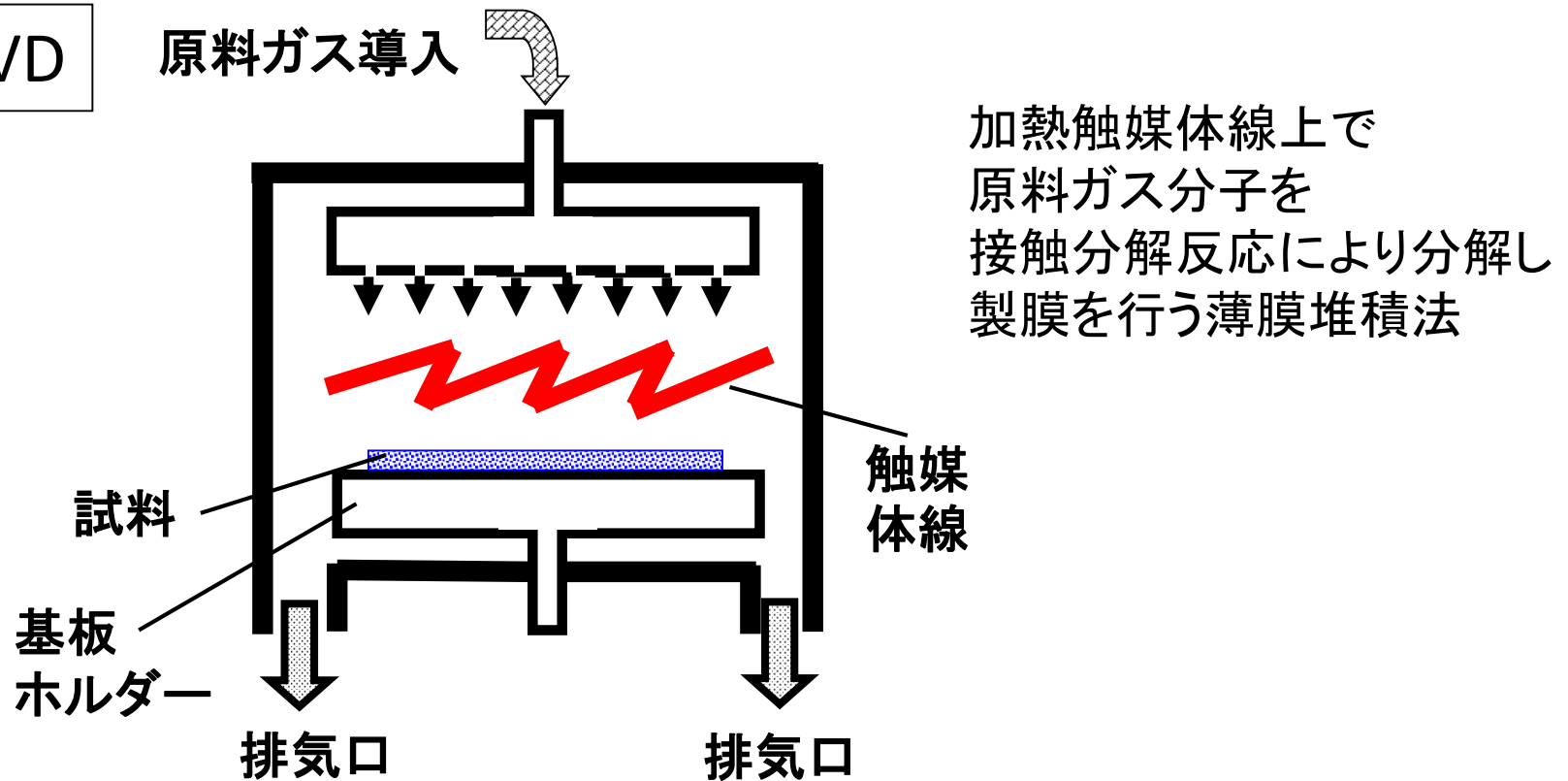
①Cat-CVD窒化Si(SiN_x)膜を表面に用いた裏面電極型a-Si/c-Si太陽電池において変換効率24.5%を達成した(企業との連携)。

②アルカリ溶液でのSi基板へのテクスチャ形成時に微小ガラス粒添加によりピラミッドサイズを低減する独自技術に関し、アズスライスウェハ、量産サイズウェハへの適用可能性を示した。

③ PH_3 のプラズマイオン注入によりp-a-Siをn-a-Siに反転する検討において、Si基板への欠陥生成および回復のメカニズムを明確化した。

実施体制

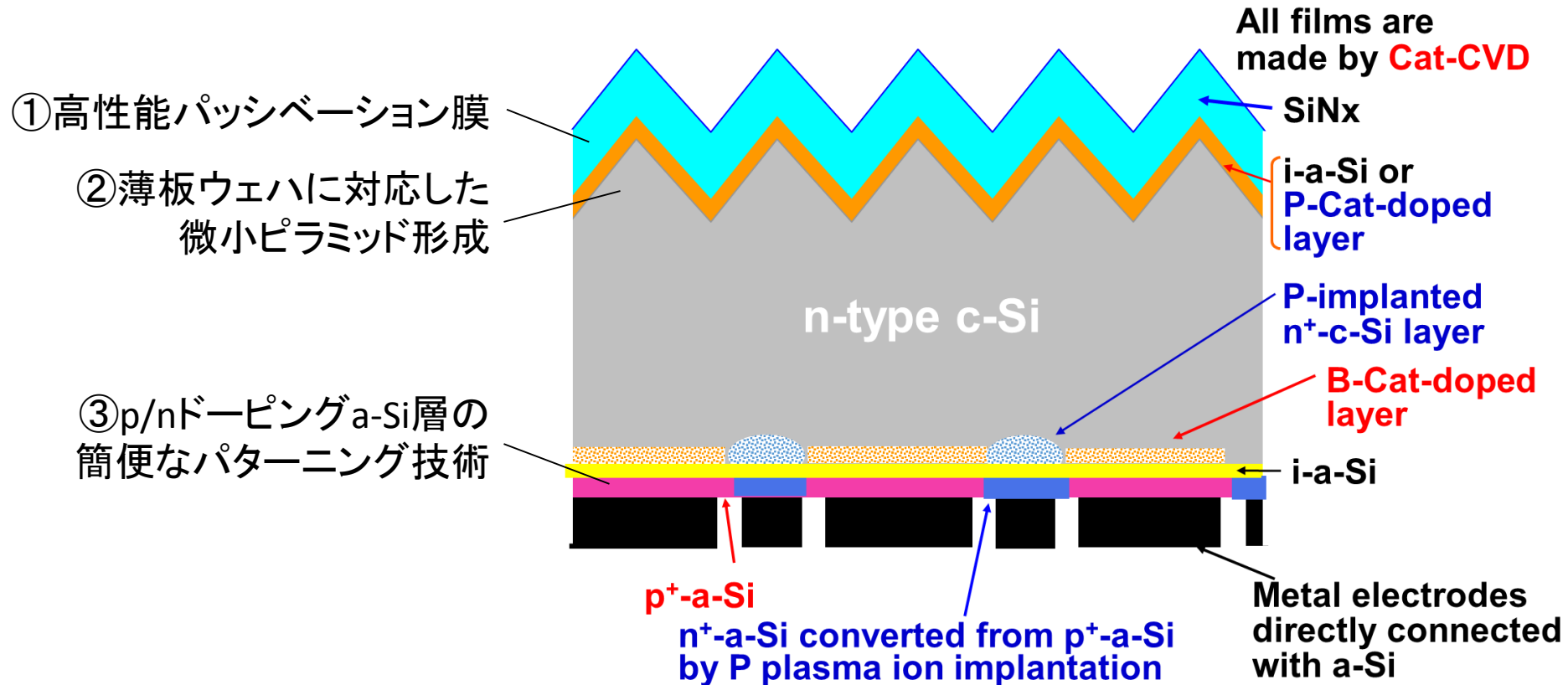




- 1) 基板に損傷を与えず高品質薄膜が低温で形成可能
- 2) 放電電位を気にせずに自由に量産機的设计が可能
- 3) 触媒体線設置面積の増大により容易に大面積化が可能
- 4) 垂直に張った触媒体線の両側に基板配置 → 試料枚数倍増
- 5) ガス利用効率が汎用のプラズマCVD法の5-10倍
→ シラン等危険ガスの使用・保管・排ガス処理量を大幅に低減可能
- 6) ドーピング用ガスのラジカル種にSi試料を曝露
→ 極表面に低温(<200 °C)でドーピング層形成 (Cat-doping)

研究開発の概要

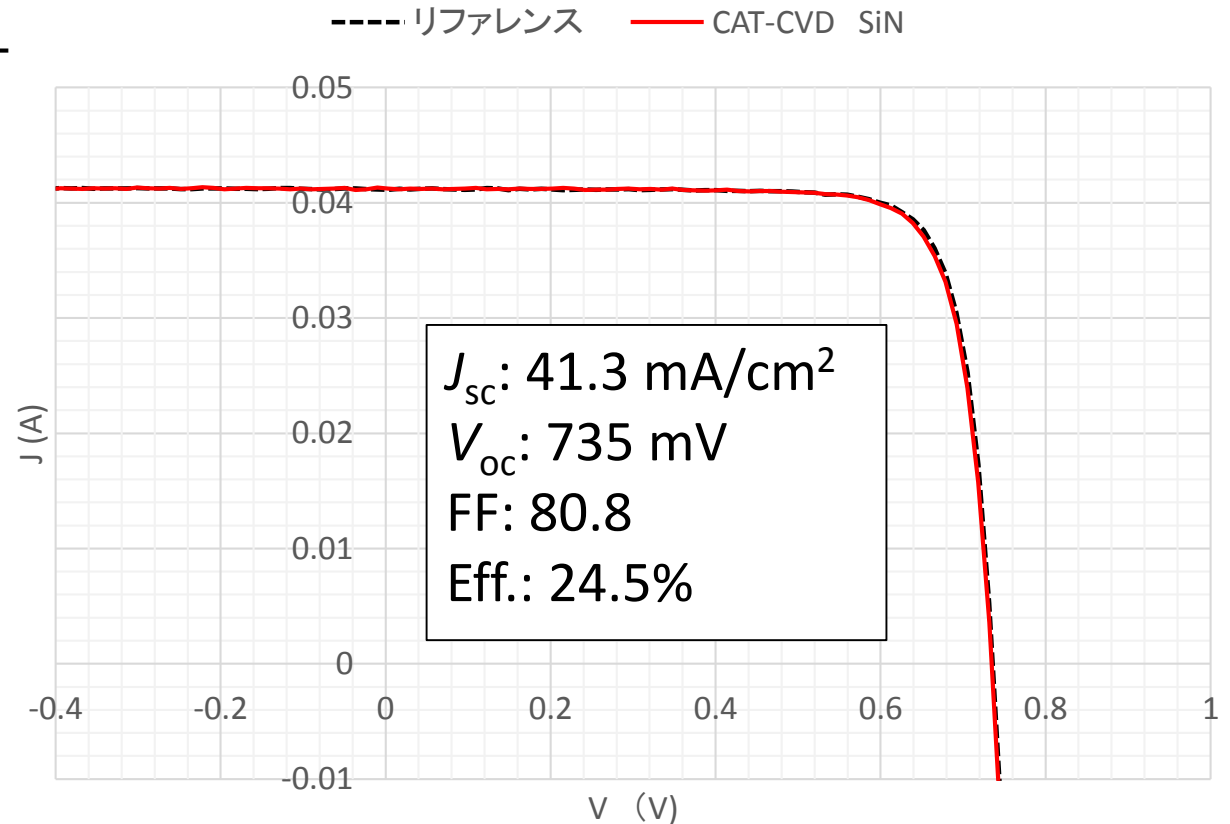
目指す太陽電池構造の例 (裏面電極型a-Si/c-Siヘテロ接合太陽電池)



SiN_xパッシベーション膜

裏面電極型a-Si/c-Siヘテロ接合太陽電池

表面SiN_x (Cat-CVD): JAIST
裏面プロセス: 連携企業



Cat-CVD SiN_x膜の利用

→ 変換効率 **24.5%**の

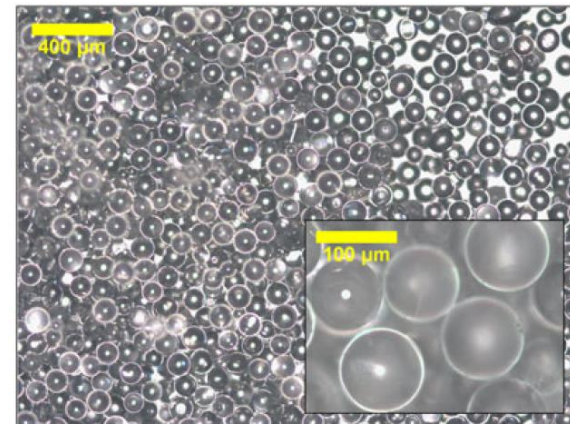
裏面電極型a-Si/c-Siヘテロ接合太陽電池を実現

テクスチャ形成

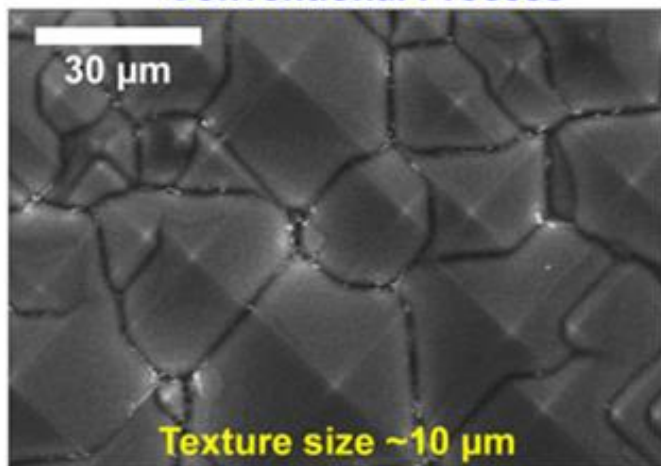
汎用のアルカリテクスチャ薬液に
ガラスビーズを混入しエッチング
Microparticle-assisted texturing (MPAT)

Conventional Process

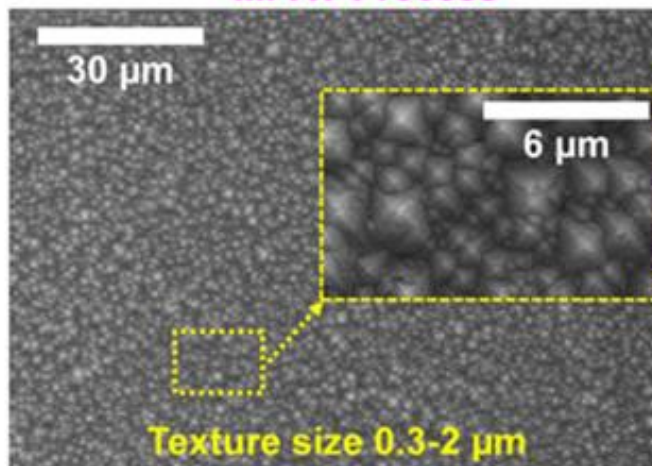
MPAT Process



Conventional Process



MPAT Process

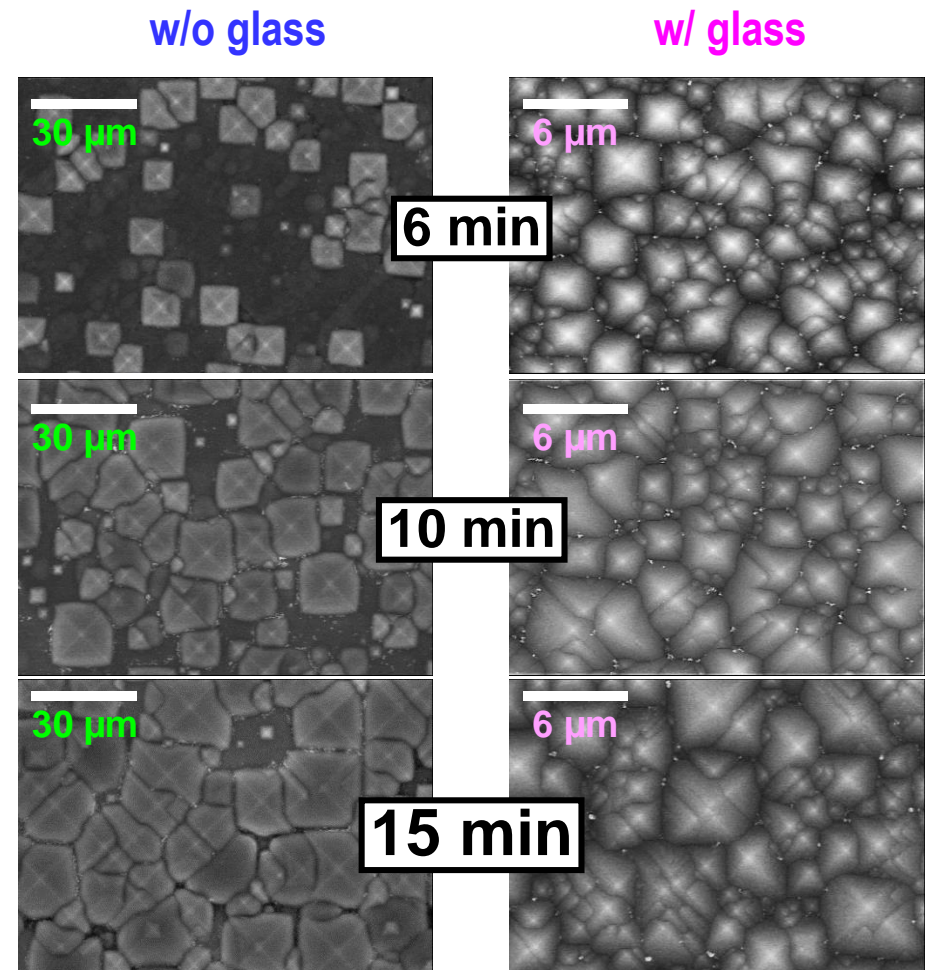
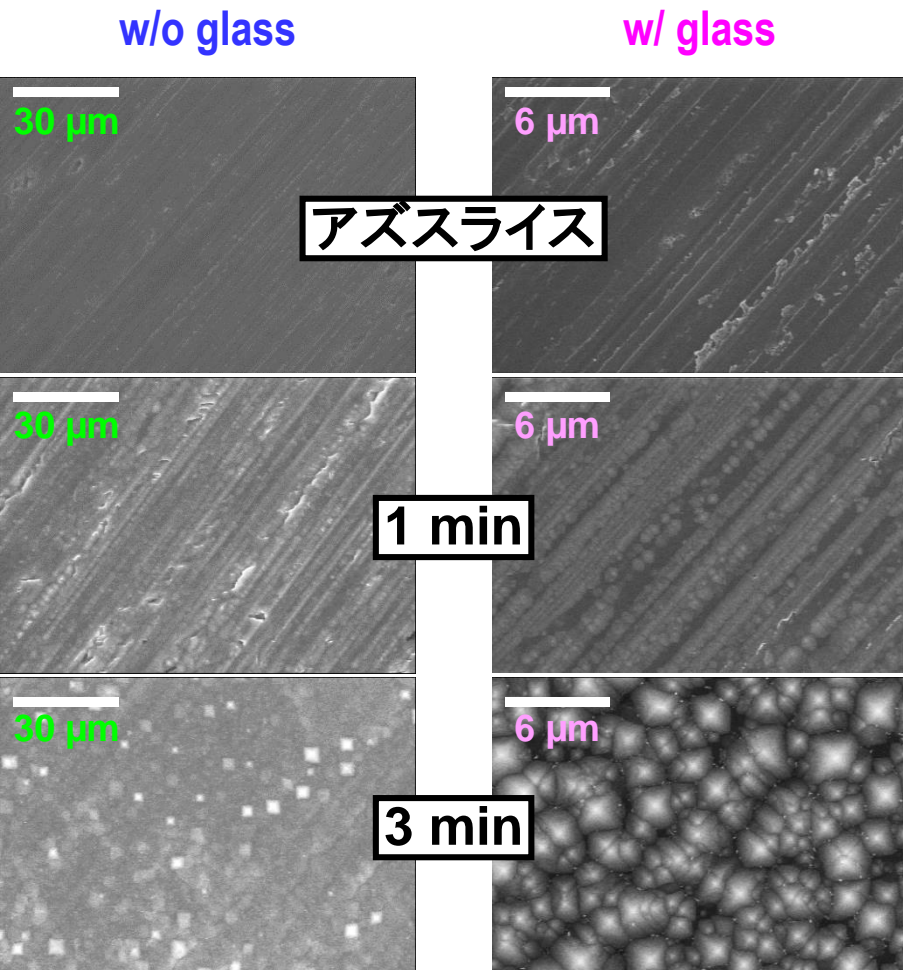


ピラミッドサイズが
劇的に低減

C. T. Nguyen et al., J. Mater. Res. 33, 1515 (2018).

アズスライスウェハ、量産サイズウェハへの適用

テクスチャ形成



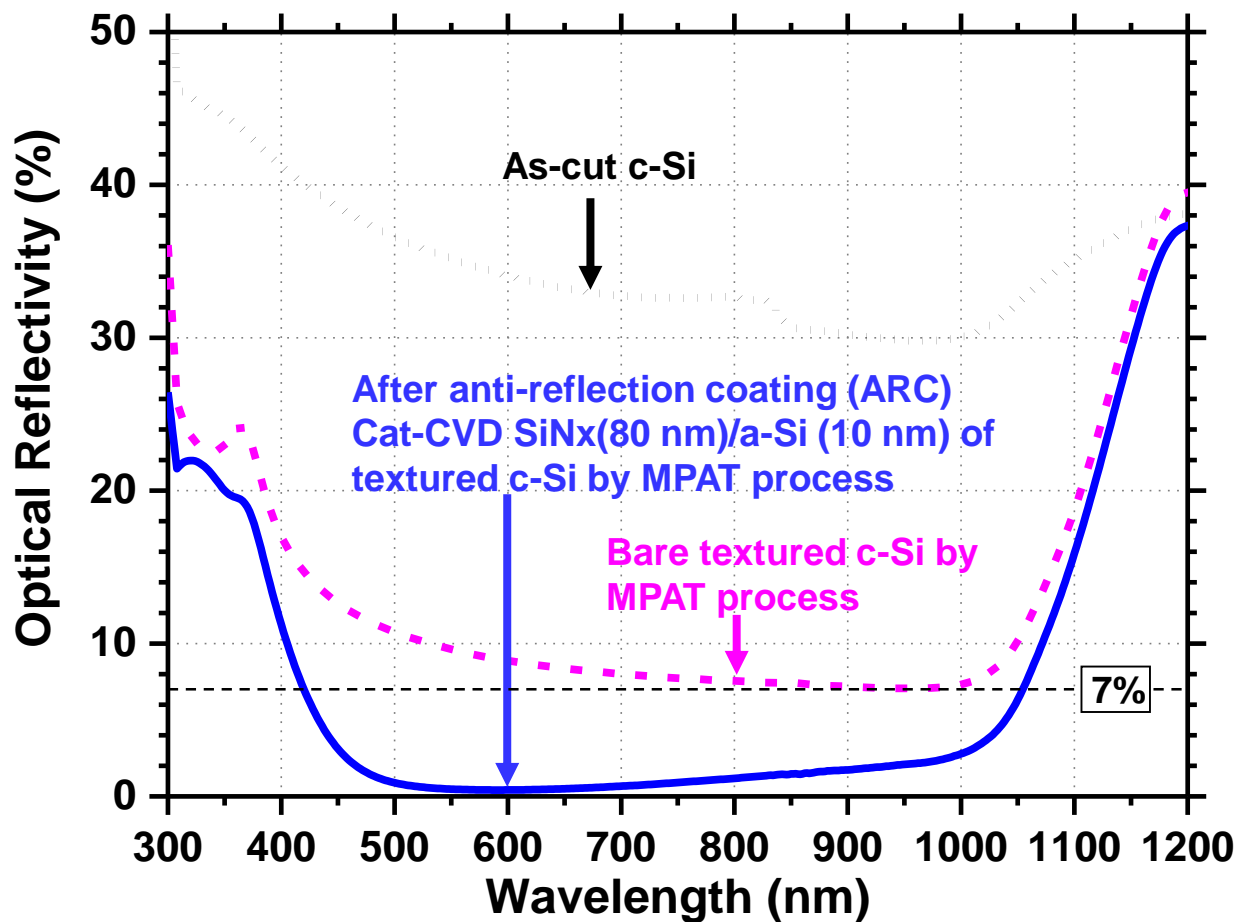
ソーダメージ除去工程無し

ガラス微粒子添加 → テクスチャ形成に要する時間1/5に

テクスチャ形成

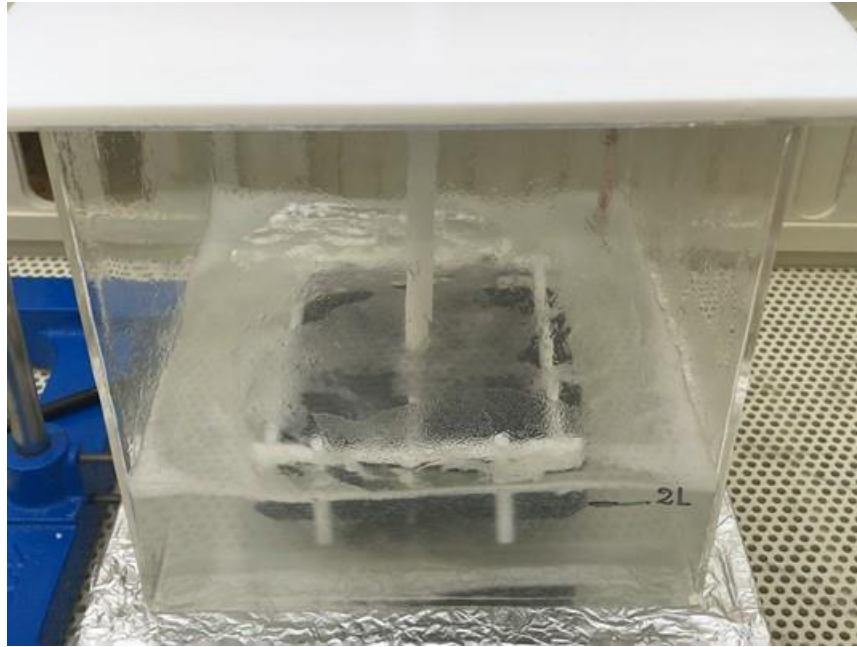
反射率とパッシベーション性能

	SiN _x	a-Si
T_{cat}	1800 °C	1750 °C
S_{cat}	31 cm ²	31 cm ²
T_{sub}	350 °C	90 °C
P_g	3–10 Pa	1 Pa
$F(\text{SiH}_4)$	4 sccm	10 sccm
$F(\text{NH}_3)$	250 sccm	—
D_{cs}	12 cm	12 cm
Thickness	80 nm	10 nm

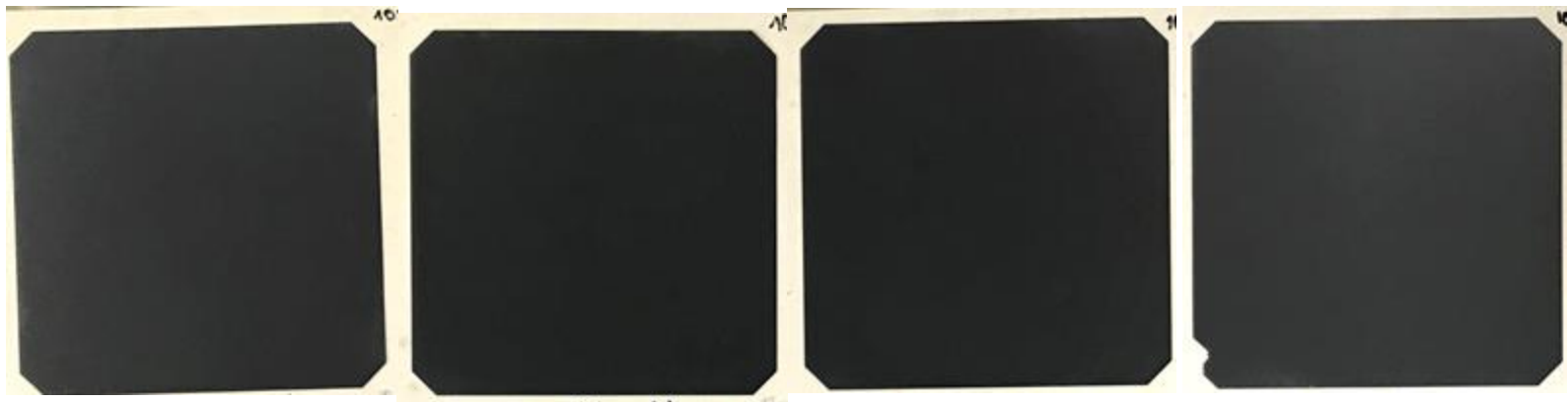


鏡面研磨基板から作製時と
同様の反射率とパッシベーション品質 (τ_{eff} : 7.2 ms)

テクスチャ形成



溶液中でウェハーを回転

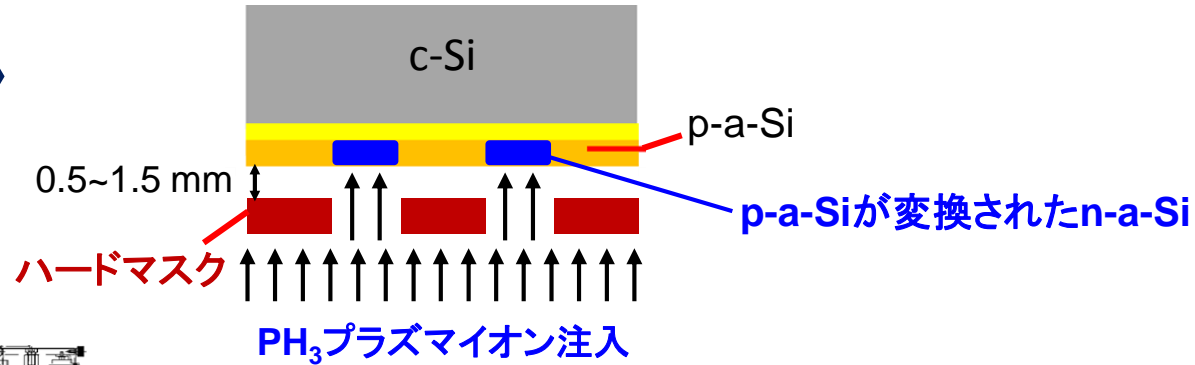
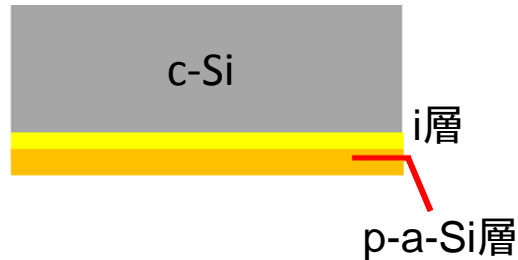


量産セルサイズのウェハでも均一なテクスチャ形成

イオン注入によるカウンタードープ

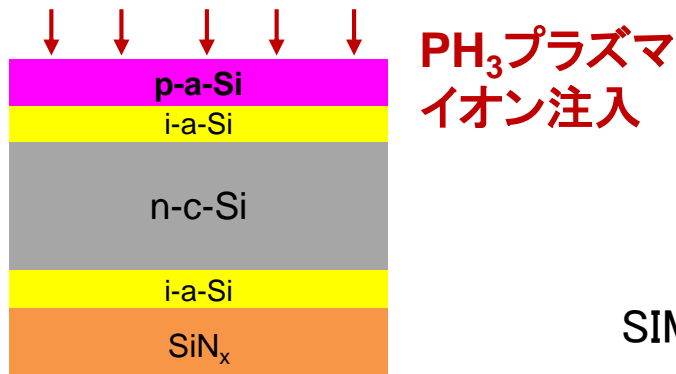
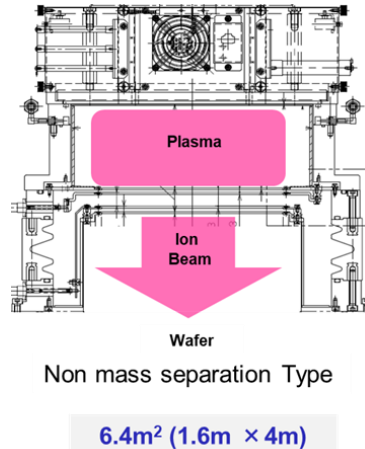
※株式会社アルバック
との共同研究

簡便なp, n領域パターン作製の方法



ULVAC-PVI-3000

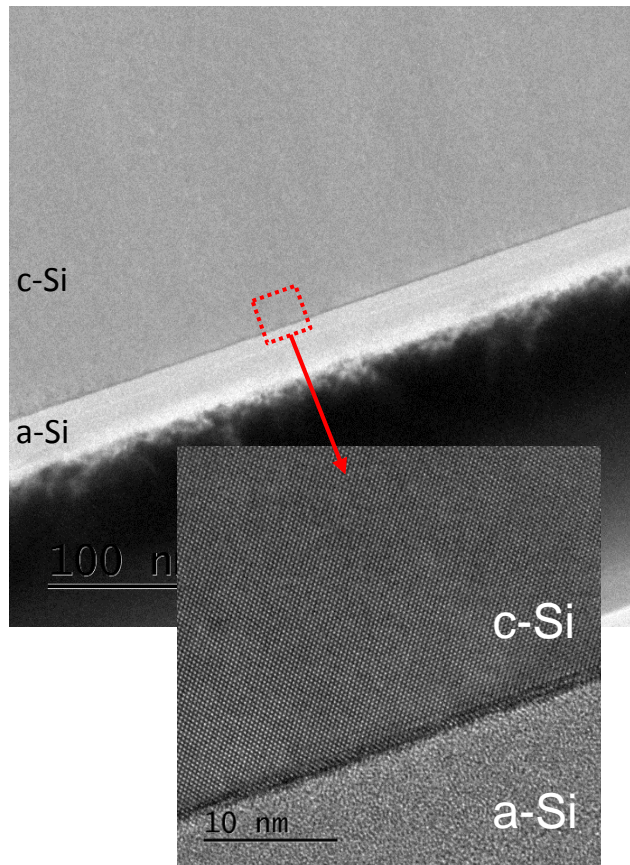
廉価な非質量分離型プラズマイオン注入装置
ハードマスクを通してp-a-Siの一部をn-a-Siに変換
→ 裏面電極パターンの作製を簡略化



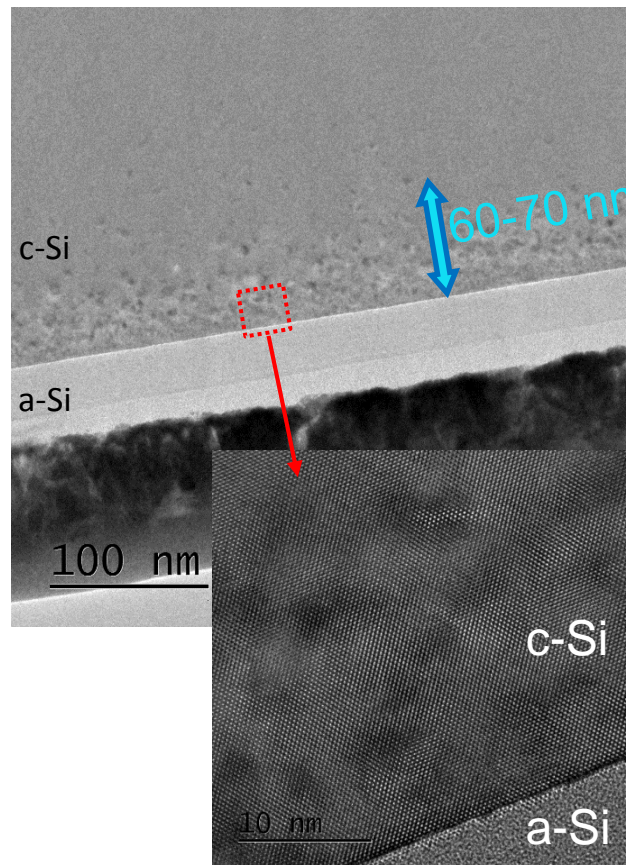
SIMS, TEMで評価

イオン注入によるカウンタードープ

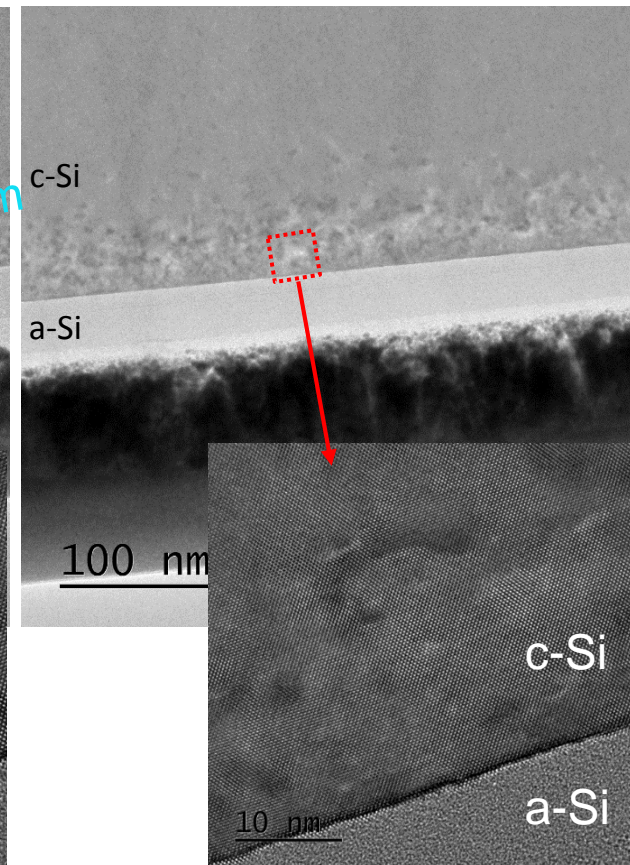
イオン注入前



イオン注入直後

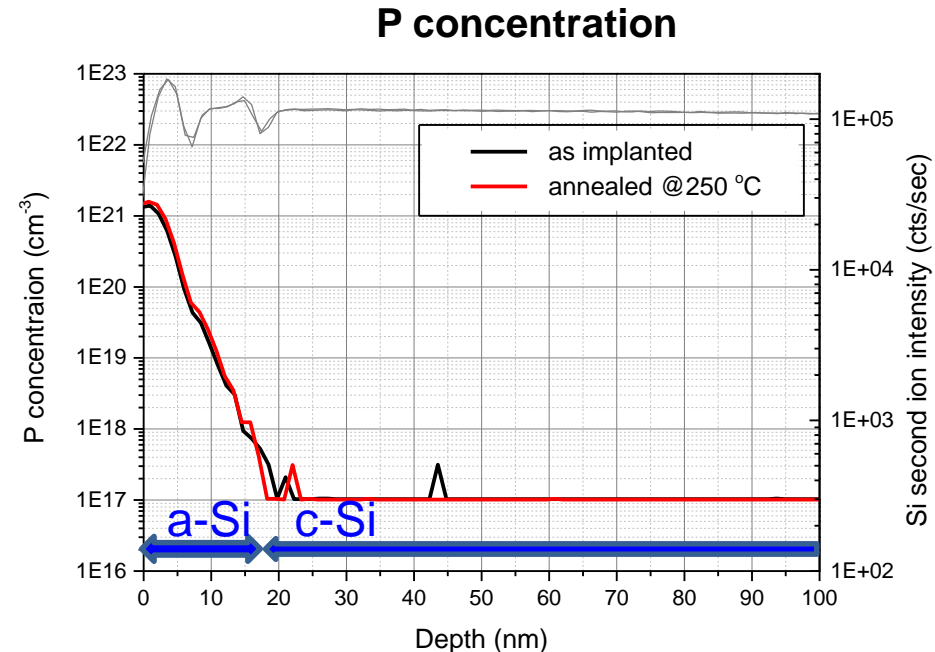
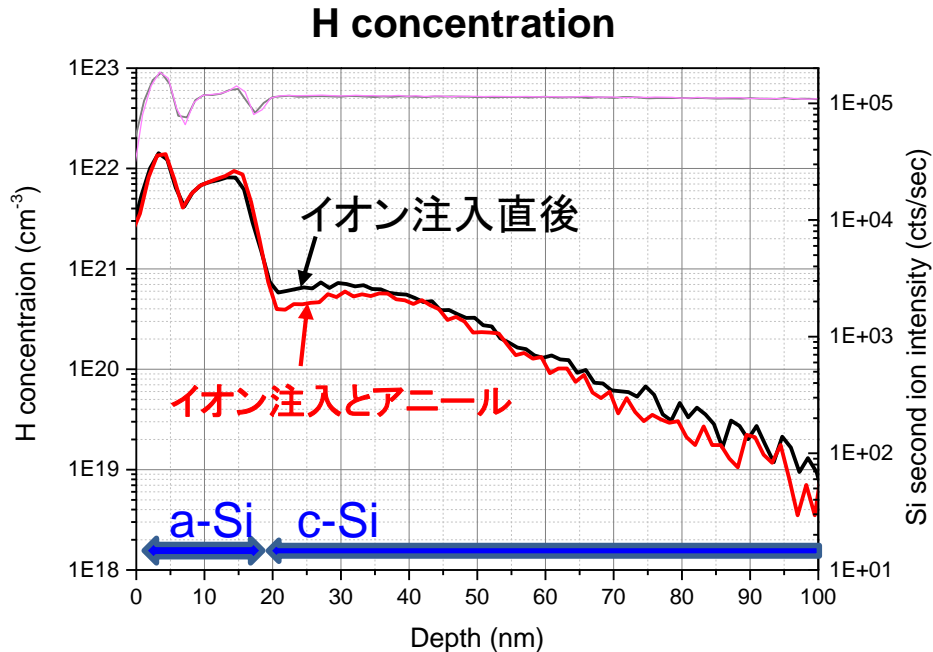


アニール(300 °C)後



イオン注入後c-Siの表面から 60-70 nmの深さまで欠陥層が確認
アニール後の試料の少数キャリア寿命は~2 msであるが、欠陥層は存在

イオン注入によるカウンタードープ



- ❖ Hイオンは、c-Siの表面から60 nm程度の深さまで注入
- ❖ Pイオンは20 nm程度のa-Si内に注入
- ❖ Hイオンの注入によってc-Siの欠陥が生成
- ❖ 注入されたHによる欠陥終端 → 2 msのキャリア寿命

a-Si/c-Siヘテロ接合太陽電池の基盤技術開発

- Cat-CVD SiN_x 膜を表面に用いた裏面電極型a-Si/c-Si太陽電池
変換効率 24.5%を達成
- 微小ガラス粒を添加したアルカリ溶液でのテクスチャ形成
アズスライスウェハ、量産サイズウェハへの適用可能性を実証
- PH_3 イオン注入によるp-a-Siからn-a-Siへの反転
Si基板への欠陥生成とポストアニール時の回復のメカニズムを明確化