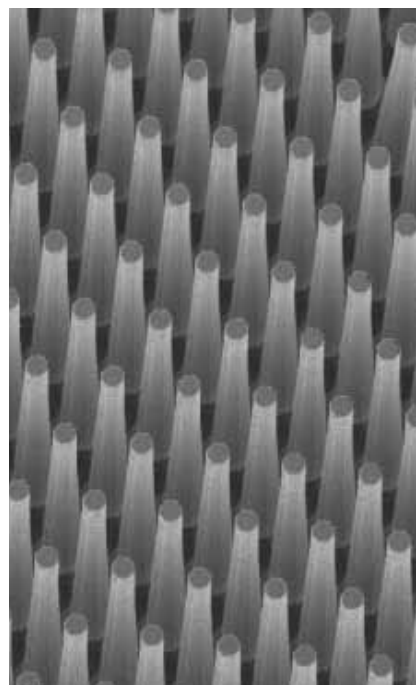
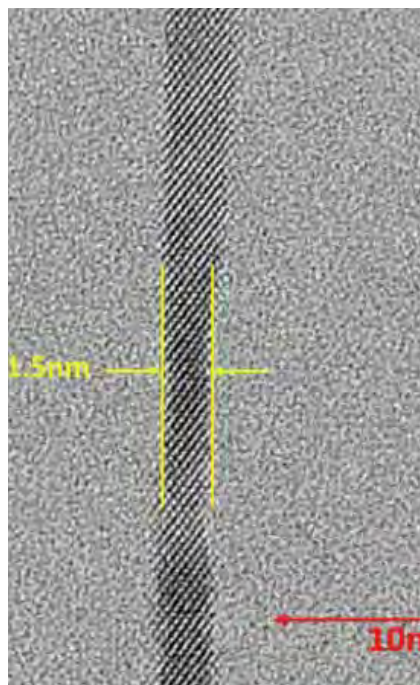


文部科学省

革新的エネルギー 研究開発拠点形成事業

平成26年(2014)年 研究活動報告

Research Activities of "FUTURE-PV Innovation" Project in 2014
(FUKUSHIMA Top-level United center for Renewable Energy research – PhotoVoltaics Innovation)



科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

[表紙の写真]

(1) シリコンインゴット

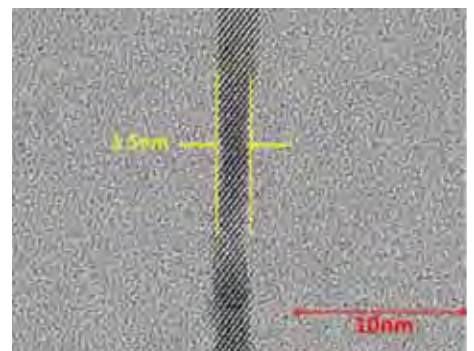
Noncontact crucible法によって四角形状に成長したシリコンインゴット。本成長法では、Si融液内に大きな低温領域を形成することを基本にしている。そのためSi融液内の温度分布が安定し温度勾配も小さくできるので、写真のような四角形のインゴット単結晶が得やすくなる。

四角形のウェハに切り出す場合、四角形に近い形状のインゴット単結晶は材料効率の点で有利である。(p.6、21参照)



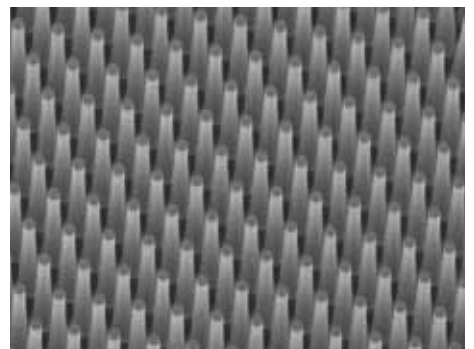
(2) ナノウォール

高さ1000nm、幅50nmのウォールをドライエッチングで形成後、熱酸化によるスリム化を行って得られたナノウォール断面形状のTEM写真。ナノウォール幅は最小部分で1.5nmが得られ、量子サイズ効果が期待できるサイズを実現できた。(p.13、34、35参照)



(3) ワイヤアレイ

当プロジェクトでは様々な方法でのナノワイヤーアレイ作成を検討している。上図はドライエッチング法で形成されたワイヤーアレイ形状のSEM写真。マイクロオーダーでの課題抽出による極微細化技術の開発を進めている。(p.12、33参照)



目次

contents

ご挨拶	1	G2-5	高密度単結晶シリコンナノワイヤーアレイの合成	30
事業紹介	2	G3-1-1	ボトムセル用ヘテロ接合太陽電池の開発	31
研究実施体制	4	G3-1-2	高効率ヘテロ接合太陽電池の開発	32
事業運営委員会外部有識者一覧	5	G3-1-3	ワイヤー構造結晶シリコン太陽電池の 作成技術の開発	33
研究グループ紹介		G3-2-1	ナノウォール形成プロセスの研究	34
G1-1	6	G3-2-2	ナノウォールの光学特性	35
G2-1	7	G3-3	ナノインプリント法で形成した3Dマイクロ構造 周期配列SiO _x /ガラス基板上への高効率アモル ファスSi太陽電池の作製	36
G2-2	8	G3-4	シリコンウェハの薄型化処理および キャリアライフタイム評価	37
G2-3	9	G3-5	ワイヤー内部にPN接合を備えたSiNW太陽電池の 発電特性	38
G2-4	10	資料		
G2-5	11	国際シンポジウム		41
G3-1	12	アウトリーチ活動		42
G3-2	13	学会発表・学術論文・知的財産		
G3-3	14	G1-1		44
G3-4	15	G2-1		46
G3-5	16	G2-2		47
G3-6	17	G2-3		48
技術支援チーム	18	G2-4		49
研究紹介		G2-5		50
G1-1		G3-1		51
Noncontact Crucible Method	21	G3-2		53
G2-1-1		G3-3		53
多結晶シリコンナノワイヤーの作製と キャリアライフタイム評価	22	G3-4		54
G2-1-2		G3-5		54
Si系超格子ナノワイヤー太陽電池に向けた 超格子構造の作製と評価	23	G3-6		54
G2-2		事業運営委員会開催実績		55
インジウムナノ粒子を利用した VLSモードによるシリコンナノワイヤー形成	24	中間評価結果について		56
G2-3-1		展示会への出展等		57
3段階温度変調を利用したAl誘起結晶化による 大粒径Si多結晶薄膜の高速成長	25			
G2-3-2				
アルミナマトリクス中へのシリコンナノワイヤー の選択成長技術の開発	26			
G2-4-1				
Siナノワイヤー構造における局所的な 界面準位密度の抽出	27			
G2-4-2				
Siナノワイヤー太陽電池の光劣化とAl ₂ O ₃ による パッシベーション効果	28			
G2-4-3				
エネルギー障壁を制御したショットキー型 Si太陽電池の発電特性	29			



ご挨拶

文部科学省
革新的エネルギー研究開発拠点形成事業
研究総括

小長井 誠

(東京工業大学大学院理工学研究科 教授)

2014年における世界の太陽光発電市場は40GW(4,000万kW)を超えたと推定されています。その一方で、かつては世界の太陽電池生産量の50%を占めていたわが国のシェアは、15%程度まで低下してしまいました。これは、おもに海外企業による安価な太陽電池による攻勢のためです。これらの海外勢力と戦っていくには、ターンキー装置では、すぐには真似できない高効率で信頼性の高い革新的太陽電池を開発するしかありません。現在、太陽電池材料としては、SiをはじめとしてCu(InGa)Se₂系、CdTe系、III-V族化合物半導体系、有機系太陽電池、ペロブスカイト系太陽電池が開発されていますが、2030年以降、年間1,000GWレベルの太陽電池の製造が必要であることを考えると、将来的にも、資源的に全く問題のないシリコンが太陽電池材料の主流であることに間違いありません。

一方、Siは禁制帯幅が1.1eVの半導体であり、太陽エネルギー変換という観点で理論的に最も優れている禁制帯幅1.5eVとはかけ離れています。現在、Si太陽電池のエネルギー変換効率は25%程度で、理論限界と言われている28～29%に近付いています。本研究構想では、禁制帯幅という物性的制限を打破し、飛躍的にシリコン太陽電池の変換効率を向上させるため、“ナノワイヤーを用いたシリコンの禁制帯幅制御”という独創技術に挑むとともに、“ナノワイヤーシリコン太陽電池とヘテロ接合シリコン太陽電池のタンデム化による超高効率化”という、極めて挑戦的な課題に取り組みます。これにより、これまでの常識を打ち破る、エネルギー変換効率30%のシリコン太陽電池の実現を目指します。

本事業は、「福島復興再生基本方針」に基づき、再生可能エネルギーに関わる開かれた世界最先端の研究開発拠点を福島県に整備することを目的に実施されるものであります。本事業は、チームメンバーが所属する各研究機関において2012年から開始されましたが、2014年4月からは福島県郡山市に建設された産総研福島再生可能エネルギー研究所(FREA)に国の内外から多くの優秀な研究者が集結し、チームが一丸となってナノワイヤー太陽電池の実現を目指した独創的、挑戦的研究が実施されています。これまでに、すでにSiO₂/Si超格子構造による禁制帯幅制御や、厚さ1.5nmのSiナノウォールの形成に成功するなど、初期的データではありますが世界的な成果が生まれつつあります。ここから生まれる研究成果は、福島から広く世界に情報発信し、福島が超高効率を目指すシリコン太陽電池研究ネットワークのハブになるとともに、名実ともに本拠点がシリコン太陽電池研究の世界トップ拠点となるよう、拠点形成事業関係者が一丸となって最大限の努力をして参ります。

文部科学省 革新的エネルギー研究開発拠点形成事業

研究テーマ： ナノワイヤー太陽電池
 研究総括： 小長井 誠（東京工業大学大学院理工学研究科 教授）
 事業実施期間： 平成24年度～平成28年度（5年間）
 拠点形成支援機関： 科学技術振興機構

本事業は、復興庁と文部科学省の連携のもと、平成23年7月29日に決定された「東日本大震災からの復興の基本方針」並びに福島復興再生特別措置法のもと定められた「福島復興再生基本方針」（平成24年7月13日）に基づき、再生可能エネルギーに関わる開かれた世界最先端の研究開発拠点を福島県に整備することを目的に実施されるものである。

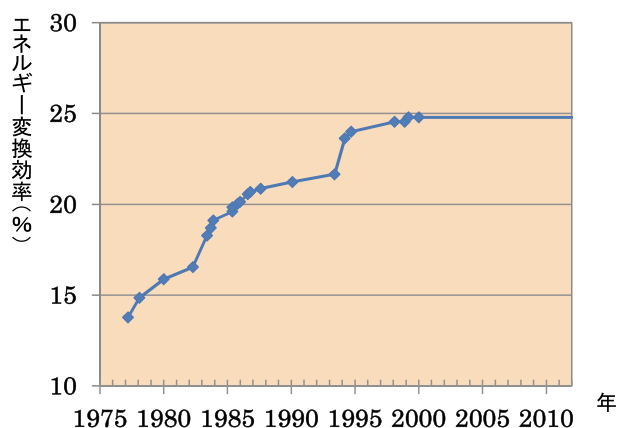
経済産業省の福島県再生可能エネルギー研究開発拠点整備事業（平成23年度第三次補正予算）により福島県に整備される研究開発拠点において、革新的な超高効率太陽電池の実現を目指した研究開発を実施し、世界トップレベルの研究開発拠点を形成する。卓越した洞察力と指導力を備えたプロジェクトリーダー（研究総括）のもと、若手を含む多様なバックグラウンドを持つ研究者が結集し、超高効率太陽電池の創出を目的として、独創性に富んだ研究を実施する。

そのため本事業では、現在25%程度のシリコン太陽電池の変換効率を30%以上まで向上させるための革新的太陽電池として、シリコンナノワイヤー太陽電池の研究を行う。

シリコン太陽電池の研究開発の歴史は長く、これまでの数10年間の研究開発を振り返ると、シリコン太陽電池の変換効率は、大きなブレイクスルーが生まれたときに階段状に向上してきた。しかし、いまやシリコン太陽電池の変換効率は25%でほぼ飽和状態となっており、この状況は、この10年間変化していない。

将来ともにシリコンが太陽電池材料の主流であることを考えれば、何としてでもシリコンを用いて、理論限界を打ち破るブレイクスルーを創出する必要がある。この決め手となるのが、ナノワイヤーである。

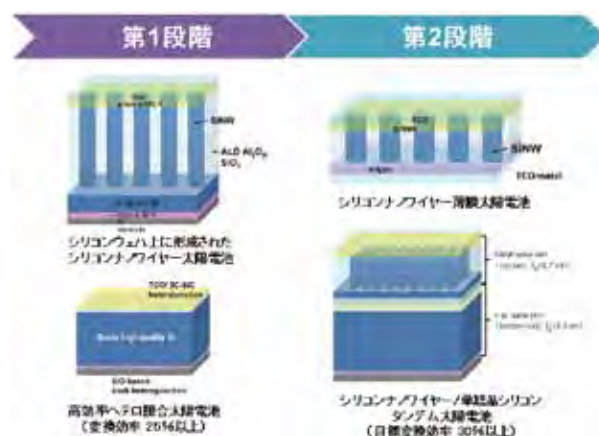
本研究では、研究計画を2段階に考えている。まず、第1段階では、シリコンナノワイヤー太陽電池の作製プロセスの洗い出しから始まり、電



太陽電池(シリコン単結晶)のエネルギー変換効率の推移

氣的・光学的評価を通して、最適なナノワイヤー太陽電池構造を創出する。また、ボトムセルとなるシリコン太陽電池については、まず極限まで高品質化されたバルクシリコン結晶成長技術を開発する。ここで開発された超高品質シリコンウェハを用いて、新型ヘテロ接合技術により超薄型高効率シリコン太陽電池を形成する研究開発を行う。

第2段階では、シリコンナノワイヤー太陽電池の高効率化を図るとともに、ボトムセルとなる新型ヘテロ接合太陽電池とタンデム化させ、変換効率30%以上を目指す。



5年間の研究開発計画

革新的エネルギー研究開発拠点

研究総括：小長井 誠 東京工業大学教授

- ・多様な研究者が結集し、超高効率太陽電池の創出を目的とした独創性に富んだ研究を推進
- ・平成26年4月に福島県郡山市に開所した産総研福島再生可能エネルギー研究所内に拠点を形成、集結（郡山拠点）

研究チーム・グループ

研究者

研究チーム・グループ

研究者

研究チーム・グループ

研究者

⋮

施設整備

経済産業省
(METI)

「福島県再生可能エネルギー研究開発拠点整備事業」

事業運営
委員会

文部科学省
(MEXT)

支援

拠点形成支援機関
[科学技術振興機構 (JST)]

研究総括の指示の下、研究開発に付随する事務等全般を実施するとともに、事業運営委員会の開催等により拠点形成に貢献

連携

委託契約

事業の概要

研究開発拠点について

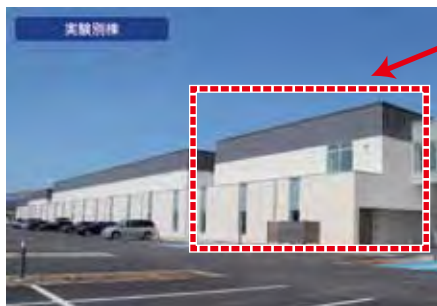
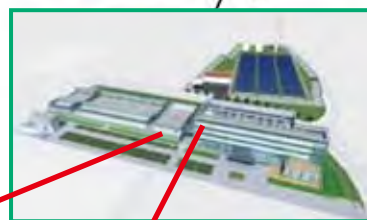
平成24年度と平成25年度は、研究グループリーダーが所属する研究機関（大学や企業）に、研究機器を設置し、JSTが雇用する研究員等を配置して研究を実施していました。

平成26年度より、同年4月に福島県郡山市に開所した産総研福島再生可能エネルギー研究所の一角に、研究機器や研究員等を移転、結集させて研究を推進しています。

西部第二工業団地内に設置



郡山駅からタクシーで約25分
路線バス（郡山駅前－産総研前）で約40分

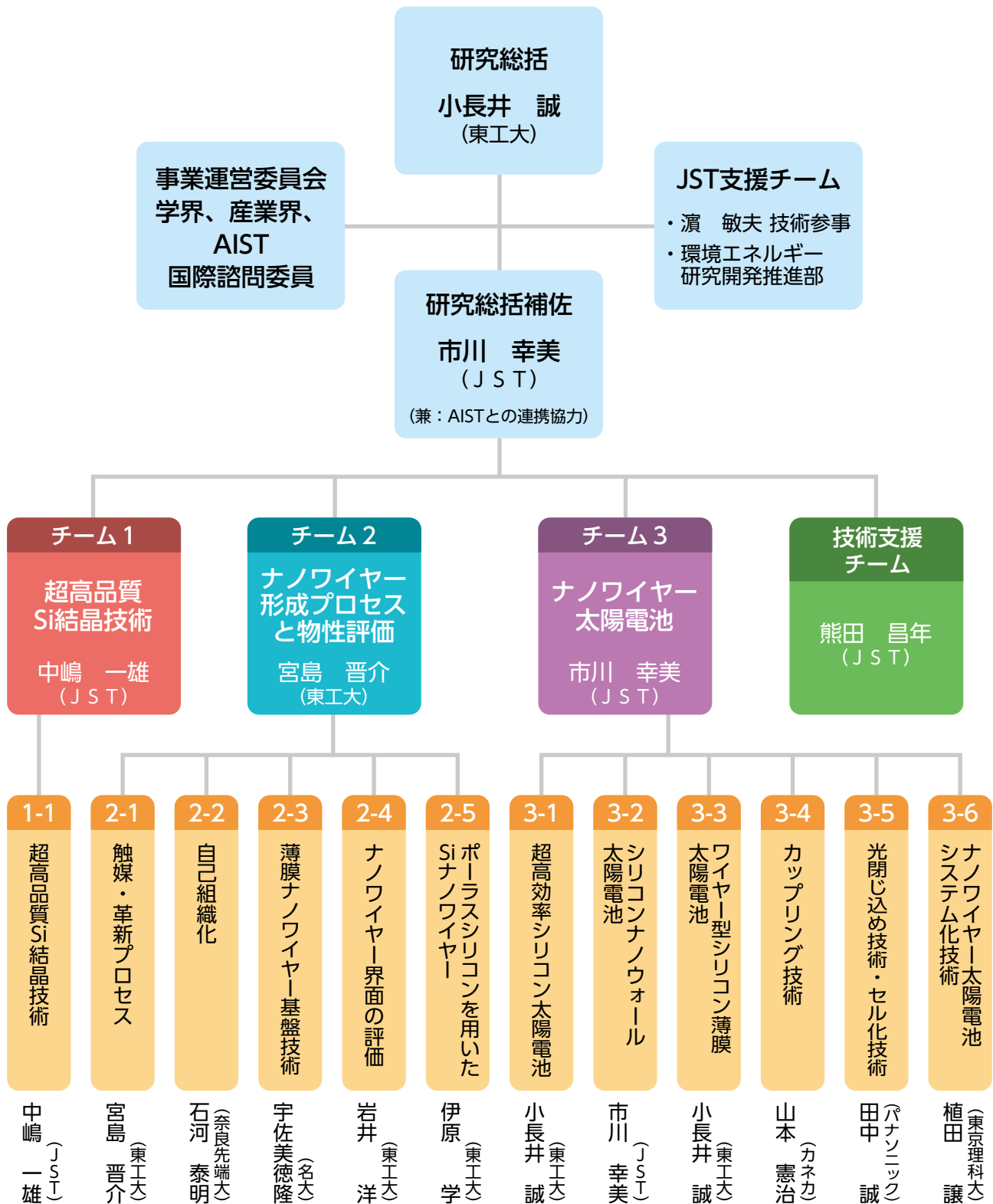


研究本館4階と実験別棟の一部を研究実施場所や事務所として使用（約1,000平方メートル）。赤線枠内が当事業で利用中のエリア。

（図や写真は産総研HPより引用）

産総研福島再生可能エネルギー研究所 (FREA) と本事業の研究開発拠点の所在

研究実施体制



革新的エネルギー研究開発拠点形成事業運営委員会 外部有識者一覧

荒 谷 復 夫	株式会社資源総合システム 技監
一 村 信 吾	名古屋大学 イノベーション戦略室長・教授(総長補佐)
貝 塚 泉	株式会社資源総合システム 調査事業部長
桑 野 幸 徳	太陽光発電技術研究組合 理事長
近 藤 道 雄	産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所 所長代理
白 木 靖 寛	東京大学 名誉教授
田 島 道 夫	明治大学 研究・知財戦略機構 特任教授
渡 邊 博 之	渡邊事務所 所長
Tonio Buonassisi	Massachusetts Institute of Technology、アメリカ
Pere Roca i Cabarrocas	Ecole polytechnique、フランス
Antonín Fejfar	The Czech Academy of Sciences、チェコ
Donghwan Kim	Korea University、韓国
Jef Poortmans	Interuniversity Microelectronics Centre、ベルギー
Ruud E.Schropp	Eindhoven University of Technology、オランダ
Wenzhong Shen	Shanghai Jiao Tong University (上海交通大学)、中国
Jürgen Werner	Stuttgart University、ドイツ
Christopher R. Wronski	Pennsylvania State University、アメリカ
Miro Zeman	Delft University of Technology、オランダ

(順不同)

チーム1 超高品質シリコン結晶技術

グループ 1-1 超高品質シリコン結晶技術

Group Leader

Team 1 Leader

中嶋 一雄

(科学技術振興機構 研究員)



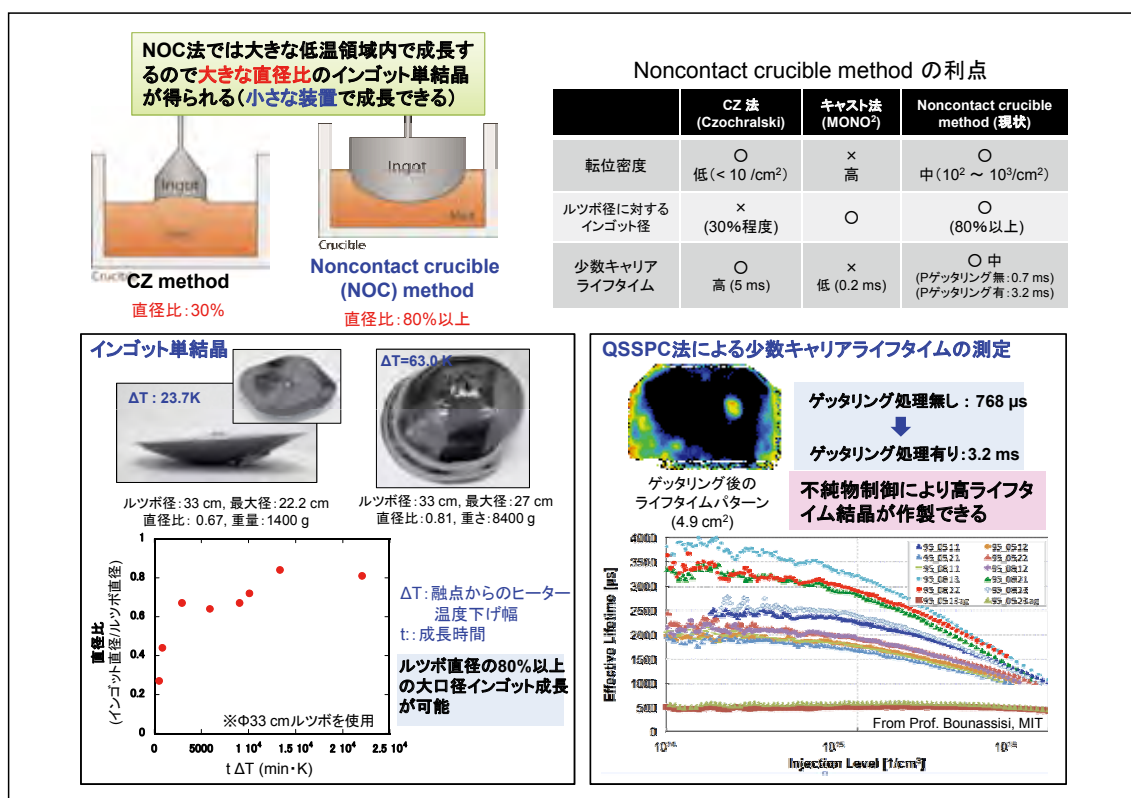
目的 シリコン結晶の無転位化・高純度化・大口径化を研究し、高品質シリコン基板を実現する。

手法 京都大学・中嶋研究室において開発した「Noncontact Crucible Method」をベースに、シリコンインゴット単結晶の高品質・低コスト化を実現できる独創的な成長技術を開発する。

目標 (1)高品質化：無転位、低酸素濃度、高純度、低炭素濃度の均質性の高いシリコンインゴット単結晶。
(2)大口径化・低コスト化の課題の解決のための装置の最適化。

メンバー <グループリーダー> 中嶋 一雄
村井 良多 金子 弦 小野 聖

(注) 所属は特に記載のない限り、科学技術振興機構（以下同様）



ナノワイヤー形成プロセス・物性評価

グループ 2-1

Team 2 Leader

宮島 晋介

(東京工業大学大学院理工学研究科 准教授)



目的

手法

アモルファスシリコン薄膜を固相結晶化させ、金属触媒を用いたエッチングによりナノワイヤー化し、シリコンナノワイヤーを作製する。

(2)シリコン系超格子ナノワイヤー太陽電池

バンドギャップ制御されたシリコン系超格子をエッチングによりナノワイヤー化し、光閉じ込め効果を強化する。

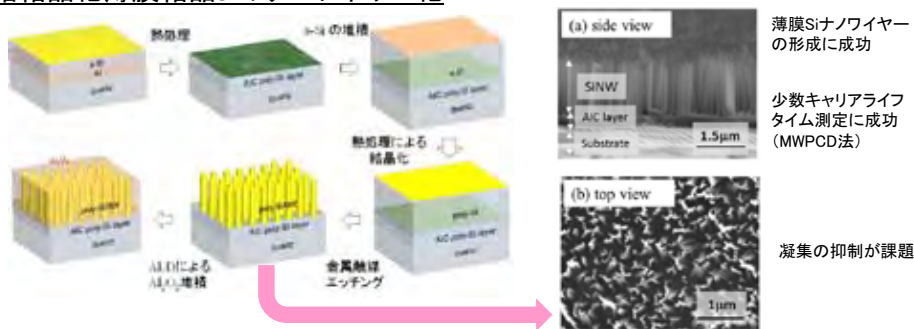
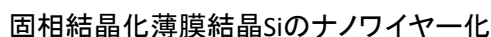
目標

メンバー

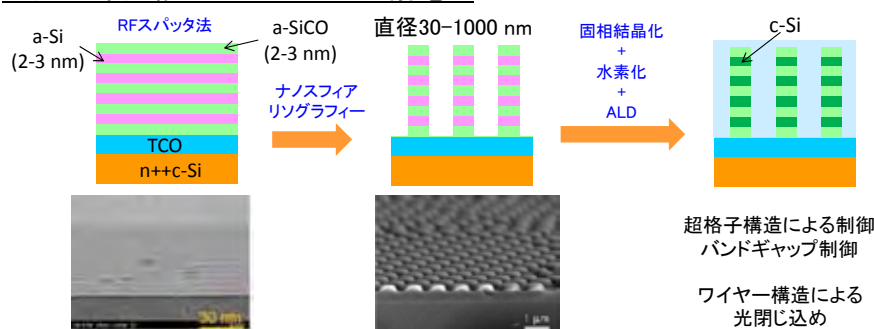
＜グループリーダー＞ 宮島 晋介*

山田 明* 黒川 康良* 加藤 慎也 山田 繁

*東京工業大学大学院理工学研究科



シリコン系超格子ナノワイヤー太陽電池



チーム2 ナノワイヤー形成プロセス・物性評価

グループ 2-2 自己組織化

Group Leader

石河 泰明

(奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 准教授)



目的 バイオナノテンプレートを用いシリコンナノワイヤーの形成を行い、ヘテロ構造太陽電池へ応用する。

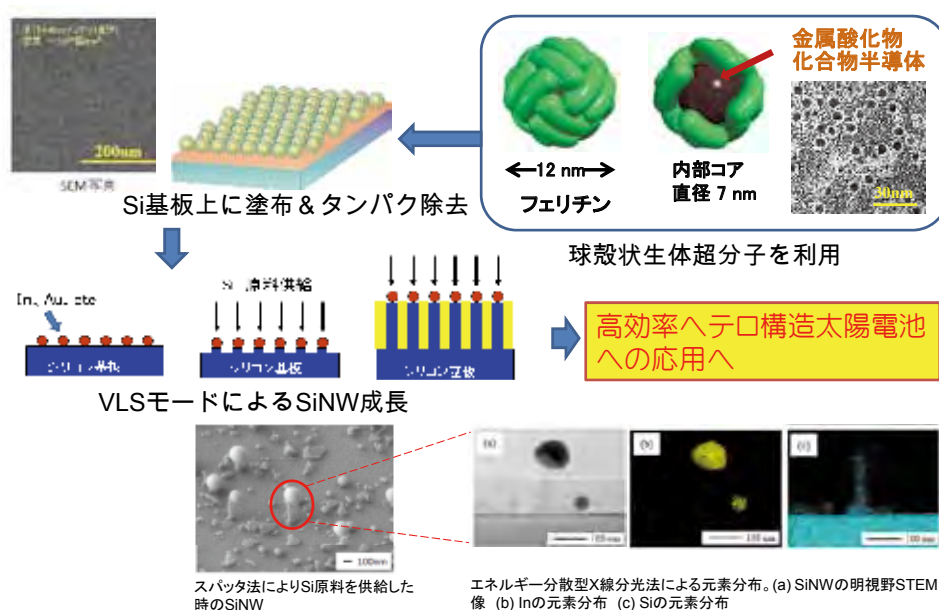
手法 (1)フェリチン分子を用いた“バイオナノプロセス”の活用してシリコン基板上にシリコンナノワイヤーの集合体を形成する。
(2)シリコンナノワイヤーの物性を光物性を中心に解析、評価する。
(3)シリコンナノワイヤーと基板シリコンのヘテロ接合を構成する。

目標 (1)シリコン基板上に直径5 - 10nm程度のシリコンナノワイヤーの集合体形成技術の確立。
(2)高効率ヘテロ構造太陽電池への応用。

メンバー <グループリーダー> 石河 泰明*
矢野 裕司* 谷 あゆみ* 岡本 尚文* M. Ajmal Khan

* 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科

バイオナノプロセスによるシリコン基板上の インキュベーションナノドットの高密度配列 位置・間隔制御



チーム2 ナノワイヤー形成プロセス・物性評価

グループ 2-3 薄膜ナノワイヤー基盤技術

Group Leader

宇佐美 徳隆

(名古屋大学大学院工学研究科 教授)



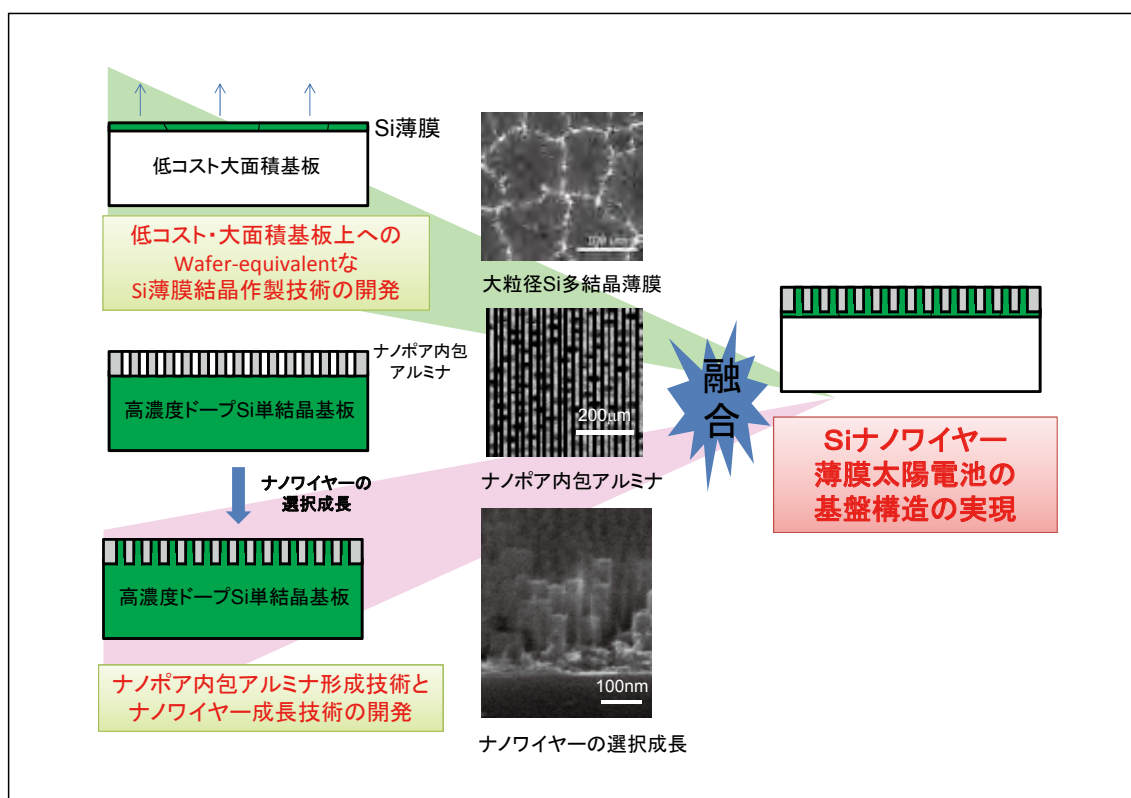
目的 新しいナノワイヤー形成法の開発と、高品質Si薄膜結晶成長技術の開発を行い、両者の融合により、ナノワイヤー太陽電池の基本構造を実現する。

手法 (1)電気化学手法をベースとしてSi基板上にナノスケールの微細貫通孔を高密度に有する誘電体膜作製プロセスを開発する。
(2)Siと共晶点型状態図を有する金属とアモルファスSiの積層構造の熱処理をベースとして、ガラスや金属などの低コスト大面積基板上への高品質Si薄膜結晶成長技術を開発する。
(3)微細貫通孔をガイドとするナノワイヤー成長技術を開発する。

目標 (1)ナノポア内包アルミナ形成技術とナノワイヤー成長技術の開発。
(2)結晶粒方位が揃った大粒径($>50\mu\text{m}$)Si薄膜結晶成長手法の確立。

メンバー <グループリーダー> 宇佐美徳隆*
Van Hoang Nguyen Sergii Tutashkonko

*名古屋大学大学院工学研究科



チーム2 ナノワイヤー形成プロセス・物性評価

グループ 2-4 ナノワイヤー界面の評価

Group Leader

岩井 洋

(東京工業大学 フロンティア研究機構 教授)



目的 ナノワイヤー形状、形成プロセス、界面保護膜の最適条件を探索し、ナノワイヤー側面の界面欠陥を低減する技術を開発する。

手法 (1)ナノワイヤー界面の電氣的評価方法の確立
(2)パッシベーション膜の材料と形成手法の改良
(3)ナノワイヤーの形状とプロセスの組み合わせ

目標 界面欠陥密度が低くなる保護膜材料と形成プロセスを用いた最適形状のナノワイヤー構造を提案する。

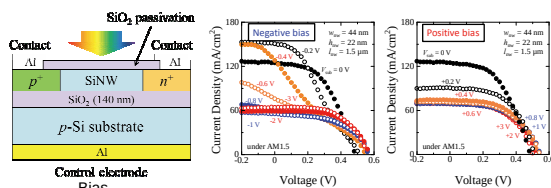
メンバー <グループリーダー> 岩井 洋*
筒井 一生** 若林 整** 角嶋 邦之**

*東京工業大学フロンティア研究機構

**東京工業大学大学院総合理工学研究科

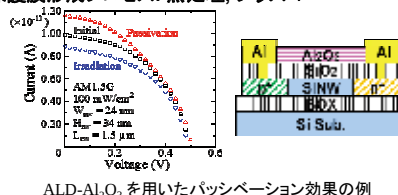
1. ナノワイヤー界面の電氣的評価方法

ナノワイヤーの界面欠陥密度の測定
表面電位制御の重要性



2. 保護膜材料の形成プロセス

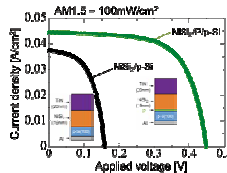
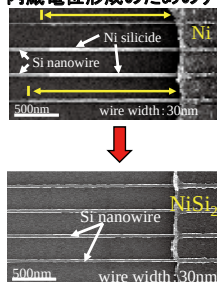
保護膜材料: SiO_2 , SiO_xN_y , Al_2O_3 , ...
保護膜形成プロセス: 熱処理, プラズマ



ALD- Al_2O_3 を用いたパッシベーション効果の例

3. ナノワイヤーの形状とプロセスの組み合わせ

ナノワイヤー太陽電池に理想的な形状
内蔵電位形成のためのナノワイヤー用接合プロセス



ショットキー障壁変調による
内蔵電位形成の例

チーム2 ナノワイヤー形成プロセス・物性評価

グループ 2-5 ポーラスシリコンを用いた Siナノワイヤー

Group Leader

伊原 学

(東京工業大学大学院理工学研究科 准教授)

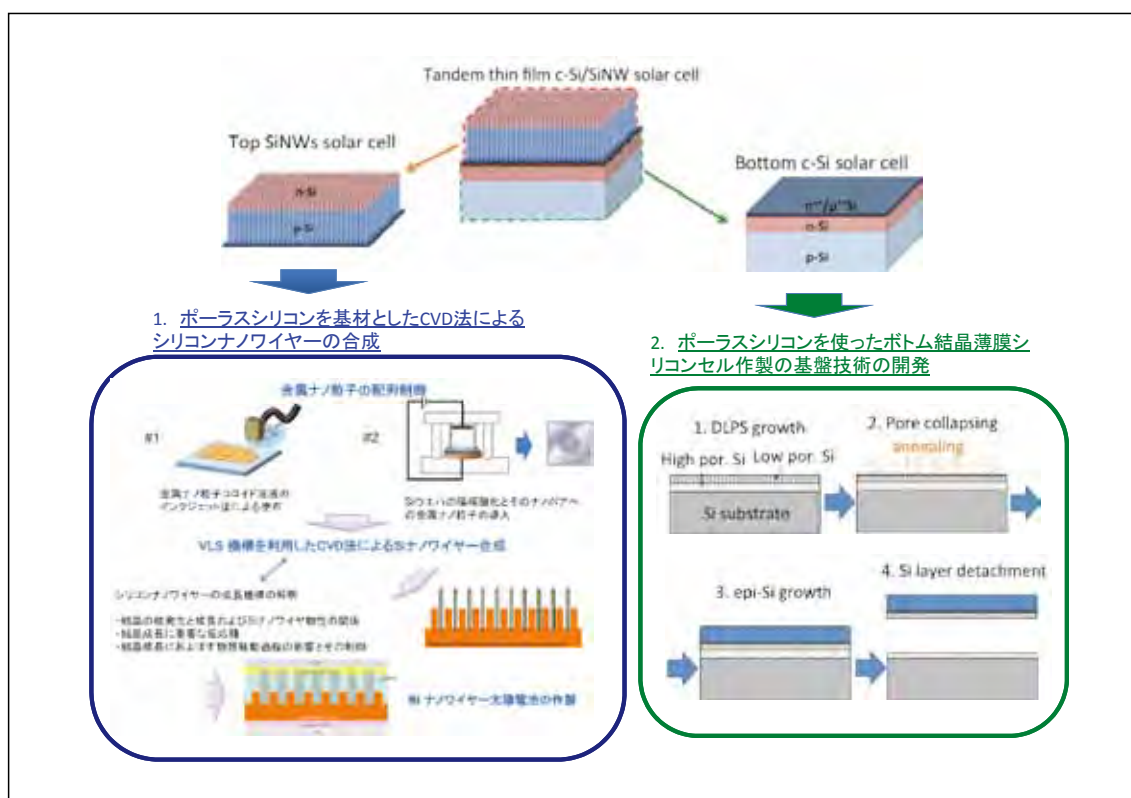


目的 ナノ構造を制御したポーラスシリコンを基材とし、金属ナノ粒子を核にしたCVD法によってシリコンナノワイヤーを合成するとともに、ボトム結晶薄膜シリコンセル作製の基盤技術を開発することを目的とする。

手法 (1)シリコンの陽極酸化と細孔制御手法を検討する。
(2)金属ナノ粒子の液相合成と修飾物制御をおこなう。
(3)熱CVD法によるシリコンナノワイヤー合成条件の検討をおこなう。
(4)ポーラスシリコンを使った結晶薄膜シリコンセル作製の基盤技術の検討をおこなう。

目標 (1)ポーラスシリコンの膜厚とナノ細孔構造の制御をおこなう。
(2)ポーラスシリコンのナノ細孔へ金属ナノ粒子を担持する。
(3)VLS機構によりシリコンナノワイヤーを合成する。
(4)ポーラスシリコン上に特定の不純物プロファイルをもった低欠陥エピタキシャルシリコン膜を作製する。

メンバー <グループリーダー> 伊原 学*
張 曉梅 Anatolii Lukianov
*東京工業大学 大学院理工学研究科



チーム3 ナノワイヤー太陽電池

グループ 3-1 超高効率シリコン太陽電池

Group Leader 小長井 誠 (東京工業大学大学院理工学研究科 教授)

目的 ナノワイヤー／シリコンタンデム太陽電池を実現する。

手法 (1)ボトムセル用ヘテロ接合結晶シリコン太陽電池

ナノ結晶3C-SiCや微結晶SiOをヘテロエミッタに用いた新型ヘテロ接合太陽電池の研究開発を行う。また、ナノワイヤー太陽電池とSiヘテロ接合太陽電池をモノリシック、あるいはメカニカルにスタックしたタンデム太陽電池の設計、試作を行う。

(2)シリコンナノワイヤーセル化技術

ワイヤーアレイ微細構造上へのpn接合形成プロセス、適切な表面パッシベーションプロセス、及びコンタクト形成プロセス等の開発を行う。

目標 (1)ボトムセル用ヘテロ接合結晶シリコン太陽電池

ナノワイヤー太陽電池とSiヘテロ接合太陽電池をモノリシック、あるいはメカニカルにスタックしたタンデム太陽電池の設計、試作を行い、変換効率30%を実証する。

(2)シリコンナノワイヤーセル化技術

シリコン基板上へ形成したワイヤーアレイを用いて、微細構造上pn接合形成技術、表面パッシベーション技術、コンタクト形成技術、及びそれらの適切な評価技術などの微細構造上デバイス作製技術の基礎を確立し、この技術をナノワイヤーデバイス作製へ応用する。

メンバー <グループリーダー> 小長井 誠*

宮島 晋介*

He Zhang

屋敷

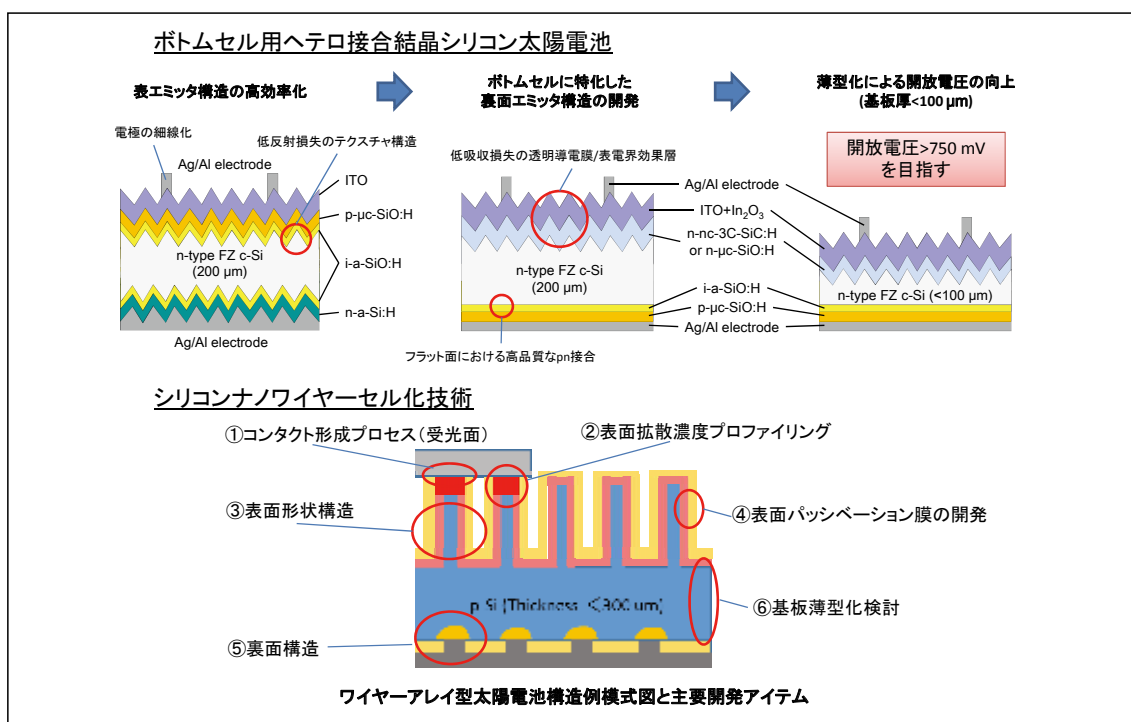
保聡

白柳 裕介

袴田 朋宏

中田 和吉*

* 東京工業大学大学院理工学研究科研究科



チーム3 ナノワイヤー太陽電池

グループ 3-2 シリコンナノウォール太陽電池

Group Leader

Team 3 Leader

市川 幸美

(科学技術振興機構 研究員)



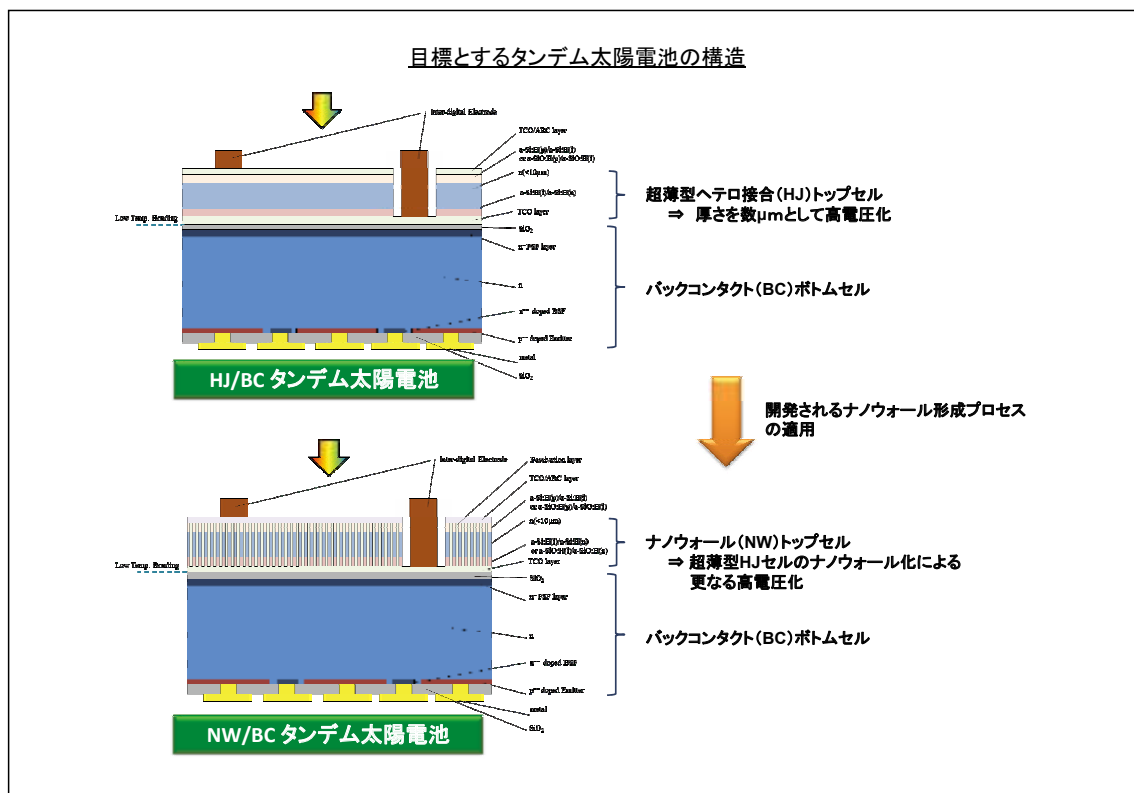
目的 トップセルがナノウォール、ボトムセルがバックコンタクトセルからなるシリコンタンデム太陽電池を実現する。

手法 次の要素技術を開発することにより、タンデムセルを実現する。

- ①幅が数nmのナノウォールをストライプ状に形成するプロセス技術
- ②ナノウォール表面のパッシベーション技術
- ③発電電流取出しのための電極形成、配線技術
- ④ボトムセルとの接合技術

目標 現在の超LSI用プロセス技術を最大限に活用しながら、ナノウォール太陽電池で高効率を実現できることの原理検証を行う。また、実用化のためには低コストであることが最重要課題になるため、そのためのプロセス技術の検討も進める。

メンバー <グループリーダー> 市川 幸美
平井 政和 吉葉 修平



チーム3 ナノワイヤー太陽電池

グループ 3-3 ワイヤー型シリコン薄膜太陽電池

Group Leader 小長井 誠 (東京工業大学大学院理工学研究科 教授)

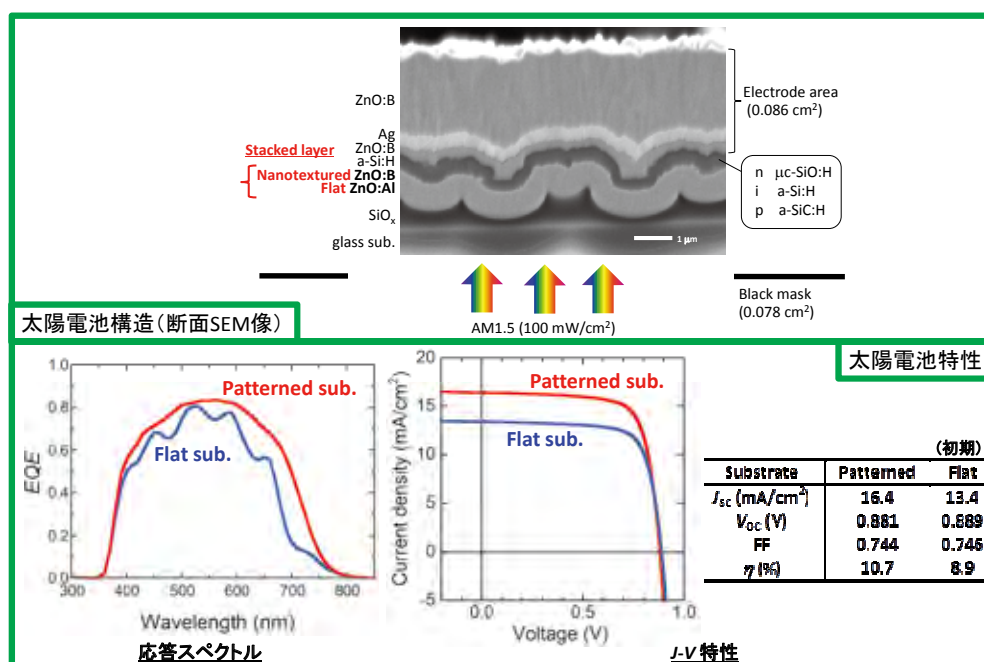
目的 オール Si 系波長スプリッティング型タンデム太陽電池のトップセルとして、3Dマイクロ構造により“電氣的に薄く光学的に厚い”高安定・高効率アモルファス Si 太陽電池の作製を行う。

手法 (1)液相室温ナノインプリント、Substrate Conformal Imprint Lithography、エッチング等の技術によるガラス・TCO基板表面3Dマイクロ構造の形成。
(2)3Dマイクロ構造上への高効率・高安定Si薄膜太陽電池形成に関する技術開発。

目標 (1)高効率・高安定・薄型(i層厚150nm以下)アモルファスSi太陽電池を実現する。
(2)3Dマイクロ構造上Si薄膜太陽電池とSiヘテロ接合太陽電池を組み合わせた波長スプリッティング型太陽電池を構築し、変換効率30%を達成する。

メンバー <グループリーダー> 小長井 誠*
新倉ちさと** Bancha Janthong Porponth Sichanugrist

*東京工業大学大学院理工学研究科 **物質・材料研究機構



液相室温インプリント法により形成したピラーを有するマイクロレンズアレイ状SiO_xパターン基板上に作製したp-i-nスーパーストレート型アモルファスSi太陽電池

参考文献: WCPEC-6 Technical Digest (http://wcpec6.com/technical_digest.html)

チーム3 ナノワイヤー太陽電池

グループ 3-4 カップリング技術

Group Leader

山本 憲治

(株式会社カネカ太陽電池・薄膜研究所 所長)



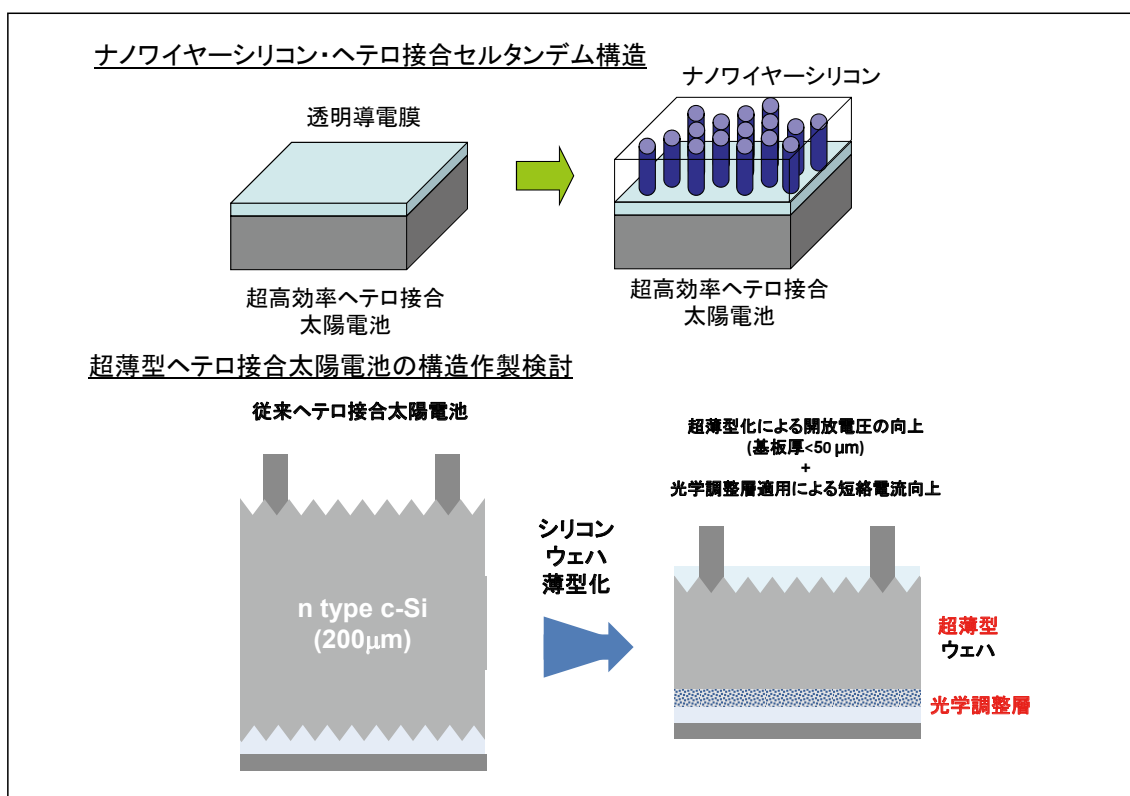
目的 ナノワイヤーシリコン・ヘテロ接合セルタンデム構造におけるボトムセルの高効率ヘテロ接合太陽電池とトップセルのナノワイヤーシリコン太陽電池を電氣的・光学的に接合するためのオプティカルカップリング技術を開発する。

手法 ナノワイヤー層と組み合わせるカップリング構造および超薄型ヘテロ接合太陽電池を形成する手法を確立し光学ロスの低いタンデム構造を設計、作製する。

目標 (1)カップリング層を接合調整層として使用することで、ナノワイヤーシリコンのトップセルとヘテロ接合のボトムセル間での光学的なロスの低減を図るとともに、電氣的なロスも強力に低減する技術を開発する。
(2)ナノワイヤーシリコン・ヘテロ接合構造のボトムセルへ超薄型ヘテロセルを開発・導入することで高開放電圧を達成し、タンデム構造の高効率を達成する。

メンバー <グループリーダー> 山本 憲治*
吉見 雅士* 市川 満* 宇都 俊彦*
李 建永 阿部 祐介

*株式会社カネカ 太陽電池・薄膜研究所



チーム3 ナノワイヤー太陽電池

グループ 3-5 光閉じ込め・セル化技術

Group Leader

田中 誠

(パナソニック株式会社エコソリューションズ社 主幹)



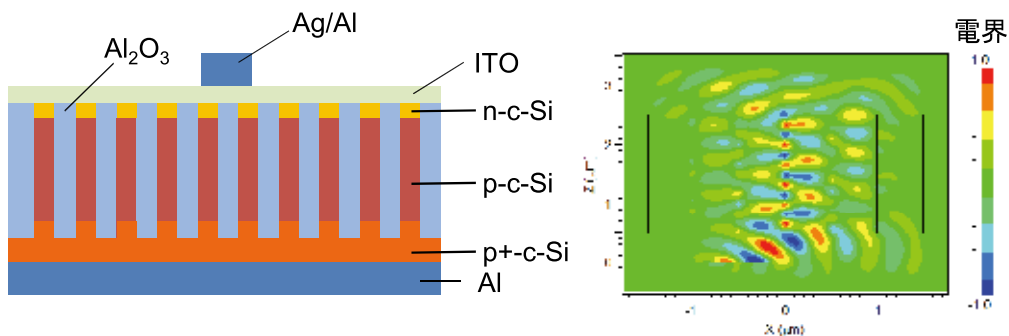
目的 光入射側のトップセルとして、短波長光をより有効活用できるワイドギャップシリコンナノワイヤー太陽電池の開発を行う。

手法 (1)光閉じ込め技術の開発。
(2)セル化技術の開発。

目標 (1)光閉じ込めと量子サイズ効果を両立する最適なデバイス構造について、3次元FDTD法による光学シミュレーションで設計指針を得て、所望の形状を実現する。
(2)シリコンナノワイヤー発電層より高効率に電気を取り出すためのpn接合技術、パッシベーション技術、電極形成技術の開発を行う。

メンバー <グループリーダー> 田中 誠*
寺川 朗* 篠原 亘* 兼松 大二*

*パナソニック株式会社 エコソリューションズ社



SiNW太陽電池

FDTD法を用いた光学シミュレーション

チーム3 ナノワイヤー太陽電池

グループ 3-6 ナノワイヤー太陽電池システム化技術

Group Leader

植田 譲

(東京理科大学工学部第一部電気工学科 講師)



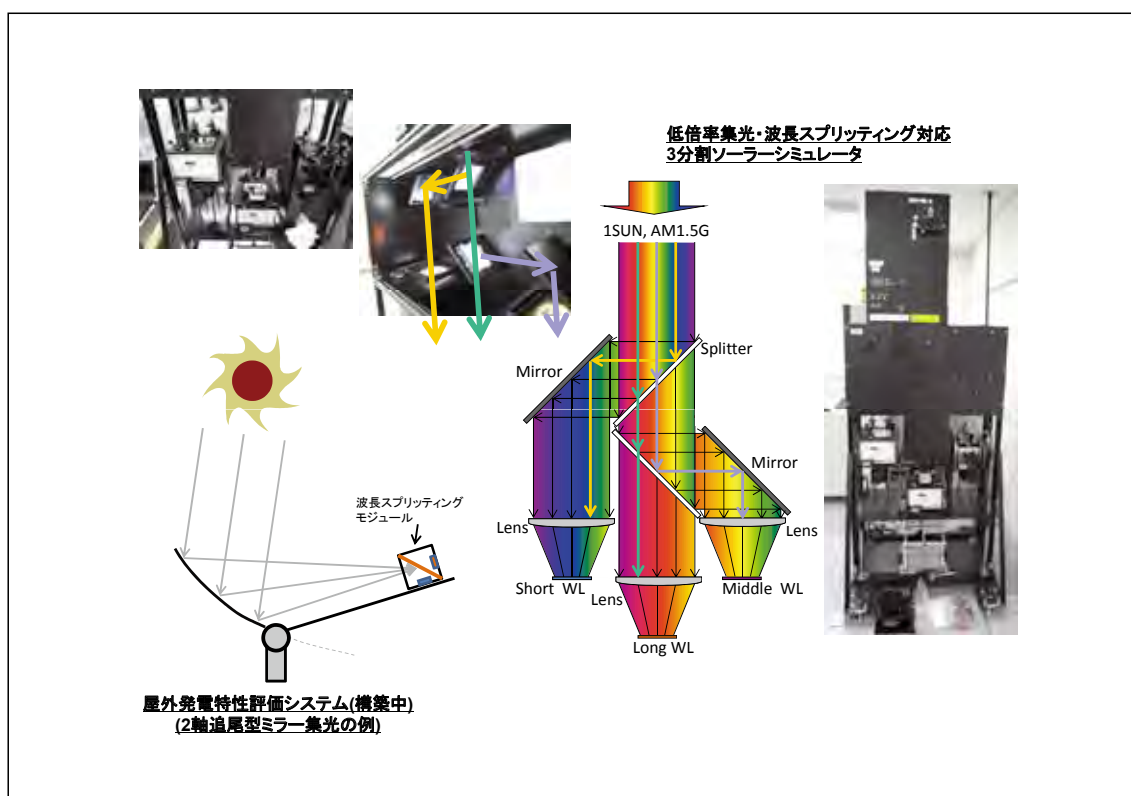
目的 ナノワイヤー太陽電池の発電特性評価システムの構築、および発電量を最大化する最適システム設計技術の確立。

手法 (1)屋外発電特性評価にむけたナノワイヤー太陽電池の屋内評価。
(2)低倍率集光・波長スプリッティングによる屋外発電特性評価。

目標 (1)低倍率集光・波長スプリッティング対応ソーラーシミュレータ等の屋内評価システムの開発。
(2)ナノワイヤー太陽電池の屋外年間発電特性評価システムの構築と特性評価。
(3)屋外発電量最大化に向けたナノワイヤー太陽光発電システムの設計技術の構築。

メンバー <グループリーダー> 植田 譲*
小長井 誠** 山口 克彦***

*東京理科大学工学部 **東京工業大学大学院理工学研究科
***福島大学理工学群共生システム理工学類



技術支援チーム

Group Leader

熊田 昌年

(科学技術振興機構 技術員)



メンバー

熊田 昌年 戸村 桂之 渡辺 晴菜

I . 研究紹介

Noncontact Crucible Method

中嶋 一雄、小野 聖、村井 良多、金子 弦

科学技術振興機構 FUTURE-PV

【はじめに】

新しい大型インゴット単結晶の成長装置を4月に導入し、新炉の課題の洗い出しと、温度分布の最適化を行い新炉の問題点を改良した。特に大型炉を用いて、Si融液内に十分な大きさの低温領域を作成する課題に集中した。また、新炉により成長したインゴット単結晶と比較する目的で、既存炉を用いてNoncontact crucible methodにより作製したインゴット単結晶ウェハの品質評価を継続して行った。

【研究成果】

- 1) 新炉の課題を洗い出し、新炉を改良し立ち上げた。主な改良点は、温度分布の最適化、低温領域の作製、のぞき窓構造の設計、高純度化のためのガス流制御に関するポイントである。
- 2) 新炉を用いて33cm径ルツボを用いて、主に、最大径の達成、最大直径比の達成を可能にする低温領域の作製・制御に注力した。さらに、ネッキング技術が可能になるように温度分布の調整を行った。
- 3) 新炉で成長したインゴット単結晶の品質評価を開始した。まずは、酸素濃度、転位密度分布の評価を行った。酸素濃度は旧炉と異なり、直径比に依存しない傾向が見られた。これは低酸素濃度の大口径インゴット単結晶の作成可能性を暗示している。
- 4) 旧炉で成長したインゴット単結晶の評価を行った。凸型の成長界面の影響を検討し、抵抗率分布や転位分布に影響することを明らかにした。さらにインゴット単結晶からウェハを切り出し、MITでQuasi-Steady-State Photoconductance (QSSPC) 法で測定した結果、最高値で少数キャリアライフタイム（測定面積：4.9cm²）として、同一ウェハにおいて、ゲッタリング処理無しで770 μ s、ゲッタリング処理有りで3.2msを得た。この結果、まずは金属不純物の汚染を防ぐことを念頭に結晶成長を行うことがより高品質結晶を得るためには重要であることがわかった。また12.5 $\times$ 12.5cm²の単結晶ウェハをセルメーカーで太陽電池特性を調べ、ゲッタリング処理無しで18.2%を得、ゲッタリング処理有のライフタイムはゲッタリング処理無しの1.5倍であった。

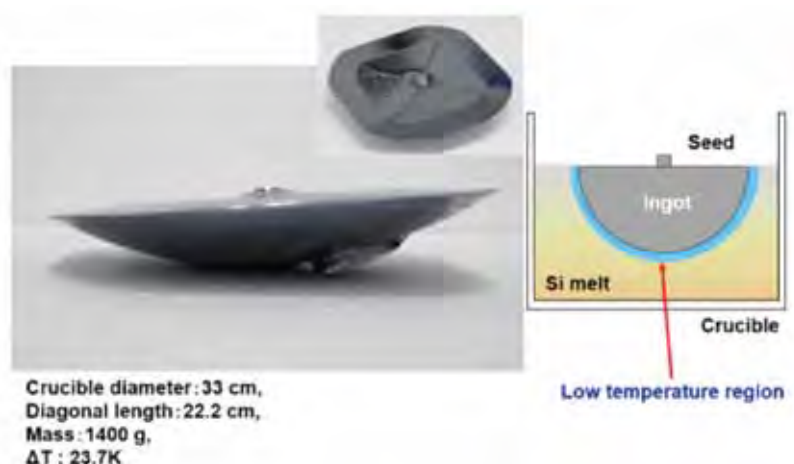


図1 最初に引き上げ成長しないでSi融液表面と内部に結晶を拡大し、その後一気にSi融液から引き上げて得たインゴット単結晶。この形状が低温領域に対応しており、低温領域の存在を確認できた。形状は4角形に近い

多結晶シリコンナノワイヤーの作製と キャリアライフタイム評価

加藤 慎也¹、山崎 竜也²、宮島 晋介²、小長井 誠²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 東京工業大学大学院理工学研究科

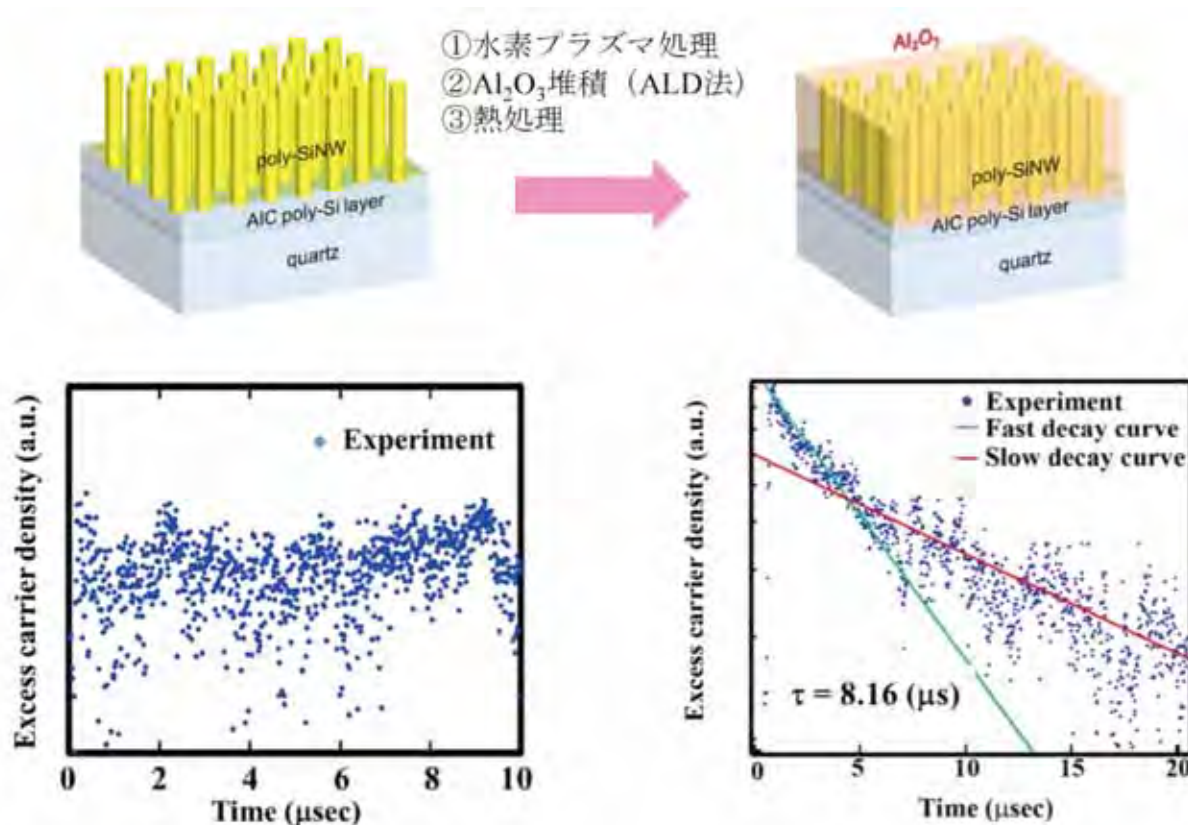
【はじめに】

Si系タンデム型太陽電池のトップセルへの応用を見据え、多結晶シリコンナノワイヤー (SiNWs) の作製に取り組んでいる。結晶粒界およびナノワイヤー表面でのキャリア再結合が、デバイス特性に多大な影響を与えるため、キャリア再結合を反映する少数キャリアライフタイムの評価が重要である。

【研究成果】

Al誘起結晶化(AIC)法を用いて石英基板上に多結晶シリコン層(200nm)を作製した後、プラズマCVD法でアンドープアモルファスシリコン(a-Si:H)層(3 μ m)を製膜した。a-Si:H層を固相結晶化した後、無電解銀めっき法及び金属誘起エッチング(MAE)法によりナノワイヤー化を行った。その後、水素プラズマ処理、原子層堆積(ALD)法によるAl₂O₃パッシベーション膜の堆積、フォーミングガス(FG)雰囲気でのアニールを行った。

図1左図に、未処理の多結晶シリコンナノワイヤーのライフタイム測定結果を示す。ノイズ以外の信号が検出されておらず、非常にライフタイムが低いと推測される。これはナノワイヤー表面・内部に多くの欠陥が存在することを示している。上記の処理を行ったところ、図1右図に示すように、ライフタイムを反映した信号が得られた。8.16 μ sであり、薄膜太陽電池への応用が可能なレベルである。プラズマ水素化処理、パッシベーション膜作製およびアニールにより、試料中の欠陥が大幅に低減したためと考えられる。



Si系超格子ナノワイヤー太陽電池に向けた 超格子構造の作製と評価

山田 繁¹、比嘉 隆也²、宮島 晋介²、小長井 誠²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 東京工業大学大学院理工学研究科

【はじめに】

Si系タンデム型太陽電池のトップセルへの応用を見据え、Si系超格子ナノワイヤーの作製に取り組んでいる。この材料では、バンドギャップ制御を超格子構造で、光閉じ込めをナノワイヤー構造にて行う。光閉じ込めには数百nm程度の直径を有するナノ構造が有効であり、ナノ構造を有したSi系超格子の開発を行う必要がある。

【研究成果】

RFスパッタリング法にてアモルファスSi/SiO₂超格子を作製した。熱処理によりアモルファスSi層を結晶化させ、Si系超格子を作製した。図1より超格子構造が作製できていることが確認できる。熱処理により試料中に欠陥が生成されるが、水素プラズマ処理により低減可能であることがこれまでに明らかになっている。また、フォトルミネッセンス測定において、Si層厚の減少に伴う発光ピークの高エネルギーシフトが確認されている。Si層の厚みが2.5nmでは発光ピークの中心エネルギーは約1.5-1.6eVである。発光が界面の欠陥等により生じる可能性もあるため、慎重な解析が必要であるが、この発光ピークエネルギーは量子効果によるバンドギャップ増加から見込まれる値とよく一致している。

図2に、ナノ構造を付加したSi系超格子の電子顕微鏡像を示す。ナノ構造の作製には、簡便な手法であるナノスフィアリソグラフィを用いた。まだワイヤー構造は得られていないが、数百nm程度のサイズを有する山形のナノ構造が得られている。

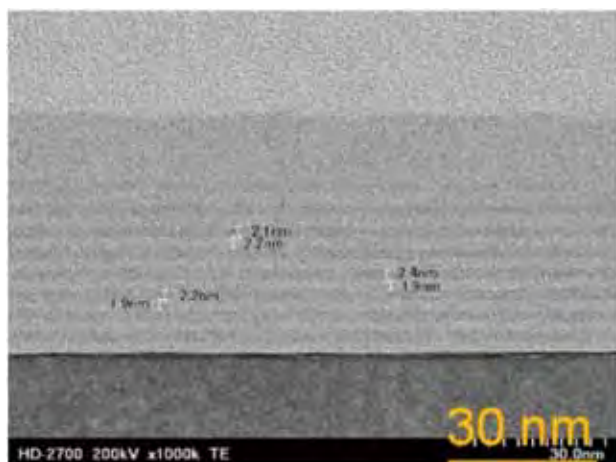


図1 Si系超格子の断面電子顕微鏡像

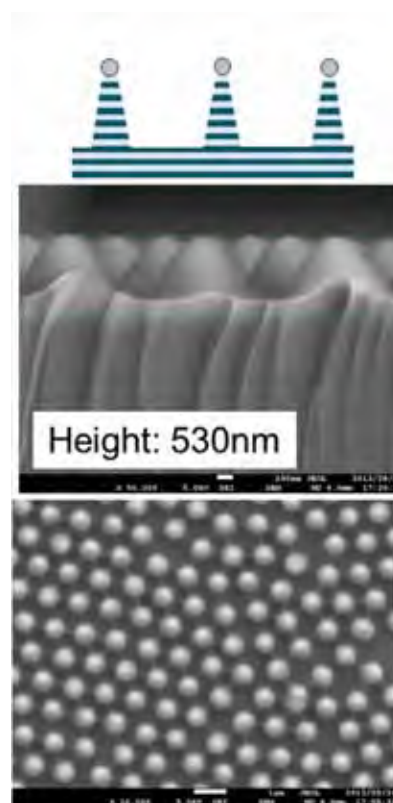


図2 ナノ構造を作製したSi系超格子の電子顕微鏡像

インジウムナノ粒子を利用したVLSモードによるシリコンナノワイヤー形成

M. A. Khan¹、谷 あゆみ²、岡本 尚文²、矢野 裕司²、石河 泰明²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科

【はじめに】

金属触媒を利用したボトムアップ的手法による単結晶Siナノワイヤー (SiNW) 形成手法開発に取り組んでいる。ボトムアップ的SiNW形成手法として、Vapor-Liquid-Solid (VLS) 成長モードが広く知られている。従来SiのVLS成長では金が主に利用されてきたが、金はSi中に深い電子トラップ準位を形成する。SiNWをキャリア輸送材料として利用する場合は、Si中に形成される不純物準位を考慮した触媒金属の選定が重要である。当研究では、Siの価電子帯端より0.16eV上にアクセプタ準位を形成するインジウム (In) を触媒として、VLSモードによるSiNW形成を試みた。

【研究成果】

Si (111) 基板上に蒸着法によりIn薄膜を形成し、基板温度630度で水素プラズマ処理を行うことで、粒径50 ~ 150nmのInナノ粒子を形成した(図1)。その後、スパッタ法によりSi原料をInナノ粒子上へ供給し、SiNW形成を検討した(基板温度630度)。

結果を図2に示す。基板全面にSiNW形成が確認された(図2(a))。また、図2(b)の拡大図で示すように、粒状部の下にワイヤー形成が確認された。本サンプルをエネルギー分散型X線分光法により解析した結果、図2(b)における粒状部はIn、粒状部下のワイヤー部がSiであることが判明した。更に、透過型電子顕微鏡の電子線回折像から、SiNWの結晶方位は、利用したSi基板(111)と同じ(111)であった。また、直径20 ~ 40nm、高さ100nm程度のSiNW形成に成功していることが判明した。以上の結果に示すように、Inナノ粒子を触媒としたVLSモードによるSiNW形成が実現された。

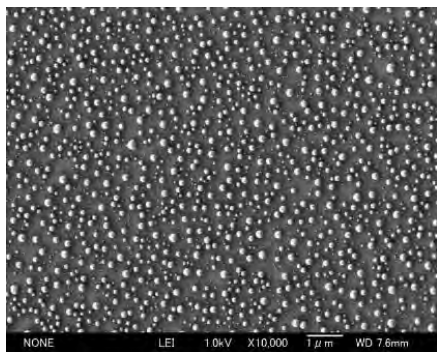
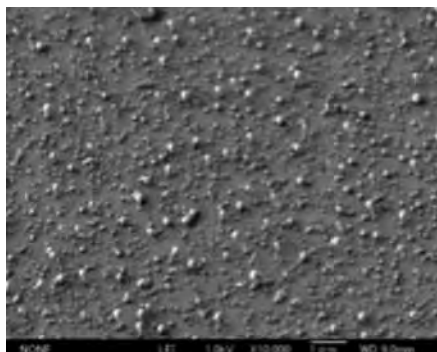
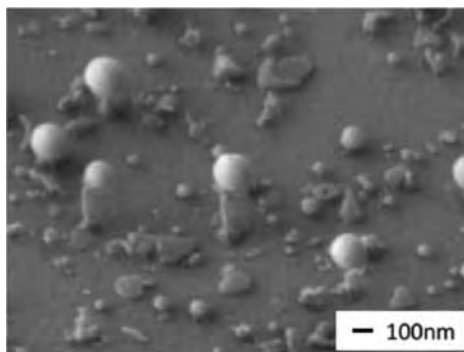


図1 形成したInナノ粒子 (SEM像)。



(a)



(b)

図2 スパッタ法により形成したSiNWs。(a)表面SEM像。(b)拡大SEM像。

3段階温度変調を利用したAl誘起結晶化による大粒径Si多結晶薄膜の高速成長

Sergii Tutashkonko¹、Van Hoang Nguyen¹、宇佐美徳隆²

¹科学技術振興機構 FUTURE-PV、²名古屋大学大学院工学研究科

【はじめに】

Al誘起結晶化(AIC)法は、ガラスなどの非晶質基板上に大粒径Si多結晶薄膜の成長が可能であるため、成長やエッチングによるシリコンナノワイヤー形成のためのテンプレート層としての利用が期待できる。テンプレートとして利用するには、大粒径($>50\mu\text{m}$)の結晶を、結晶粒方位を制御(90%以上の結晶粒を{111}に配向させる)して、適切なプロセス時間(<2 時間)内で実現することが課題である。本研究では、結晶成長過程における核生成と粒成長過程を温度変調によって制御することで、大粒径結晶を短いプロセス時間で実現することを試みた。

【研究成果】

試料は、石英基板上にDCマグネトロンスパッタリング法により多結晶Al薄膜(膜厚50nm)とa-Si薄膜(膜厚50nm)を積層した後、熱処理を行うことにより作製した。Al薄膜の表面は、Si薄膜の成膜前に、48時間大気暴露させることにより酸化させた。

図1に、我々が考案した3段階温度変調のコンセプトを示す。まず高温($525\text{--}550^\circ\text{C}$)短時間の熱処理を行い、SiをAl中に飽和濃度以下まで均質に溶解させる。その後、低温($425\text{--}500^\circ\text{C}$)熱処理により核生成を誘起する。この過程において核密度を制御する。引き続き、新たな核生成が起きないように上昇速度で温度を上昇させることで、Siの拡散を促進し、成長速度を速める。このような3段階の温度変調を行うことにより、一定の温度でのAIC法と比較して、短いプロセス時間で、優れた微細組織の膜を得ることができる。実際に、表1に示すように粒径が約 $100\mu\text{m}$ の多結晶Si薄膜を90分程度で実現することに成功した。また、Alの成膜速度を減少させ、Alの酸化時間を増加させることでSiの拡散速度を減少させることにより、粒径を $200\mu\text{m}$ まで増加させることも可能である。

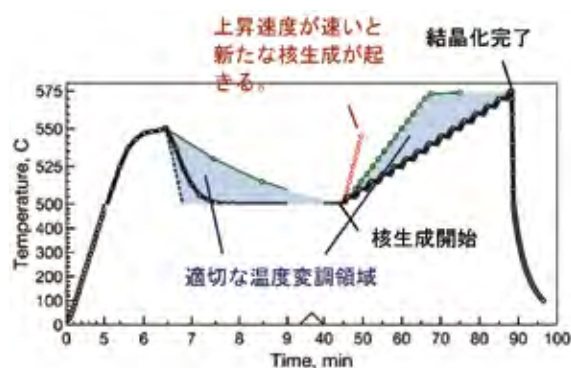


図1 3段階温度変調のコンセプト

表1 温度変調とプロセス時間、粒径の関係

温度	500 °C	525 °C	550 °C	500 °C → 550 °C	550 °C → 500 °C → 550 °C
プロセス時間 (分)	320	167	39	115	94
粒径 (μm)	100	75	50	100	~90

アルミナマトリクス中へのシリコンナノワイヤーの選択成長技術の開発

Van Hoang Nguyen¹, Sergii Tutashkonko¹, 宇佐美徳隆²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 名古屋大学大学院工学研究科

【はじめに】

我々は、シリコンナノワイヤー (SiNWs) を基板に垂直に作製する技術として、ナノスケールの微細貫通孔を内包する陽極酸化アルミナ(AAO)マトリクス中に成長させること試みている。不純物汚染のない SiNWs の実現には、金属触媒を用いずに微細貫通孔内部に選択成長させることが望ましい。本研究では、ガスソース分子線エピタキシー法により SiNWs を選択成長させる条件探索のため、成長温度、ソースガスの流量、および、Si基板の表面状態に影響を及ぼすAAO形成プロセスについての検討を行った。

【研究成果】

SiNWsの成長は、ソースガスであるジシラン流量を0.5,1.0,2.0sccm、成長温度650-700℃の条件下で試みた。電子顕微鏡観察の結果から、流量が0.5sccmの場合には、選択成長が促進されるが、流量を増加させると、選択性が低下しアルミナ上にもSiの成長が生じることがわかった。ジシラン流量0.5sccm、成長温度が700℃の場合には、長さ1μm程度のSiNWsを実現することができた。成長温度が650℃では、成長した結晶の直径が、AAOの微細貫通孔の直径よりも小さくなる興味深い現象も観測された。

またSi基板の表面状態に影響を及ぼすAAO形成プロセスとして、プロセスを終了させるタイミングを電流をモニターして変化させることを試みた。電流が十分に低下した後にプロセスを終了するとSi基板表面まで酸化させてしまう可能性があり、一方で、プロセスを早く終了させると穴がSi基板表面に到達していない可能性がある。ここで、以下の式で定義される電流比Rを指標として、いくつか試料を作製し、選択性に与える影響を検討した。

$$R = \frac{I_0 - I_{s/o}}{I_0}$$

ここで I_0 および $I_{s/o}$ は、電流値が減少しはじめた際の値、および実際にプロセスを終了させた際の値である。 R が10%の場合には、選択成長が促進され図1aに示すように長さ1μm程度のSiNWsを実現することができた。TEM観察の結果(図1b)、SiNWsがエピタキシャル成長していることが確認できた。一方で、 R が30%を超えると選択性が低下し、SiNWsの密度も低下する。

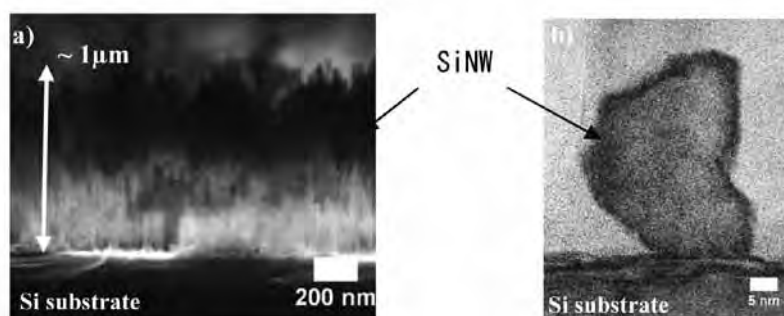


図1 R が10%の場合のa) AAOエッチング後の断面SEM像 およびb) TEM像

Siナノワイヤー構造における局所的な界面準位密度の抽出

小路 智也¹、角嶋 邦之²、片岡 好則²、西山 彰²、杉井 信之²
若林 整²、筒井 一生²、名取 研二¹、岩井 洋¹

¹東京工業大学フロンティア研究機構、²東京工業大学総合理工学研究科

【はじめに】

ドライエッチングプロセスで作製されたSiナノワイヤーは曲面を含む様々な結晶面方位で構成されるため、結晶面方位に強く依存するSiO₂絶縁膜界面との界面準位密度がバルク構造とは異なる値になると予想される。ナノワイヤー太陽電池の発電効率向上のためには、生成したキャリアの再結合中心となり得る界面準位を抑制することが重要である。本研究では高さの異なるSiナノワイヤーに対してチャージポンピング法を用いることにより、ナノワイヤー構造における絶縁膜界面準位の位置推定を行うことを目的とする。

【研究成果】

SOI基板上に横型のナノワイヤーをドライエッチングにより作製した。本実験では、図1に示すようなゲート電極付きの横型のナノワイヤー太陽電池を作製し、Siナノワイヤー／絶縁膜界面における界面準位密度を測定した。またナノワイヤー断面が上面(100)面、側面(110)面、および曲面からなると仮定し、実験結果からそれぞれの界面準位密度を分離した。図2に示した絶縁膜界面準位密度のナノワイヤーの幅(*w_{nw}*)依存性を測定した結果にフィッティングを行い、各面での界面準位密度を計算した。結果は曲率を有する界面では界面準位密度が高いことを示唆している。(図3)

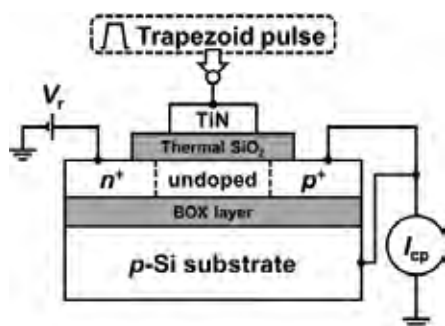


図1 試作したゲート電極付き横型ナノワイヤー太陽電池の構造図

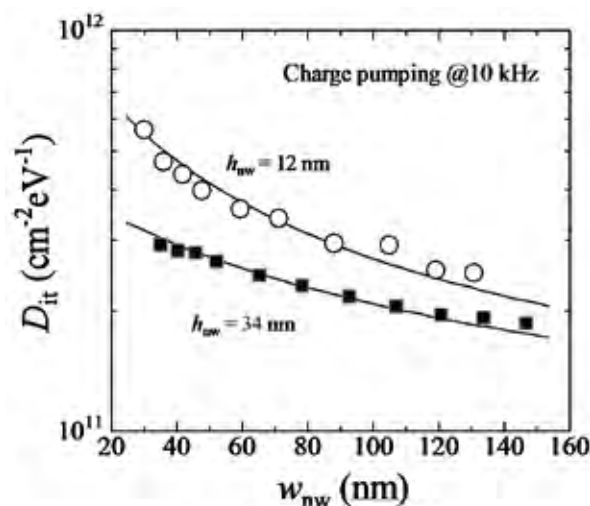


図2 絶縁膜界面準位密度のナノワイヤーの幅 (*w_{nw}*) 依存性

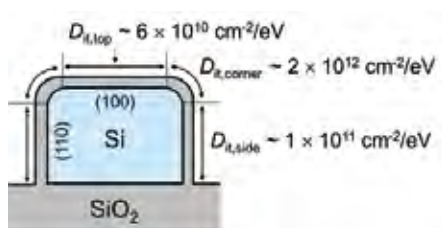


図3 各面での界面準位密度

Siナノワイヤー太陽電池の光劣化と Al₂O₃によるパッシベーション効果

宮澤 遼太¹、小路 智也¹、角嶋 邦之²、片岡 好則²、西山 彰²、杉井 信之²
若林 整²、筒井 一生²、大橋 弘通¹、名取 研二¹、岩井 洋¹

¹東京工業大学フロンティア研究機構、²東京工業大学総合理工学研究科

【はじめに】

Siナノワイヤー太陽電池は高いSurface-to-Volume ratio(S/V比)を有するため、発電効率の向上にはキャリア再結合中心となり得る界面単位密度(Dit)の抑制が求められる。Ditの高い面方位を持つSiナノワイヤーでは終端水素脱離によるDitの増加が顕著化する懸念が有り、固定電荷を含むパッシベーション膜による再結合抑制が重要となる。本研究では、光照射によって発電特性の劣化した横型Siナノワイヤー太陽電池の表面に、負の固定電荷を含むAl₂O₃膜を原子層堆積(ALD)で堆積し発電特性の変化と幅依存性を調べた。

【研究成果】

SOI基板上にドライエッチングにより横型ナノワイヤーを100本並列に作製した。(図1)表面保護膜には1000℃、O₂雰囲気中で熱酸化膜(SiO₂)を形成し、Al₂O₃はその上にALDで5 nm堆積させた。図2に10000秒間の10SUN光照射前後およびAl₂O₃パッシベーション後におけるナノワイヤー太陽電池の発電特性(AM1.5, 100mW/cm²)を示す。図3に光照射によって減少したISCがパッシベーションによって増加していることがわかる。初期状態と比較したISC増加率のナノワイヤー幅依存性を示す。光劣化はナノワイヤー幅の微細化により顕著化した。パッシベーション後について幅依存性は見られなかった。以上の結果から、ナノワイヤー幅依存性を持つ光劣化をAl₂O₃パッシベーションによって非顕在化できることがわかった。

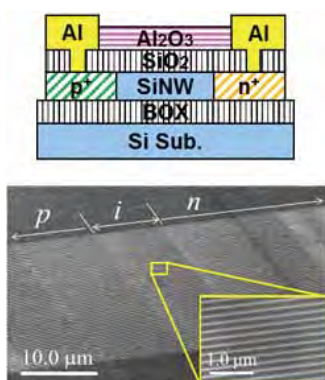


図1 試作した横型ナノワイヤー太陽電池のSEM写真

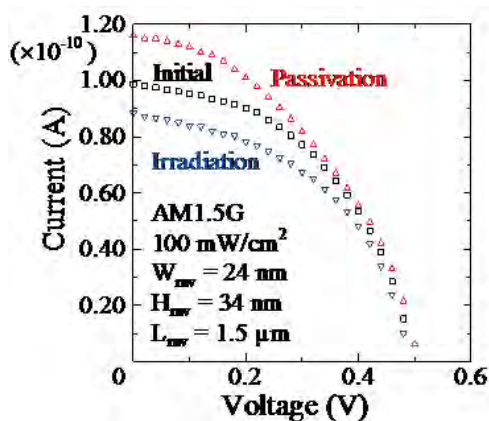


図2 ALD-Al₂O₃パッシベーション変化

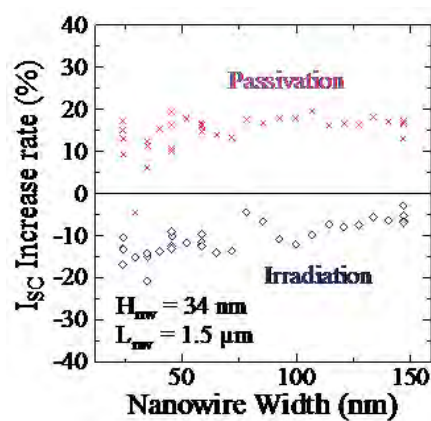


図3 初期状態と比較したISC増加率のナノワイヤー幅依存性

エネルギー障壁を制御した ショットキー型Si太陽電池の発電特性

伊藤 悠磨¹、角嶋 邦之²、片岡 好則²、西山 彰²、杉井 信之²
若林 整²、筒井 一生²、名取 研二¹、岩井 洋¹

¹東京工業大学フロンティア研究機構、²東京工業大学総合理工学研究科

【はじめに】

太陽電池の内部電界形成にショットキー接合を用いるショットキー型太陽電池は、比較的簡易な作製プロセスや低コストなどの利点がある。通常ショットキー型太陽電池は仕事関数の異なる2つの金属を半導体の電極に用いるのが一般的であるが、我々が開発した界面位置を原子レベルで決める積層プロセスを応用することで、同じ金属を電極として用いることが可能となり更なるプロセスの容易化が可能になると考えられる。本研究では金属-半導体界面にB、Pを高濃度に導入し内部電界を形成する太陽電池をSi基板で作製、その発電特性を測定した。

【研究成果】

実験で用いた三種類の試料の作製プロセスを図1 (a)、(b)、(c)に示す。(a)p-Si上に電極堆積

p-Si上にNi(0.5nm)とSi(1.9nm)を交互に8回堆積し、TiN(20nm)でキャップした。(b)p-Si界面へのB原子層を挿入した電極堆積 p-Si上にB(0.13nm)を堆積しその上にNi(0.5nm)とSi(1.9nm)を交互に8回堆積、TiN(20nm)でキャップした。(c)p-Si界面へのP原子層を挿入した電極堆積p-Si上にNi₃P(0.68nm)とSi(1.9nm)を堆積しその上にNi(0.5nm)とSi(1.9nm)を交互に7回堆積し、TiN(20nm)でキャップした。それぞれの基板の裏面にAlを蒸着しF.G.雰囲気中で500℃、1分間熱処理を行ってから暗状態、光照射時のI-V特性を測定した。図2にそれぞれのI-V特性を示す。この結果からn-Si/NiSi₂界面にP、B層を挿入することでショットキー障壁値の変調が可能であることが確かめられた。また、図3に光照射時におけるp-Si/P/NiSi₂とp-Si/NiSi₂のI-V特性を示す。この結果からPを電極-半導体界面に挿入することで短絡電流、開放電圧ともに大きくなることが確かめられた。p-Si/P/NiSi₂の基板において開放電圧0.45V、短絡電流密度0.044A/cm²が得られた。

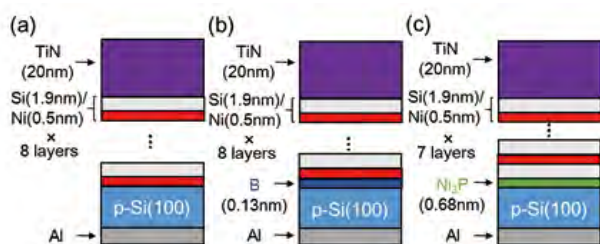


図1 試料の作製プロセスの模式図

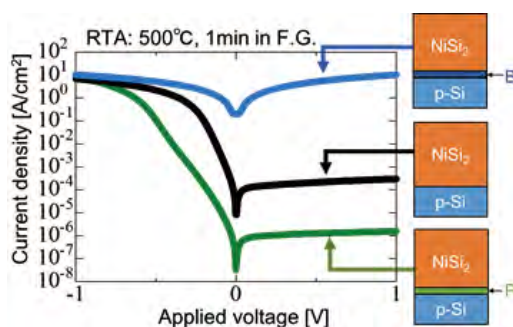


図2 界面層挿入によるI-V特性の変化

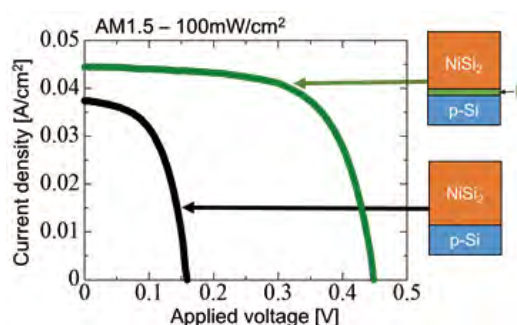


図3 ショットキー障壁変調による発電特性の変化

高密度単結晶シリコンナノワイヤーアレイの合成

張 曉梅¹、秋田 大²、山田 開理²、伊原 学²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 東京工業大学大学院理工学研究科

【はじめに】

高効率なシリコン(Si)ナノワイヤー(NWs)と薄膜シリコンとのタンデム太陽電池を作成するためには、SiNWの直径を約15nm以下にすることで量子サイズ効果によるワイドギャップ化をおこないながら、SiNWの形成密度を向上させる必要がある。また、光吸収を促進させるため、光得反射率の低減などの光閉じ込め効果の利用も課題の一つである。我々は、インクジェット法でSiNWsの核となる触媒Auナノ粒子(AuNPs)のコロイド溶液をドット状に堆積させることで、高密度なSiNWsアレイの作成に成功した。また、SiNWsの密度および長さとの関係調べた。

【研究成果】

SiNWsの核となるAuナノ粒子(AuNPs)のコロイド溶液を作成し、その溶液をインクジェット法によってSiウェハ上にドット状に堆積させた。図1(a)に、インクジェット法によりSiウェハ上に作成した、ミクロスケールのドット構造をもつAuNPsアレイの電子走査型電子顕微鏡(SEM)写真を示す。さらに、それらを基板としてCVD法を用いてVLS機構によりSiNWsアレイを作成した。図1(d)にSiNWsアレイのSEM写真を示す。SiNWsパターンの形状はAuNPsのパターンと一致していることから、AuNPsを核とするVLS機構による成長によってSiNWsアレイの作成に成功したことがわかった。図1(e)および(f)には、SiNWs成長の核となったAuNPsの直径の違いによって生じたと思われる、直径の異なる2つのSiNW(40nm, 60nm)のTEM写真を示す。HRTEM写真(図1g)は、SiNWsが[111]方向に成長した単結晶であることを示す。また、SiNWsの成長速度と密度は、CVD法における全圧の上昇によって増加した。図2に、UV-Vis-NIR分光光度計によって室温で測定した反射スペクトルを図2に示す。反射率はSiNWsの密度および長さによって変化した。今回の条件では、密度が約56%で、長さが7.7 μ mのSiNWsアレイが最も低い反射率を示した。

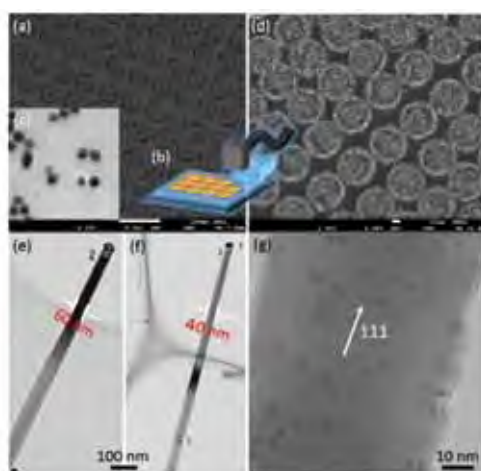


図1 (a) インクジェット法によりSiウェハ上に作成したAuNPsアレイのSEM写真、(b) インクジェットプリンターの模式図、(c) AuNPsのTEM写真、(d) AuNPsを核に成長したSiNWsアレイ、(e) および(f) 直径の異なる2つのSiNW、(g) SiNWのHRTEM写真

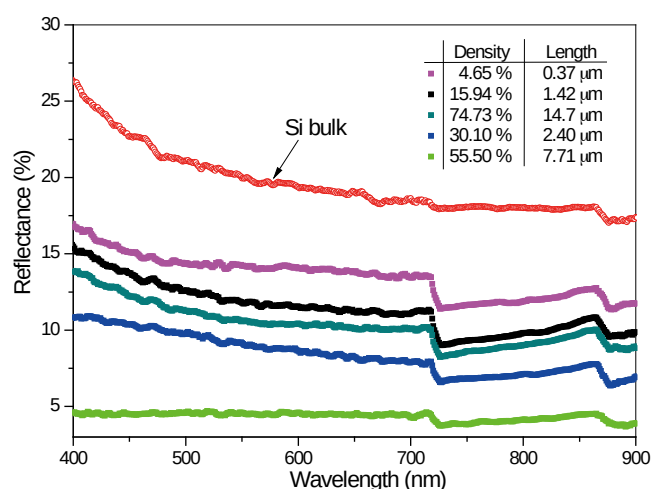


図2 密度および長さの異なるSiNWアレイと反射スペクトルの関係

ボトムセル用ヘテロ接合太陽電池の開発

中田 和吉、宮島 晋介、小長井 誠

東京工業大学大学院理工学研究科

【はじめに】

Si系タンデム型太陽電池のボトムセルへの応用を目指したヘテロ接合太陽電池の開発に取り組んでいる。ボトムセルに適した新規エミッタ構造により、開放電圧750 mV以上を目標として開発を進めている。

【研究成果】

高い開放電圧を得るために、従来のヘテロ接合に用いられていたアモルファスシリコン(a-Si:H)に代わり、広いバンドギャップをもつアモルファス酸化シリコン(a-SiO_x:H)と微結晶酸化シリコン(μc-SiO_x:H)を新たに導入した。

a-Si:Hを用いる場合、テクスチャ谷部が僅かに結晶化し、実効ライフタイムを低下させる要因の一つとなっていた。しかし、酸素を加えることにより、結晶化が抑制されるという結果が得られた(図1)。また、成膜後に熱処理を加えることにより、280 μm厚のn型シリコン基板において、3.5 msecまで実効ライフタイムが向上することが分かった。

この酸化シリコン層をヘテロ接合太陽電池へ適用し、熱処理プロセスを施した結果、平坦基板において37 mV、テクスチャ基板において44 mVの開放電圧の向上が見られた。これまでに、図2に示すように開放電圧(V_{oc})708 mV、変換効率(Eff.)20.1%の太陽電池が得られている。現在は更なる開放電圧の向上のために、裏面構造の開発、基板の薄型化を進めている。

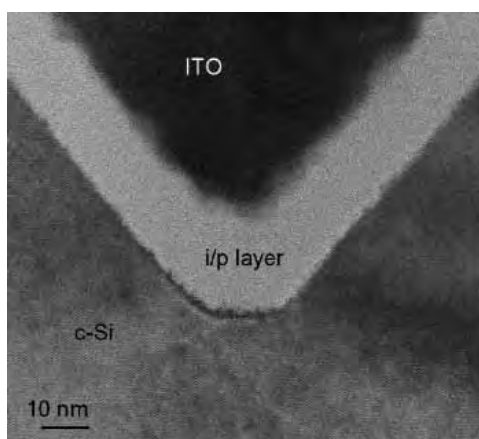


図1 テクスチャ谷部のa-SiO_x:H層のTEM画像

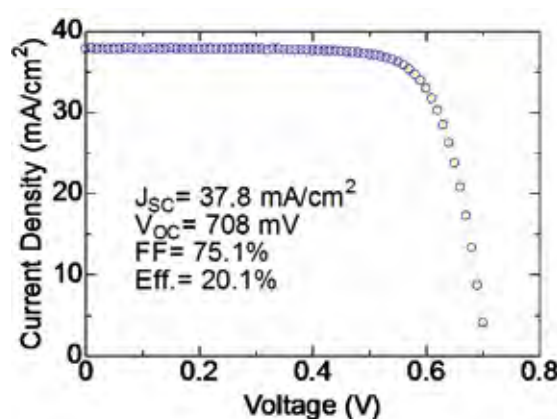


図2 新規ヘテロ接合太陽電池の特性

高効率ヘテロ接合太陽電池の開発

He ZHANG¹、小長井 誠²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 東京工業大学大学院理工学研究科

【はじめに】

超薄型ヘテロ接合セル(～100μm)において変換効率22%を実現するために、アモルファス酸化シリコン(a-Si_{1-x}O_x:H)/結晶シリコンヘテロ接合太陽電池の開発を行っている。受光面にp型微結晶Si_{1-x}O_x:Hとi型a-Si_{1-x}O_x:H、裏面にn型a-Si:Hとi型a-Si_{1-x}O_x:Hをそれぞれ形成することにより、従来のヘテロ接合太陽電池を超える開放電圧の実現を目指す。

昨年度はSAMCO製プラズマCVD装置において、各薄膜の成膜手法を確立した。本年度は、同装置を郡山サイトに移設して立ち上げを行うと共に、高短絡電流と高開放電圧を両立するためにテクスチャ基板への応用技術の開発を進めている。

【研究成果】

図1に様々な基板に対してi型a-Si_{1-x}O_x:H膜パッシベーションを施した時の実行ライフタイムとImplied Vocを示す。

テクスチャ基板では、シリコンの(111)面が最表面に露出する。その(111)面において、良好なパッシベーション効果が得られるi型a-Si_{1-x}O_x:H膜を開発した。成長表面へのダメージを最小限にすることで、高い光学バンドギャップ(1.87eV)を持ちながらSi(111)基板において5 msecを超える実行ライフタイムが得られている。

また、テクスチャ基板においても、RCA洗浄と上記i型a-Si_{1-x}O_x:H膜によって、Si(111)基板と同等のライフタイムが得られている。今後は、基板を薄型化して高開放電圧を目指すと共に、セル構造の最適設計を行い、高効率太陽電池の実証を進めていく。

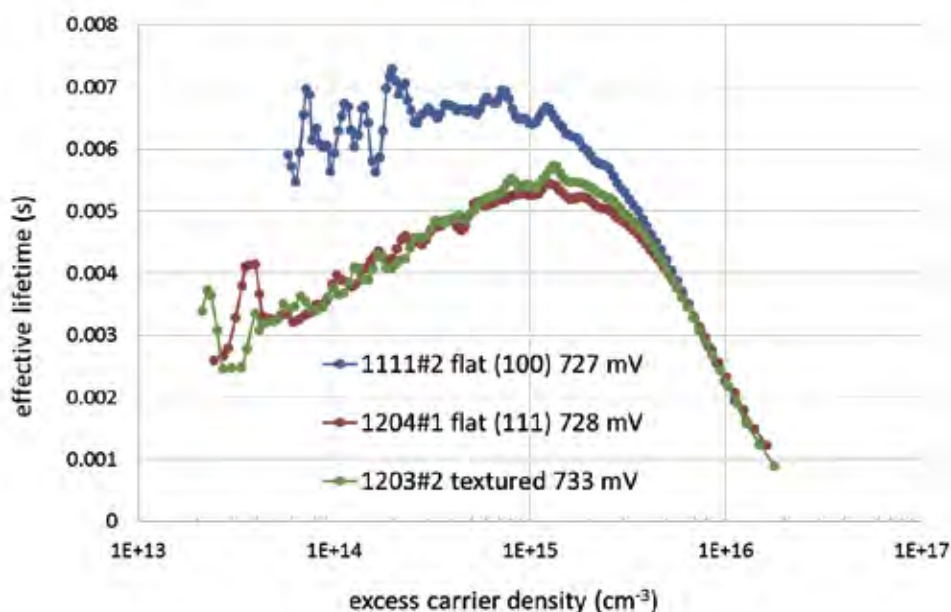


図1 Si_{1-x}O_x:Hパッシベーションを施したSi基板の実行ライフタイムとImplied Voc

ワイヤー構造結晶シリコン太陽電池の 作成技術の開発

屋敷 保聡¹、白柳 裕介¹、袴田 朋宏¹、小長井 誠²

¹ 科学技術振興機構 FUTURE-PV、² 東京工業大学大学院理工学研究科

【はじめに】

Si系タンデム型太陽電池のトップセルへの応用が期待されるシリコンナノワイヤー太陽電池の作成技術の開発に取り組んでいる。ワイヤー形状の太陽電池を実現するには、従来の結晶系シリコン太陽電池とは異なる視点の課題が多く存在すると考えられる。本研究では、まずマイクロオーダーのワイヤー構造を持つ結晶シリコンを用いて太陽電池を作成することで課題を抽出し、ナノワイヤー太陽電池を作成するための基礎技術の開発を行っている。

【研究成果】

ドライエッチング技術により、直径10 μm 、高さ50 μm 、ピッチ13～20 μm のシリコンワイヤーをP型シリコン基板上に作成し、リン(P)を含む拡散材と拡散炉を用いて、ワイヤー表面にエミッタ層を形成した。エミッタ層側に透明導電膜としてITOをスパッタ法により形成し、受光面電極としてスクリーン印刷法によって櫛形Ag電極、裏面電極として蒸着法によってAl電極を形成した。

作成したシリコンマイクロワイヤーのSEM画像を図1に、作成したマイクロワイヤー太陽電池のIV特性を図2に示す。変換効率(Eff)11.0%が得られ、太陽電池動作を確認することができた。しかし、開放電圧(Voc)、曲線因子(FF)は十分な値ではなく、ワイヤー構造による表面積の増加に伴うキャリア再結合増大の影響や、電極部の抵抗増加の影響が考えられる。ナノサイズ化に向けて、ワイヤー表面のパッシベーション技術や、ワイヤー上での電極形成技術の開発を進めている。

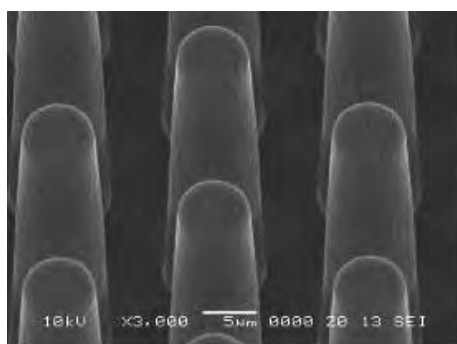


図1 マイクロワイヤーの形状

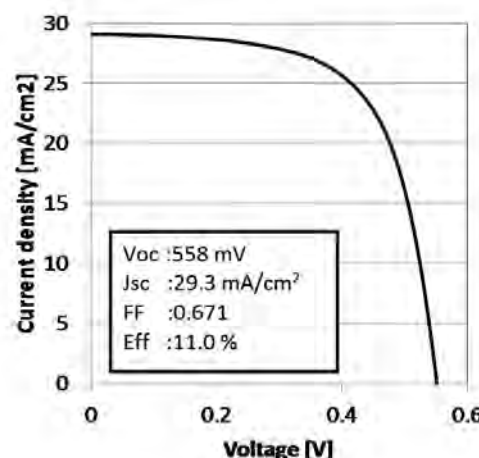


図2 マイクロワイヤー太陽電池の特性

ナノウォール形成プロセスの研究

市川 幸美

科学技術振興機構 FUTURE-PV

【はじめに】

ナノウォール構造で量子サイズ効果によりSiバンドギャップを広げるためには、ウォール幅を2～3 nm以下にする必要がある。それを実現するために、LSIプロセスで用いられる液浸リソグラフィーを適用し、まず幅が数十nmのストライプ状ウォールを形成する。そのあと、酸素雰囲気中での熱酸化と酸化膜のエッチングを繰り返すことでSiウォールの幅を数nmまで薄くするプロセスを検討したので報告する。

【研究成果】

図1は、Siウェハ上に形成したストライプ状のナノウォールの断面形状の透過電子顕微鏡(TEM)写真を示す。幅が50nmのウォールアレイを熱酸化した断面TEM像であり、各ウォールの芯に残っている色の濃い部分がSiである。その周りを酸化膜(SiO_2)が囲んでいる。ウォールの上部はかなり細くなっており、約2 nmのSiナノウォールが形成されている。図2はこれを原子模型と比較した結果であり、対応する面方位(110)の原子配列が見えている。今後は、ウォール側壁のうねりの低減やプロセス再現性の向上が課題となる。

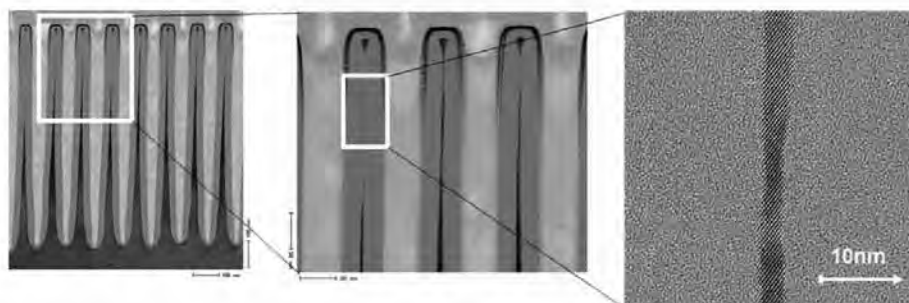


図1 熱酸化により薄くしたSiナノウォールの電子顕微鏡写真

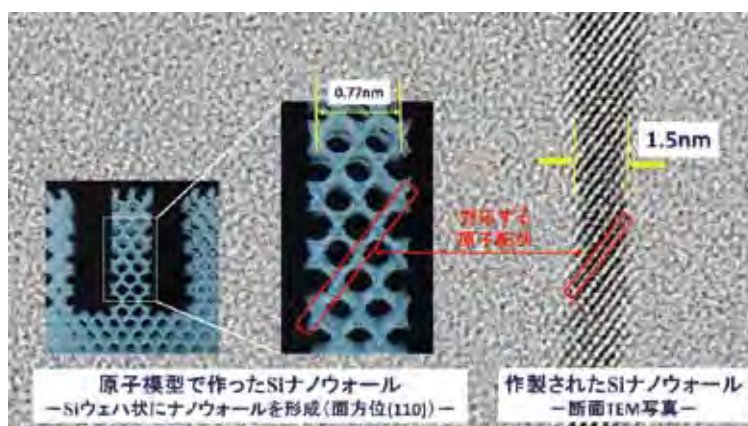


図2 作製したSiナノウォールの原子模型との比較。

ナノウォールの光学特性

吉葉 修平、平井 政和、市川 幸美

科学技術振興機構 FUTURE-PV

【はじめに】

太陽電池の効率を高めるためには、入射してくる太陽光の表面反射を抑えることが重要課題の一つである。フラットなSi面では入射光の約40%が反射されるため、これを抑えるために表面に反射防止膜を形成するなどの工夫を行っている。しかし、広い波長域で反射を低減させることは難しい。一方、ナノウォールを形成した場合には、ナノワイヤーと同様に反射の低減が期待されるが、これを実際に調べた例は報告されていない。

【研究成果】

ナノウォールの光学特性を調べるため、チップサイズが約1 cm×1 cmのSiサンプルを作製した。チップ表面には先端部分の幅約20nm高さが約1 μmのウォールがピッチ150nmでストライプ状に全面に形成されている(図1)。図2は分光光度計で測定したチップの表面反射率を波長に対してプロットしたものである。この結果から、ナノウォールを形成することにより広い波長域で反射率は減少し、数%になることが分かる。また積分球を用いた測定から、ほとんどの反射光は直接反射成分であり、散乱成分は非常に小さいことが分かった。

これらの結果は、規則的に配置されたナノウォールアレイ構造を採用してもナノワイヤーと同等の低反射率が得られることを示しており、光学的には太陽電池として優れた特性を有することが分かる。

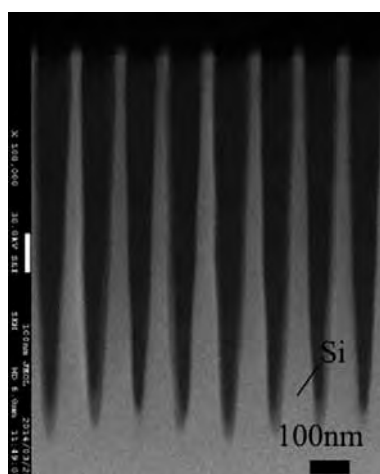


図1 測定に用いたナノウォール断面形状

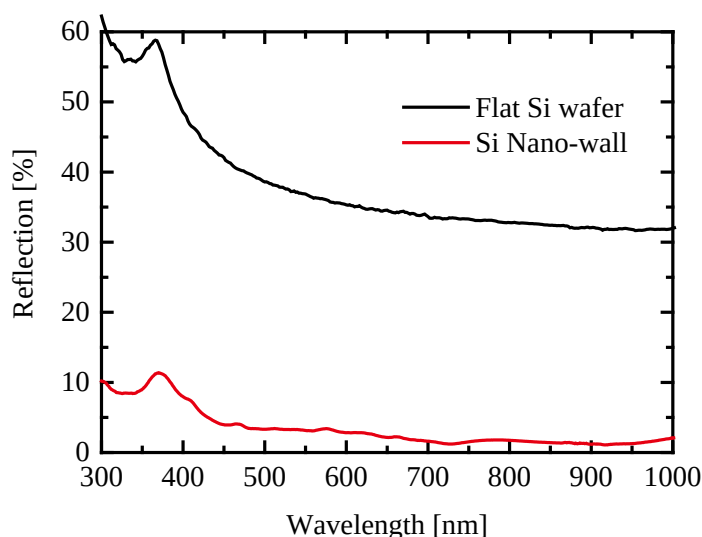


図2 ナノウォール形成による反射率低減

ナノインプリント法で形成した3Dマイクロ構造周期配列SiO_x/ガラス基板上への高効率アモルファスSi太陽電池の作製

新倉ちさと¹、小長井 誠²

¹物質・材料研究機構、²東京工業大学大学院理工学研究科

【はじめに】

本研究では、オールSi系四端子・波長スプリット型タンデム太陽電池のトップセルへの応用のためのワイヤー型Si薄膜太陽電池の作製に取り組んでいる。“電氣的に薄く 光学的に厚い”アモルファスSi太陽電池構造 [1] 作製のための基板表面 3 D ミクロ構造形成の手法としては、量産により低コスト化が可能と考えられる室温液相ナノインプリント法 [2] を採用している。H26年度においては、新規に設計を行った 3 D ミクロ構造周期配列基板を使用し、太陽電池構造の最適化を目的として、アモルファスSi太陽電池の作製を行った。

【研究成果】

ピラーを角に有する 6 角形マイクロレンズアレイ状SiO_x/ガラス基板をインプリント法により作製し、p-i-n スーパーストレート型アモルファスSi太陽電池の作製を行った。光入射側の透明電極(フロントTCO)として、フラットなAlドープZnO(AZO)単膜(スパッタ法)、又は、ナノサイズ表面テクスチャを有するBドープZnO(BZO) (有機金属CVD法)をAZO上に形成した積層膜を使用した。Si層はプラズマCVD法により、ドープ層は従来のダイオード技術で、i層は 3 D ミクロ構造上均一製膜への有効性が期待できるトライオード法 [3] にて、形成した。比較のためにフラット基板にも同時に太陽電池作製を行った。作製した太陽電池の J-V 特性ならびに応答スペクトルを図1に示す。パターン基板サンプルで、フラット基板サンプルより高い短絡電流密度(J_{sc})が得られ、3 D ミクロ構造周期配列による光閉じ込め効果が確認された。フロントTCOがBZO/AZO積層膜のサンプルで、AZO単膜のサンプルより J_{sc} が向上し、3 D ミクロ構造周期配列基板の場合にもTCO表面ナノテクスチャが光閉じ込めに重要であることが示された。結果として、3 D ミクロ構造周期配列基板上アモルファスSi太陽電池としては世界的にも高い10.7%の初期エネルギー変換効率が得られた。

[1] M. Vanecek et al., Proc. 24th EU PVSEC, 2286 (2009). [2] M.A. Verschuuren and H. van Sprang, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 1002, N03 (2007). [3] A. Matsuda et al, J. Non-Cryst. Solids, 59-60 (1983) 687.
[4] WCPEC-6 Technical Digest (http://wcpec6.com/technical_digest.html)

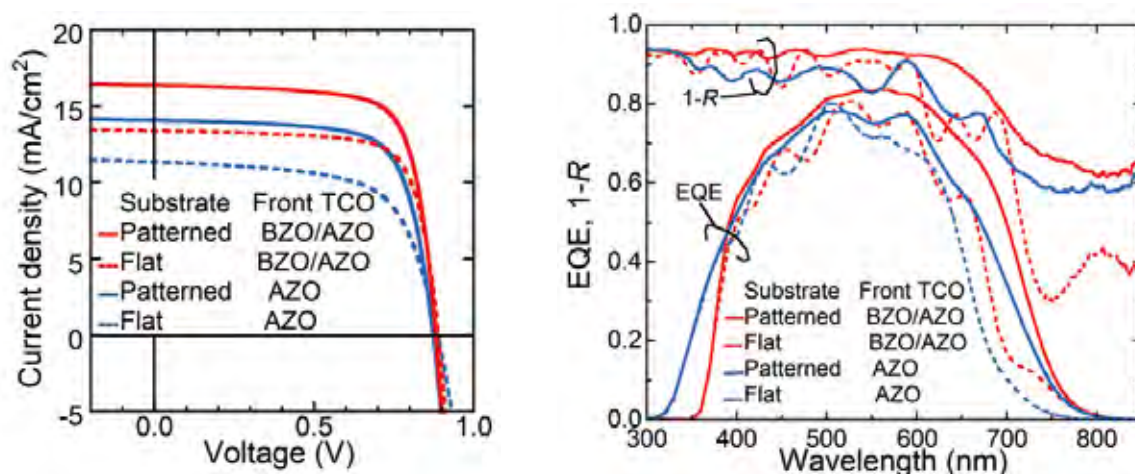


図1 J-V特性、応答スペクトルならびに反射率Rスペクトル [4]

シリコンウェハの薄型化処理および キャリアライフタイム評価

市川 満¹、李 建永²、山本 憲治¹

¹株式会社カネカ、²科学技術振興機構 FUTURE-PV

【はじめに】

Si系タンデム型太陽電池のボトムセルへの応用を見据え、超薄型ヘテロ接合太陽電池の作製に取り組んでいる。結晶シリコンウェハを薄く加工するにあたっては、結晶シリコンの結晶粒界やウェハ表面の表面再結合が、デバイス特性に多大な影響を与えられとされる。本研究では、結晶シリコンの薄型化処理およびキャリアライフタイムの評価について報告する。

【研究成果】

結晶シリコンウェハの薄型化には、アルカリ溶液を用いた等方性薬液エッチング法を用いた。160～180 μm の厚みを有するシリコンウェハを数%の濃度を持つKOH溶液によりエッチングを実施した後、ヨウ素溶液、あるいはCVDによりa-SiO_x層を作製することでウェハ表面をパッシベーションした。また、エッチング後のウェハ厚みは50 μm を標準条件として溶液濃度、温度、前後処理方法を変更することでライフタイムの変化を観測することで検討を実施した。パッシベーション後のライフタイム測定にはQSSPC法あるいは μ -PCD法を用いた。

各プロセス実施後のキャリアライフタイムのウェハ厚み依存性を図1に示す。ライフタイムはウェハの厚みにより低下する傾向が確認された。この低下はウェハ厚が薄くなる、事で表面再結合速度の影響が支配的になったためであると考えられる。初期的な検討では、ウェハ厚みが50 μm で400 μs 程度のライフタイムと低い値しか得られなかったが、表面の清浄度を上げる検討をすることで1000 μs 近くまでライフタイムが向上することが確認できた。しかし、全体的なライフタイムの値は未だ小さく、さらなる改善が必要であると考えられ、表面欠陥状態の評価を実施しさらなる表面清浄プロセスの検討を実施する。

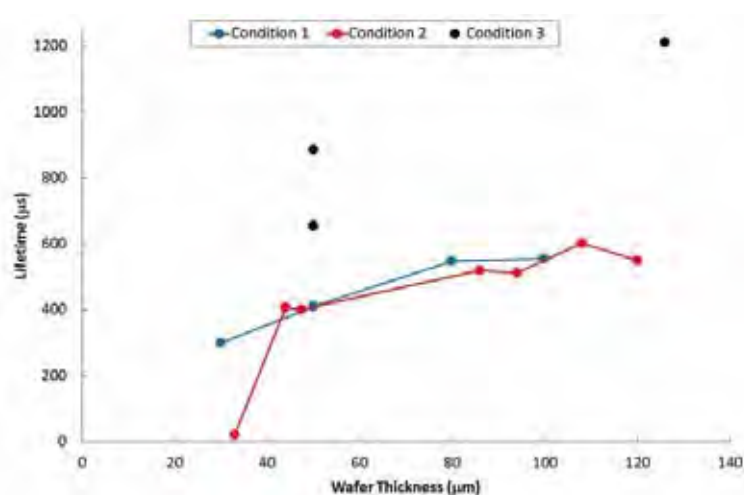


図1 プロセス実施後のライフタイム

ワイヤー内部にPN接合を備えた SiNW太陽電池の発電特性

兼松 大二、篠原 亘、寺川 朗、田中 誠

パナソニック株式会社

【はじめに】

量子サイズ効果によりバンドギャップ制御されたシリコンナノワイヤー (SiNW) をトップセルに用いることで、シリコンのみによる30%超の高効率タンデム太陽電池を作製できる可能性がある。SiNWのバンドギャップの変化を効率的にVOCへ変換するためには、PN接合部をワイヤー内部に備えた構造が望ましい。本研究では、SiNWの長さ方向のPN接合を備えたSiNWのデバイス化プロセス開発を行っている。

【研究成果】

図1に試作を行ったデバイス構造を示す。構造の特徴は、直径30nmのSiNWの内部にPN接合を備え、裏面側はオーミック接合となっている。本デバイス構造は以下の方法によって形成された。まず、P型単結晶シリコンウェハの表面に、熱拡散によってPN接合を形成し、次に、PN接合を形成した表面上に直径30nmのシリカナノ粒子を分散させ、これをマスクとしてスパッタリングによって孔が開いたAg膜を形成した。これをHF /H₂O₂ 水溶液に浸漬させることで、触媒となるAgが製膜されている部分のみが選択的にエッチングされ、ワイヤー状のPN接合が形成される。さらにSiNW のパッシベーションを兼ねてAtomic Layer Depositionにより、SiNWの隙間をAl₂O₃膜で埋め、その後HF水溶液に浸漬させることでワイヤーの先端を露出させた。最後に、スパッタリング及び蒸着によって基板の両面に電極を形成した。また同時に、熱拡散によって形成したPN接合に対して、直接電極を形成したバルクセルも作製し、両構造における発電特性を比較した。

図2にSiNWセルのIVカーブを示す。0.45Vの光起電力が得られた。この値はバルクセルと同程度の値であり。このことから、SiNW内部のPN接合が正常に動作していることが確認された。一方で、SiNWセルの短絡電流密度はバルクセルの5%程度と非常に小さく光閉じ込め技術等の開発が今後の課題となる。

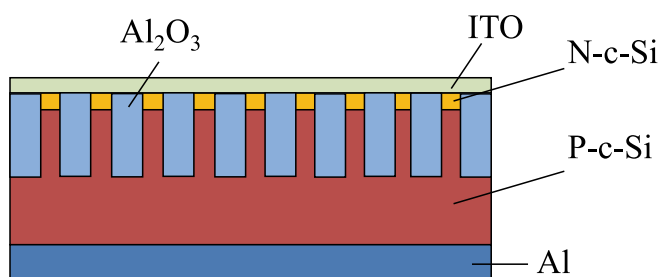


図1 SiNWセルの構造

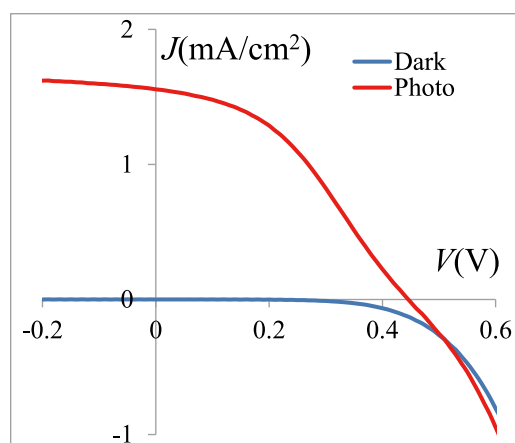


図2 SiNWセルの発電特性

Ⅱ. 資 料

国際シンポジウム

“ナノワイヤー太陽電池～最先端の太陽電池研究で福島復興へ～”

文部科学省「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」では標題のシンポジウム第1回を2013年6月10日に東京工業大学で開催したのに引き続き、第2回を2014年7月22、23日に福島県郡山市市民交流プラザ大会議室にて、本事業の拠点形成支援機関である科学技術振興機構(JST)の主催、郡山市の共催により開催しました。

第2回は、2014年4月に新しく開所した産総研福島再生可能エネルギー研究所(郡山市)に、当事業の研究開発リソースを結集させ、それに伴ってシンポジウム会場も、前回の東京から郡山に移しての開催といたしました。

開会にあたり、JST外村正一郎理事による主催者挨拶の前後で、文部科学省研究開発局の磯谷桂介審議官、郡山市の品川萬里市長、東京大学橋本和仁教授から期待と激励の言葉をいただきました。その後、本事業の研究総括である小長井誠教授(東京工業大学)からプロジェクトの概要説明がありました。



本プロジェクトの3人のチームリーダー(中嶋 一雄 JST研究員、宮島 晋介 東京工業大学准教授、市川 幸美 JST研究員)より、最新の成果が発表されました。チーム1では、Noncontact crucible 法によるシリコンのライフタイムの向上、チーム2では、超格子法、テンプレート法などによるシリコンナノワイヤーの成長、チーム3では、トップセル用の幅1.5nmのシリコンナノウォールの作製、ボトムセル用のシリコンヘテロ接合セルで開放電圧720mV以上の実現等、各チームで着実に研究成果をあげていることが報告されました。

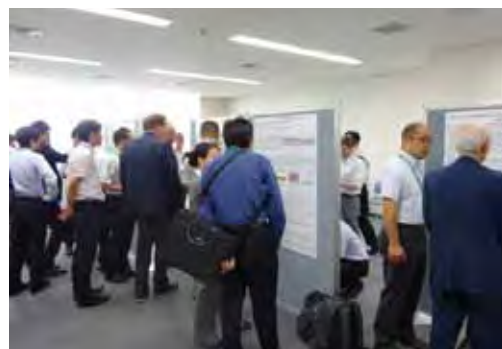
産総研福島再生可能エネルギー研究所からは、近藤道雄所長代理より、同研究所での取り組み等を紹介いただきました。

海外からは、太陽電池分野の第一線で活躍する6名の研究者、Juergen Werner 教授(ドイツ・シュトゥットガルト大学)、Tonio Buonassisi 准教授(アメリカ・マサチューセッツ工科大学)、Antonin Fejfar副委員長(チェコ・科学アカデミー科学委員会)、Miro Zeman 教授(オランダ・デルフト工科大学)、Ivan Gordon 課長(ベルギー・IMEC)、Ruud. E. I. Schropp 教授(オランダ・アイントホーフェン工科大学)より、Si太陽電池のコスト計算やSiウエハの不純物低下など、低コスト化を意識した発表とともに、ナノ構造による光閉じ込め効果やナノアレイ構造の太陽電池等の理論解析、薄いウエハを用いたSiヘテロ接合セルなど、高性能化についての新しい知見が発表されました。

その後のポスターセッションでは、研究グループメンバーから18件のポスター発表が行われ、ナノワイヤー太陽電池の要素技術等に関する研究開発の進捗状況が発表され、活発に意見交換が行われました。

国内外の産学官から多数の参加者が集い、本プロジェクトの研究メンバー、福島復興を推進する行政関係者等を含めて約110名が参加しました。尚、シンポジウム前には、福島再生可能エネルギー研究所でのサイトリビジットを実施し、約30名が新しい研究開発施設を見学しました。

第1回シンポジウムに続き、太陽電池分野における世界の最先端の研究開発状況を把握し、今後の研究活動をより充実させる手がかりが得られたと同時に、郡山での開催によって、拠点形成の本格的な始動を印象づけるシンポジウムとなりました。



アウトリーチ活動

「中学生のための太陽電池教室」

文部科学省「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」では標題のアウトリーチ活動を科学技術振興機構（JST）の主催、郡山市教育委員会の後援で開催しています。2013年9月7日(土)の第1回に引き続き、2014年9月6日(土)に第2回を開催しました。

場所は第1回と同じく、郡山市こども総合支援センター（ニコニコこども館）で、当日は中学生18名、小学生11名、その他中学校教員や保護者が参加しました。



JST渡辺美代子執行役（理数学習推進及び科学コミュニケーション担当）による挨拶の後、当事業の研究総括 東京工業大学の小長井誠教授から、太陽光発電のしくみや利点、太陽電池の研究等についての講義と、2014年4月より郡山市内の産総研福島再生可能エネルギー研究所に集結させた、本事業の研究拠点についての紹介がありました。



講義の後、3種類の体験コーナーを設けて、参加者は各コーナーで様々な体験をしました。

小長井教授のサイエンスショーのコーナーでは、太陽電池等で使用されるシリコンカーバイドの板を使って氷を切る実験を行いました。サーモグラフィーを見ると、この素材はステンレスやガラスと比べ、熱の伝わり方が非常に早いことが確認でき、この性質により氷が切れることを理解しました。



太陽光の色と発電との関係を学ぶ実演コーナーでは、目に見えない赤外線でも結晶シリコンで出来た太陽電池が発電する様子を観察し、太陽電池の種類によって得意とする光が異なっていることを理解しました。



工作コーナーでは、ミニソーラーカーを組み立て、走行実験を行いました。走行実験の時は日が陰ってしまい、屋外ではあまり走らせることができませんでしたが、室内の特製コースでライトを当てて走行させ、ライトの距離や角度に応じた速度の違いを体感しました。



最後に小長井先生から一人ずつに「未来博士号認定証」が手渡されました。教室終了後、たくさんの参加者が小長井教授に質問していたのが印象的でした。



当事業では今後も、研究拠点の近隣の子ども達をはじめ、一般の方が当事業や太陽電池に対する興味関心を高めていただけるような活動を続けてまいります

学会発表・学術論文・知的財産[†]

<グループ1-1>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成24年度	Noncontact crucible methodを用いたSiインゴット多結晶の成長	中嶋 一雄、村井 良多、森下 浩平、沓掛 健太郎、宇佐美 徳隆	第73回 応用物理学学術講演会(秋季)、14a-H9-12、愛媛大学、松山大学	2012/9/11-14	国内	口頭発表
	Noncontact crucible methodを用いたSiインゴット多結晶の電気特性評価	村井良多、中嶋一雄、森下浩平、沓掛健太郎、宇佐美徳隆	第73回 応用物理学学術講演会(秋季)、14a-H9-13、愛媛大学、松山大学	2012/9/11-14	国内	口頭発表
	Noncontact crucible methodを用いて成長させたSiインゴット多結晶の成長様式および組織解析	森下 浩平、中嶋 一雄、村井 良多、沓掛 健太郎、宇佐美 徳隆	第73回 応用物理学学術講演会(秋季)、14a-H9-14、愛媛大学、松山大学	2012/9/11-14	国内	口頭発表
	Growth of multicrystalline Si ingots using noncontact crucible method for reduction of stress in Si ingots for solar cells	K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita, K. Kutsukae, and N. Usami	The 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (27th EU PVSEC), Messe Frankfurt, Frankfurt, Germany	2012/9/24-28	国外	ポスター発表
	Growth of multicrystalline Si ingots for solar cells using noncontact crucible method without touching the crucibles walls for reduction of stress	K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita, K. Kutsukake, and N. Usami	The 6th International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSCC-6), Aix-les-bains, France	2012/10/8-11	国外	口頭発表
	Growth of high-quality Si multicrystalline ingots for Solar Cells using Dendritic Casting Method and Noncontact Crucible Method	K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita, K. Kutsukake, and N. Usami	Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-22), Hangzhou, China	2012/11/5-9	国外	招待講演
	Growth of High-quality Si Crystals for Solar Cells using Dendritic Casting Method and Noncontact Crucible Method	K. Nakajima	NTNU Seminar for Future PV silicon research and education, Trondheim, Norway	2012/12/17-19	国外	招待講演
平成25年度	Growth of Si Single Bulk Crystals for Solar Cells by the Noncontact Crucible Method	K. Nakajima	The 10th Workshop on the Future Direction of Photovoltaics, Tokyo Tech Front, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2014/3/6-7	国内	招待講演
	Growth of Si single bulk crystals for solar cells by the Noncontact Crucible Method	K. Nakajima, R. Murai and K. Morishita	The 23rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-23), Taipei International Convention Center, Taipei, Taiwan	2013/10/28-11/1	国外	招待講演
	Growth of n-type Si single bulk crystals by the Noncontact Crucible method	K. Nakajima, R. Murai and K. Morishita	The 7th International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSCC-7), Kyushu-University, Fukuoka, Japan	2013/10/22-25	国内	招待講演
	Growth of high-quality Si multicrystalline ingots and single bulk crystals for solar cells using Dendritic Casting method and Noncontact Crucible method	K. Nakajima	German-Japanese workshop on Polycrystalline growth of Si - new insights from experiment and modeling, Karlsruhe, Germany	2013/9/1	国外	招待講演
	Growth of N-type Si Large Single Bulk Crystals for Solar Cells Using Small Crucibles with a Given Diameter by the Noncontact Crucible Method	K. Nakajima, R. Murai and K. Morishita	The 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (28th EU PVSEC), Parc des Expositions Paris Nord Villepinte, Paris, France	2013/9/30-10/4	国外	ポスター発表
	Growth of low oxygen content Si ingots by the noncontact crucible method using Si ₃ N ₄ coating crucibles	R. Murai, K. Nakajima and K. Morishita	The 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (28th EU PVSEC), Parc des Expositions Paris Nord Villepinte, Paris, France	2013/9/30-10/4	国外	ポスター発表
	Noncontact crucible methodを用いた正方形のSiインゴット単結晶の成長	中嶋一雄、村井良多、森下浩平	第74回応用物理学学術講演会(秋季)、同志社大学、京都	2013/9/16-20	国内	口頭発表
	Noncontact crucible methodを用いたSiインゴット結晶の成長	村井良多、中嶋一雄、森下浩平	第74回応用物理学学術講演会(秋季)、同志社大学、京都	2013/9/16-20	国内	口頭発表
	Orientation analysis of multicrystalline silicon ingots for solar cells grown by noncontact crucible method	K. Morishita, K. Nakajima and R. Murai	The 17th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-17), Warsaw, Poland.	2013/8/11-16	国外	口頭発表
	Growth of Si Large Single Bulk Crystals for Solar Cells Using Small Crucibles with a Given Diameter by the Noncontact Crucible Method	K. Nakajima, K. Morishita and R. Murai	The 17th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-17), Warsaw, Poland.	2013/8/11-16	国外	口頭発表
	Growth of Si single bulk crystals inside Si melts by the Noncontact Crucible method using silica crucibles without coating Si ₃ N ₄ particles	K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita and K. Kutsukake	The 39th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (39th PVSC), Tampa, Florida, USA.	2013/6/16-21	国外	口頭発表
	Team1 -High-quality Si ingots based on the Noncontact Crucible method	K. Nakajima, R. Murai and K. Morishita	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2013/6/10	国内	口頭発表

[†]平成26年12月31日までに発表、掲載、または出願した案件

平成25年度	Growth of Si Multi-crystal Ingots with Low Oxygen Concentrations by the Noncontact Crucible Method	R. Murai, K. Nakajima and K. Morishita	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2013/6/10	国内	ポスター発表
	Noncontact Crucible Methodにより作製したSi多結晶インゴットの結晶組織と電気的特性の評価	村井良多、中嶋一雄、森下浩平	次世代の太陽光発電システム 第175委員会、石川県立音楽堂、石川	2013/5/23-24	国内	ポスター発表
平成26年度	High speed growth of square-like Si single bulk crystals with a size of 23 x 23 cm ² for solar cells using the noncontact crucible method	K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita, D. M. Powell, M. Kivambe, T. Buonassisi	The 40th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (40th PVSC)	2014/6/8-13	国外	口頭発表
	1.8 Millisecond Effective Lifetime in n-type Silicon Grown by the Noncontact Crucible Method	Maulid Kivambe, Douglas Powell, Mallory Ann Jensen, Ashley Morishige, Kazuo Nakajima, Ryota Murai, Kohei Morishita, Tonio Buonassisi	The 40th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (40th PVSC)	2014/6/8-13	国外	ポスター発表
	High-quality Si ingots based on the Noncontact Crucible method	Kazuo Nakajima, Satoshi Ono, Ryota Murai, Yuzuru Kaneko	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	Study on dislocation distributions in a Si ingot grown by noncontact crucible method	Ryota Murai, Kazuo Nakajima, Satoshi Ono, Yuzuru Kaneko	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	Effects of the convex growing interface of Si single bulk crystals on the quality of ingots grown by the noncontact crucible method	Kazuo Nakajima, Ryota Murai, Kohei Morishita, Maulid Kivambe, Douglas Powell, Mallory Ann Jensen, Ashley Morishige, Tonio Buonassisi	The 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (29th EUPVSEC)	2014/9/22-26	国外	ポスター発表
	Crystal growth technologies for Si solar cells on the view point of dislocations	K. Nakajima	JAソーラー設立20周年記念セミナー	2014/10/14	国内	招待講演
	"Effects of the convex growing interface of Si single bulk crystals on the quality of ingots grown by the noncontact crucible method "	Kazuo Nakajima, Ryota Murai, Kohei Morishita, Maulid Kivambe ¹ , Douglas Powell ¹ , Mallory Ann Jensen ¹ , Ashley Morishige ¹ , Tonio Buonassisi ¹	AIST-NREL Joint Workshop on Photovoltaics	2014/11/21	国内	ポスター発表
	Crystallographic and electronic quality of Si single crystals grown by the noncontact crucible method	K. Nakajima, R. Murai, S. Ono, K. Morishita, D. M. Powell ¹ , M. Kivambe ¹ , T. Buonassisi ¹	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表
	Crystal growth technologies for Si solar cells on the view point of dislocations	K. Nakajima	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	招待講演

●学会誌・雑誌等における論文掲載

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別
平成25年度	Growth of square Si single bulk crystals with large side-face widths using noncontact crucible method	K. Nakajima, R. Murai and K. Morishita	Japanese Journal of Applied Physics, Vol.53, 025501 (8 pages).	2014	国内
	Formation process of Si ₃ N ₄ particles on the surface of Si ingots grown using silica crucibles with Si ₃ N ₄ coating using a noncontact crucible method	K. Nakajima, K. Morishita, R. Murai and N. Usami	Journal of Crystal Growth, Vol. 389, 112-119	2014	国外
	Growth of Si single bulk crystals with low oxygen concentrations by the noncontact crucible method using silica crucibles without Si ₃ N ₄ coating	K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita and K. Kutsukake	Journal of Crystal Growth, Vol. 372, 121-128	2013	国外
平成26年度	High speed growth of Si single bulk crystals by expanding the low-temperature region in Si melts using the noncontact crucible method	Kazuo Nakajima, Kohei Morishita, Ryota Murai	Journal of Crystal Growth, 405 (2014) 44-51	2014/8/1	国外
	Minority-carrier lifetime and defect content of n-type silicon grown by the noncontact crucible method	Maulid Kivambe, Douglas Powell, Sergio Castellanos, Mallory Ann Jensen, Ashley Morishige, Kazuo Nakajima, Ryota Murai, Kohei Morishita, Tonio Buonassisi	Journal of Crystal Growth, 407 (2014) 31-36	2014/8/29	国外
	Shape and quality of Si single bulk crystals grown inside Si melts using the noncontact crucible method	Kazuo Nakajima, Ryota Murai, Satoshi Ono, Kohei Morishita, Maulid Kivambe, Douglas M. Powell, Tonio Buonassisi	Japanese Journal of Applied Physics, 54 (2015) 015504	2014/12/18	国内

<グループ2-1>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成24年度	太陽電池応用を目指したアモルファスナノワイヤーの固相結晶化(28p-A4-7)	石川亮輔、山崎竜也、宮島晋介、小長井誠	第60回応用物理学会春季学術講演会	2013/3/28	国内	口頭発表
平成25年度	2次元デバイスシミュレータを用いたシリコンナノワイヤ太陽電池の解析(ポスター)	加藤 慎也、黒川 康良、宮島 晋介、山田 明、小長井 誠	第10回次世代太陽電池システムシンポジウム	2013/5/1	国内	ポスター発表
	a-Si薄膜を用いたシリコンナノワイヤの作製(ポスター)	山崎 竜也、石川 亮佑、宮島 晋介、小長井 誠	第10回次世代太陽電池システムシンポジウム	2013/5/1	国内	ポスター発表
	Team 2 -Fabrication Processes for Silicon Nanowire and Characterization	S. Miyajima	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells, MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" Project, TokyoTech Front (TTF), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/1	国内	口頭発表
	Solid Phase Crystallization of Amorphous Silicon Nanowires	R. Ishikawa, S. Kato, S. Miyajima and M. Konagai	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells, MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" Project, TokyoTech Front (TTF), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/1	国内	ポスター発表
	Solid-phase Crystallization of a-SiNWs Array for Solar Cells Applications(口頭)	R.Ishikawa, S. Kato, T. Yamazaki, S. Miyajima and M. Konagai	EM-NANO 2013	2013/6/1	国内	口頭発表
	太陽電池応用に向けたシリコンナノワイヤ太陽電池構造の光学特性評価(口頭)	森田 尊彦、加藤 慎也、宮島 晋介、小長井 誠	第74回応用物理学会秋季学術講演会	2013/9/1	国内	口頭発表
	Optical Characteristics of Silicon Nanowire Structures(ポスター)	T. Morita, S.Kato, S. Miyajima and M. Konagai	PVSEC-23	2013/11/1	国外	ポスター発表
	Investigation of silicon nanowire solar cells by using two-dimensional device simulation (ポスター)	S. Kato, Y. Kurokawa, S. Miyajima, A. Yamada and M. Konagai	PVSEC-23	2013/11/1	国外	ポスター発表
	シリコン系ナノワイヤー太陽電池の現状と課題 (招待講演)	宮島 晋介	第5回薄膜太陽電池セミナー2013	2013/11/1	国内	招待講演
	Characterization of poly-Si nanowire by photoacoustic spectroscopy(口頭)	H. Miyazaki, J. Morimoto, R. Ishikawa, S. Kato, T. Yamazaki, S. Miyajima and M. Konagai	USE2013	2013/11/1	国内	口頭発表
	グラフェン透明電極を有する薄膜シリコン太陽電池 (口頭)	石川 亮佑、宮島 晋介、小長井 誠	第61回応用物理学会春季学術講演会	2014/3/1	国内	口頭発表
	多結晶シリコンナノワイヤーのキャリアライフタイム評価 (口頭)	加藤 慎也、山崎 竜也、宮島 晋介、小長井 誠	第61回応用物理学会春季学術講演会	2014/3/1	国内	口頭発表
平成26年度	Preparation of SiNW via poly silicon film fabricated by solid phase crystallization	Shinya Kato, Shinsuke Miyajima, Yasuyoshi Kurokawa, Tatsuya Yamazaki, Makoto Konagai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	シリコンナノワイヤ太陽電池の現状	Shinsuke Miyajima	The 6th IEEE International Nanoelectronics Conference, IEEE INEC 2014	2014/7/28-31	国内	招待講演
	Effect of Tapered Shape on Performance of Silicon Nanowire Solar Cells	Yasuyoshi Kurokawa, Shinya Kato, Makoto Konagai	SPIE NanoScience + Engineering	2014/8/16-21	国外	口頭発表
	Influence of substrate and film deposition technique on formation of polycrystalline silicon nanowire films	Shinya Kato, Tatsuya Yamazaki, Shinsuke Miyajima, Makoto Konagai	SPIE NanoScience + Engineering	2014/8/16-21	国外	口頭発表
	Properties of Si/SiO ₂ Superlattice Nanodisc Array Prepared by Nanosphere lithography	Takaya Higa, Ryouyusuke Ishikawa, Shinsuke Miyajima, Makoto Konagai	SPIE NanoScience + Engineering	2014/8/16-21	国外	口頭発表
	Minority carrier lifetime of thin polycrystalline silicon nanowires film on polycrystalline silicon layer prepared by aluminium-induced crystallization	Tatsuya Yamazaki, Shinya Kato, Shinsuke Miyajima, Makoto Konagai	SPIE NanoScience + Engineering	2014/8/16-21	国外	口頭発表
	Graphene Transparent Electrode for Thin-Film Solar Cells	R. Ishikawa, Y. Kurokawa, S. Miyajima and M. Konagai	The 19th International Conference on Ternary and Multinary Compounds	2014/9/1-5	国外	ポスター発表
	凝集したシリコンナノワイヤーの光学解析	加藤 慎也、森田 尊彦、山崎 竜也、宮島 晋介、小長井 誠	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表
	Si/SiO ₂ 超格子太陽電池における Si 層膜厚の影響	山田 繁、石川亮佑、比嘉隆也、小長井誠、宮島晋介	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表
	多結晶シリコンナノワイヤーの水素化処理およびキャリアライフタイム評価	山崎竜也、加藤慎也、宮島晋介、小長井誠	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表

平成26年度	Graphene Transparent Electrode with Low Contact Barrier in Silicon Thin-Film Solar Cells	R. Ishikawa, Y. Kurokawa, S. Miyajima and M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion	2014/11/23-27	国内	ポスター発表
	Device Simulations of Si/SiO ₂ Superlattice Solar Cells Using Bohm Quantum Potential Method	S. Yamada, R. Ishikawa, T. Higa, M. Konagai and S. Miyajima	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表
	Characterization of poly-Si nanowire array embedded in ALD-Al ₂ O ₃ by photoacoustic spectroscopy	Hisashi Miyazaki, Jun Morimoto, Shinya Kato, Tatsuya Yamazaki, and Shinsuke Miyajima	The 35th Symposium on UltraSonic Electronics (USE2014)	2014/12/3-5	国内	口頭発表
	Graphene Transparent Electrode for Thin-Film Solar Cells	石川亮佑, 黒川康良, 宮島晋介, 小長井誠	多元系化合物・太陽電池研究会 年 末講演会	2014/11/28	国内	ポスター発表

●学会誌・雑誌等における論文掲載

	掲載した論文(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会誌・雑誌等名)	発表した時期	国内・外の別
平成25年度	Solid-Phase Crystallization of Amorphous Silicon Nanowire Array and Optical Properties	R. Ishikawa, S. Kato, T. Yamazaki, S. Miyajima and M. Konagai	Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014)	2014/1/1	国内
平成26年度	福島における高効率太陽電池実現に向けたシリコンナノワイヤー作製技術の研究開発	宮島晋介	日本結晶成長学会誌 41(2) (2014) 57-65	2014/7	国内

●知的財産

	発明の名称	発明者氏名	出願番号	出願日
平成25年度	引き剥がしによる自立型薄膜太陽電池構造及びその製造方法	石川亮佑, 宮島晋介, 小長井誠	特願2014-055402	2014/3/18

<グループ2-2>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成24年度	低融点金属を用いたシリコンナノワイヤーの作成と評価	福永 圭吾, 畑山 智亮, 矢野 裕司, 岡本 尚文, 谷 あゆみ, 冬木 隆	第60回応用物理学会春季学術講演、神奈川工科大学	2013/3/29	国内	ポスター発表
平成25年度	「インジウムを介したVapor-Liquid-Solid機構によるシリコンナノワイヤーの形成と評価」	福永圭吾, 畑山智亮, 矢野裕司, 岡本尚文, 谷あゆみ, 石河泰明, 冬木隆	第10回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム, 金沢市	2013/5/23	国内	ポスター発表
	Silicon Nanowire Growth by Vapor Liquid Solid Mode Using Indium Dots	K. Fukunaga, T. Hatayama, H. Yano, A. Tani, Y. Ishikawa, H. Okamoto, and T. Fuyuki	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells, MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" Project, TokyoTech Front (TTF), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/10	国内	ポスター発表
平成26年度	インジウムドロップレットを用いた単結晶シリコンナノワイヤーの形成と評価	喜多一平, 福永圭吾, 矢野裕司, 谷あゆみ, 石河泰明, 岡本尚文, M. Ajmal Khan, 冬木隆	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国内	ポスター発表
	In/Si界面特性とシリコンナノワイヤー形成の関係	喜多一平, 福永圭吾, 矢野裕司, 谷あゆみ, 石河泰明, 岡本尚文, M. Ajmal Khan, 冬木隆	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国内	ポスター発表
	Formation and Evaluation of Single Crystalline Silicon Nanowires Using Indium Droplets	Ippei Kita, Keigo Fukunaga, Hiroshi Yano, Ayumi Tani, Yasuaki Ishikawa, Naofumi Okamoto, M. Ajmal Khan, Takashi Fuyuki	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	Investigation of the interface layer between Indium droplets/Si-surface prior to Si-NWs growth using VLS mode and Optical simulation of the Si-NWs for solar cells application	M. Ajmal Khan, Y. Ishikawa, I. Kita, A. Tani, H. Yano, and T. Fuyuki	The 3rd Collaborative Conference on Crystal Growth (3CG)	2014/11/4-7	国外	招待講演
	Formation of Single Crystalline Silicon Nanowires Using Indium Nano-droplets	I. Kita, K. Fukunaga, H. Yano, A. Tani, Y. Ishikawa, N. Okamoto, M. Ajmal Khan and T. Fuyuki	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表

<グループ2-3>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成24年度	プロジェクト紹介・ポスター発表	渡辺 晴菜	PVJapan 2012	2012/12/1	国内	ポスター発表
	Formation of sub-10nm nanoholes by two-step anodization of aluminum on silicon substrate	V.H. Nguyen, H. Watanabe, and N. Usami	第60回応用物理学会春季学術講演会(神奈川工科大学)	2013/3/1	国内	口頭発表
平成25年度	Growth of Vertical Silicon Nanowires Array Using Self-Ordered Template Assisted Epitaxial Methodology	V. H. Nguyen, H. Watanabe, Y.Hoshi, N.Usami	次世代の太陽光発電システム第175委員会 第10回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2013/5/23-24	国内	ポスター発表
	Vertically Epitaxial Silicon Nanowire Growth	V. H. Nguyen, H. Watanabe, Y.Hoshi, N.Usami	文部科学省「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」第1回国際シンポジウム ナノワイヤー太陽電池 ～最先端の太陽電池研究で福島復興へ～	2013/6/10	国内	ポスター発表
	Growth of Vertical Silicon Nanowires Array Using Electrochemical Alternative	V. H. Nguyen, H. Watanabe, Y.Hoshi, N.Usami	The 39th IEEE Photovoltaic Specialists Conference	2013/6/16-21	国外	ポスター発表
	Pore Modulation of Anodic Aluminum Oxide on Silicon Substrate at Room Temperature as a Template for Silicon Nanowires	V. H. Nguyen, Y.Hoshi, N.Usami	The 23rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference	2013/10/28-11/1	国外	ポスター発表
	A Simple Alternative of Barrier Layer Removal of Nanoporous Alumina Template on Silicon Substrate	V. H. Nguyen, Y.Hoshi, N.Usami	第61回応用物理学会春季学術講演会	2014/3/17-20	国内	口頭発表
	Fast formation of poly-Si thin films with 200um+ grains by Aluminum-Induced Crystallization with a temperature profiling	Sergii Tutashkonko, Van Hoang Nguyen, Noritaka Usami	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国外	ポスター発表
平成26年度	Effect of Flow Rate on Selective Growth of Si Nanowires Embedded with Aluminum Oxide Template	Van Hoang Nguyen, Sergii Tutashkonko, Yusuke Hoshi, and Noritaka Usami	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国外	ポスター発表
	Fabrication of Nanowire thin-film solar cells	Sergii Tutashkonko, Van Hoang Nguyen, Noritaka Usami	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国外	ポスター発表
	Vertically Epitaxial Silicon Nanowire Growth Without Metallic Catalyst	Van Hoang Nguyen, Sergii Tutashkonko, Yusuke Hoshi and Noritaka Usami	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国外	ポスター発表
	Fast formation of poly-Si thin films with 200 μm grains by Aluminum-Induced Crystallization with a temperature profiling	Sergii Tutashkonko, Van Hoang Nguyen, Noritaka Usami	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国外	ポスター発表
	VERTICALLY EPITAXIAL SILICON NANOWIRE GROWTH WITHOUT METALLIC CATALYST	Van Hoang Nguyen, Sergii Tutashkonko, Yusuke Hoshi, and Noritaka Usami	EU PVSEC 2014	2014/9/21-26	国外	ポスター発表
	Effect of Anodization Process of Aluminum Oxide Template on Selective Growth of Silicon Nanowires	Van Hoang Nguyen, Sergii Tutashkonko, Yusuke Hoshi, and Noritaka Usami	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国外	ポスター発表
	Fast formation of poly-Si thin films with 200um grains by Aluminum-Induced Crystallization with a temperature profiling	Sergii Tutashkonko, Van Hoang Nguyen, and Noritaka Usami	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国外	ポスター発表

●学会誌・雑誌等における論文掲載

	掲載した論文(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会誌・雑誌等名)	発表した時期	国内・外の別
平成25年度	Simple approach for improving gold deposition inside nanoporous alumina template on Si substrate	V. H. Nguyen, Y.Hoshi, N.Usami	Applied Surface Science	Available on line 4 March 2014	国外

<グループ2-4>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成25年度	Interface State Density of Passivation/Nanowire Interface	K. Kakushima, H. Wakabayashi, K. Tsutsui and H. Iwai	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2013.6.10	国内	ポスター発表
	チャージポンピング法を用いた三次元Si構造の界面準位密度測定	石川昂他	第74回応用物理学会秋季学術講演会	2013.9.18	国内	口頭発表
	チャージポンピング法を用いた立体Si構造の絶縁膜界面準位の位置推定	小路智也他	第74回応用物理学会秋季学術講演会	2013.9.18	国内	口頭発表
	立体Si構造における局所的な界面準位密度の抽出	小路智也他	第19回ゲートスタック研究会－材料プロセス・評価の物理－	2014.1.24	国内	口頭発表
	Silicon Nanowire Solar Cells: Surface Passivation and Interface Analysis	T. Shoji他	IEEE EDS Mini-Colloquim: WIMNACT 39	2014.2.7	国内	ポスター発表
	Effect of substrate back bias on solar cells formed on thin SOI structures	H. Hori他	IEEE EDS Mini-Colloquim: WIMNACT 39	2014.2.7	国内	ポスター発表
	微細Si構造を利用した太陽電池に適した接合プロセスの提案	伊藤勇磨他	第61回応用物理学会秋季学術講演会	2014.3.17	国内	口頭発表
	立体Si曲面における絶縁膜界面準位密度の抽出	小路智也他	第61回応用物理学会秋季学術講演会	2014.3.17	国内	口頭発表
	薄膜SOI太陽電池の発電特性への基板バイアス効果	堀隼人他	第61回応用物理学会秋季学術講演会	2014.3.17	国内	口頭発表
平成26年度	Surface States, Potential and Interface Control for Si Nanowire PV	Tomoya Shoji, Yuma Ito, Hayato Hori, Ryota Miyazawa, Takafumi Katou, Kuniyuki Kakushima, Hitoshi Wakabayashi, Kazuo Tsutsui, Yoshinori Kataoka, Hiroshi Iwai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	エネルギー障壁を制御したショットキー型Si太陽電池の発電特性	伊藤勇磨、角嶋邦之、筒井一生、若林整、片岡好則、西山彰、杉井信之、名取研二、岩井洋	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表
	紫外線照射がSiナノワイヤー太陽電池の発電特性に及ぼす影響	宮澤遼太、小路智也、角嶋邦之、片岡好則、西山彰、杉井信之、若林整、筒井一生、大橋弘通、名取研二、岩井洋	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表
	SOI太陽電池のポストアニール温度と発電特性の関係	堀隼人、小路智也、角嶋邦之、片岡好則、西山彰、杉井信之、若林整、筒井一生、大橋弘通、名取研二、岩井洋	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表

●学会誌・雑誌等における論文掲載

	掲載した論文(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会誌・雑誌等名)	発表した時期	国内・外の別
平成25年度	Characterization of interface state density of three-dimensional Si nanostructure by charge pumping measurement	C. Dou他	Microelectronics Reliability	2014/12/23	国外

<グループ2-5>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成24年度	太陽電池、燃料電池の動作原理から見えてくるナノ粒子、ナノ材料の可能性	伊原学	超臨界ナノ材料技術開発コンソーシアム 第5回研究会、千代田区	2013/2/25	国内	招待講演
	太陽電池効率向上に向けた表面マイクロ/ナノ構造と金属ナノ粒子による光マネジメント	山田開理, 南官祐, 鉢村浩徳, 伊原学	化学工学会第78年会 大阪大学豊中キャンパス	2013/3/17-19	国内	口頭発表
平成25年度	Diameter controlled Si nanowires fabricated for solar cells with minimum usage of metal catalyst	X. M. Zhang, H. Akita1, K. Yamada1, M. Ihara	化学工学会第79年会	2014/ 3	国内	口頭発表
	太陽電池への応用を目指したポーラスSiの細孔制御とCVD膜合成	山田開理, Zhang Xiaomei, (INSA de Lyon) Fave A, 伊原学	化学工学会第79年会	2014/3	国内	ポスター発表
	(展望講演)将来のエネルギーに向けた分散型エネルギーシステムとスマートグリッド(今後の高効率化を見据えた太陽電池など分散型電源のエネルギーシステムにおける役割などを講演)	伊原学	化学工学会第79年会、化学産業技術フォーラム	2014/3	国内	招待講演
	太陽電池への応用に向けたポーラスSi/金属ナノ粒子複合材料のマイクロ/ナノ構造制御	山田開理, 南官祐, (INSA de Lyon) Fave A, Zhang X, 伊原学	化学工学会第45回秋季大会	2013/9	国内	口頭発表
	Patterned Metal (Ag, Au) Nanoparticles as a Catalyst for Si Nanowire Growth	X. M. Zhang, H. Akita1, K. Yamada1, M. Ihara	日本電気化学会秋季大会	2013/ 9	国内	口頭発表
	Controlled Growth of Vertical Si Nanowires by Vapor-Liquid-Solid Mechanism	X. M. Zhang, K. Yamada1, M. Ihara	The 1st International Symposium on "Nano-Wire Si Solar Cells" on MEXT "FUTURE-PV Innovation	2013/ 6	国内	ポスター発表
	Si Nanowires/c-Si Tandem Solar Cell	Xiaomei Zhang, Anatolii Lukianov, Kairi Yamada, Manabu Ihara	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
平成26年度	Nanoparticles Seeded Single-Crystal Si Nanowires Growth	Xiaomei Zhang, Anatolii Lukianov, Kairi Yamada, Manabu Ihara	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	Nanoparticles Seeded Single-Crystal Si nanowires Growth with Diameter Control Mechanism	張 曉梅、山田 開理、秋田 大、伊原 学	化学工学会(SCEJ)第46回秋季大会	2014/9/17-19	国内	口頭発表
	Nanoparticles Seeded Single-crystal Si Nanowires Growth for Good Trapping Incident Light Within Solar Cells	Xiaomei Zhang, Kairi Yamada, Hiroshi Akita and Manabu Ihara	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表

<グループ3-1>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成24年度	Formation of International Research Centers in the Frontiers of Innovative Solar Cells	Makoto Konagai	SNEC (2012) International Photovoltaic Power Generation Conference Kerry Hotel Pudong, Shanghai, China	2012/5/16-18	国外	招待講演
	MEXT/JST Fukushima Reconstruction Program in the area of Photovoltaics - Si Nanowire Solar Cells	Makoto Konagai	Korea-Japan Top University League Workshop on Photovoltaics 2012 Seoul, Korea	2012/8/2-3	国外	招待講演
	Amorphous Silicon Oxide Passivation Layer and Its Application to Heterojunction Solar Cells	Kazuyoshi Nakada and Makoto Konagai	Korea-Japan Top University League Workshop on Photovoltaics 2012 Seoul, Korea	2012/8/2-3	国外	ポスター発表
	Application of intrinsic amorphous silicon oxide films as passivation layers for textured heterojunction solar cells	Kazuyoshi Nakada and Makoto Konagai	The 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Frankfurt	2012/9/24-28	国外	ポスター発表
	Formation of the International Research Center in the area of photovoltaic R&D	Makoto Konagai	The 2nd Sino-Japan Photovoltaic Forum Hangzhou, China	2012/11/4	国外	招待講演
	Research and Development of Next-Generation Energy System -Establishing Global Research Centers to Develop Innovative Solar Cells (Plenary)	Makoto Konagai	The First International Education Forum on Environment and Energy Science Waikoloa, Hawaii, USA	2012/12/14-18	国外	招待講演
	Application of Intrinsic Amorphous Silicon Oxide Films as Passivation Layers for Heterojunction Solar Cells	K. Nakada, S. Miyajima, M. Konagai	The First International Education Forum on Environment and Energy Science Waikoloa, Hawaii, USA	2012/12/14-18	国外	口頭発表
	MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" -Si Nanowire Solar Cells	Makoto Konagai	The 9th Workshop on the Future Direction of Photovoltaics, Tokyo	2013/3/7-8	国内	口頭発表
	ヘテロ接合Si太陽電池用i-a-SiO:Hパッシベーション膜の評価	山口裕美子, 綿引達郎, 小長井誠	第73回応用物理学会学術講演会 12a-F6-7 愛媛大学城北地区、松山大学文教キャンパス	2012/9/11-14	国内	口頭発表
	a-SiO:H薄膜によるヘテロ接合太陽電池のパッシベーション効果向上	中田和吉, 小長井誠	第9回次世代の太陽光発電システムシンポジウム 京都テルサ	2012/5/31-6/1	国内	ポスター発表
	シリコン太陽電池における革新技術開発	小長井誠	日本学術振興会 半導体界面制御技術第154委員会第6回講習会 東京大学先端知ビル武田ホール	2012/10/24	国内	招待講演
	福島復興に向けた太陽光発電の研究推進 -シリコン革新技術開発	小長井誠	日本化学会秋季事業 第2回CSJ化学フェスタ2012、東工大	2012/10/14-17	国内	招待講演
	シリコン太陽電池におけるブレイクスルー -変換効率30%への挑戦	小長井誠	次世代結晶シリコンPVコンソーシアム キックオフ・ミーティング イイノホール、東京	2012/12/11	国内	招待講演
	文部省/JST「FUTURE -PV Innovation」プログラム - 変換効率30%を目指すSi ナノワイヤー太陽電池	小長井誠	PV EXPO2013, 第6回国際太陽電池展、東京ビッグサイト	2013/3/1	国内	口頭発表
	「FUTURE-PV Innovation」福島からナノワイヤー太陽電池を世界に発信	小長井誠	再生可能エネルギーシンポジウム、産総研福島新拠点 郡山ユラックス熱海	2013/3/12	国内	招待講演
平成25年度	FUTURE-PV Innovation - Development of Super-high Efficiency Si Nano-wire Solar Cells	M. Konagai	2013 Spring Meeting of Korea Photovoltaic Society, Suwon, Korea	2013/4/29-30	国外	招待講演
	Silicon Heterojunction Solar Cells with Amorphous Silicon Oxide Passivation Layers	K. Nakada, S. Miyajima and M. Konagai	2013 Spring Meeting of Korea Photovoltaic Society, Suwon, Korea	2013/4/29-30	国外	招待講演
	"FUTURE -PV Innovation" Project	M. Konagai	Energy Politics and Research on Future Energies in Japan and Germany	2013/5/22	国内	招待講演
	Siヘテロ接合太陽電池用a-SiO:H薄膜のパッシベーション効果評価	中田和吉, 宮島晋介, 小長井誠	日本学術振興会「次世代の太陽光発電システム」第175委員会第10回シンポジウム、石川県立音楽堂、金沢	2013/5/23-24	国内	ポスター発表
	Overview of "FUTURE -PV Innovation" Project	M. Konagai	「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」第1回国際シンポジウム	2013/6/1	国内	口頭発表
	Development of fabrication process for silicon solar cells on wire-array structure	S. Hiza and M. Konagai	「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」第1回国際シンポジウム	2013/6/1	国内	ポスター発表
	Development of Amorphous Silicon Oxide Passivation Layers for Silicon Heterojunction Solar Cells	K. Nakada, S. Miyajima and M. Konagai	The 1st International Symposium Nano-Wire Si Solar Cells, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/10-11	国内	ポスター発表
	Present Status and Future Prospects of Solar Energy Materials and Solar Cells	M. Konagai	EM-NANO 2013	2013/6/17-20	国内	招待講演
	Current Status of Thin-Film Solar Cells and Future Prospects	M. Konagai	AM-FPD 13	2013/7/2-5	国内	招待講演
	Passivation Effect of Amorphous Silicon Oxide Thin Films Studied by Hydrogen Evolution	K. Nakada, S. Miyajima and M. Konagai	2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2013), Fukuoka, Japan	2013/9/24-27	国内	口頭発表

平成25年度	The effects of wafer resistivity on the SHJ solar cells revealed by 1D computer simulation	H. Zhang, S. Miyajima and M. Konagai	The 23rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-23), Taipei, Taiwan	2013/10/28-11/1	国外	ポスター発表
平成26年度	The a-SiOx:H/c-Si Heterojunction Solar Cell with high VOC of 738 mV	He Zhang, Kazuyoshi Nakada, Shinsuke Miyajima, and Makoto Konagai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	Development of Fabrication Process for Wire-Array/Silicon Tandem Solar Cells	Kazuyoshi Nakada, Yusuke Shirayanagi, Yasutoshi Yashiki, Makoto Konagai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	The Excellent Passivation Effect of a-SiOx:H for High-efficiency Silicon Heterojunction Solar Cells	He Zhang, Kazuyoshi Nakada, Shinsuke Miyajima and Makoto Konagai	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国内	ポスター発表
	ドーピングペーストをドーパ源とするワイヤー構造結晶シリコン太陽電池の作製	白柳裕介、檜座秀一、屋敷保聡、袴田朋宏、小長井誠	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表
	The a-SiOx:H/c-Si Heterojunction Solar Cell with high VOC of 738 mV	He Zhang, Kazuyoshi Nakada, Shinsuke Miyajima, Makoto Konagai	AIST-NREL Joint Workshop on Photovoltaics	2014/11/21	国内	ポスター発表
	Development of fabrication process for wire-array/silicon tandem solar cells	Y. Yashiki, Y. Shirayanagi, K. Nakada, M. Konagai	AIST-NREL Joint Workshop on Photovoltaics	2014/11/21	国内	ポスター発表
	Realization of Excellent Passivation with Wide Bandgap a-SiOx:H Thin Film for the Application to Silicon Heterojunction Solar Cells	He Zhang, Kazuyoshi Nakada, Shinsuke Miyajima and Makoto Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表
	Fabrication of Wire-structure Crystalline Silicon Solar Cells Using Doping Paste as a Doping Source	Y. Yashiki, S. Hiza, Y. Shirayanagi, T. Hakamata and M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表
	Fabrication of Rear-Emitter Heterojunction Solar Cells with a-SiOx:H Passivation Layer	K. Nakada, J. Irikawa, S. Miyajima, M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表

●学会誌・雑誌等における論文掲載

	掲載した論文(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会誌・雑誌等名)	発表した時期	国内・外の別
平成25年度	Amorphous Silicon Oxide Passivation Films for Silicon Heterojunction Solar Cells Studied by Hydrogen Evolution	K. Nakada, S. Miyajima, M. Konagai	Japanese Journal of Applied Physics 53, 04ER13	2014/3	国内

<グループ3-2>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成25年度	Si Nanowire Solar Cells	Y. Ichikawa	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells, MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" Project, TokyoTech Front (TTF), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/10	国内	口頭発表
	Concept of Nano-Wall Tandem Solar Cell -Structure and Fabrication Process-	Y. Ichikawa and H. Tomizawa	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells, MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" Project, TokyoTech Front (TTF), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/10	国内	ポスター発表
	Siナノウォールタンデムセル	富澤浩,市川幸美,宮島晋介,小長井誠	第74回応用物理学会秋季学術講演会	2013/9/16	国内	口頭発表
	ンデム太陽電池用Siナノウォールの形成技術	富澤浩,左近司裕樹,市川幸美,小長井誠	第61回応用物理学会春季学術講演会	2014/3/17	国内	口頭発表
	Plasma Processing and Solar Cell Research(Plenary Lecture)	市川幸美	The 8th Asia-Pacific International Symposium on the Basic and Applications of Plasma Technology (Dec.,2013 Hsinchu, Taiwan)	2013/12/20	国外	招待講演
平成26年度	革新的エネルギー研究開発拠点形成事業の研究概要	市川 幸美	第1回次世代シリコン太陽電池研究会	2014/5/16	国内	口頭発表
	エピタキシャル成長シリコンタンデムセル	富澤浩,市川 幸美,小長井誠	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国内	ポスター発表
	Si Nano-Wall Tandem Solar Cells	Masakazu Hirai, Shuhei Yoshida, Hiroshi Tomizawa and Yukimi Ichikawa	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	Fabrication of Nano-walls for Solar Cell Application	Yukimi Ichikawa, Hiroshi Tomizawa,	SPIE NanoScience + Engineering	2014/8/16-21	国外	口頭発表
	太陽電池用Siナノウォールの形成秘術	市川 幸美,富澤浩,加藤慎也,小長井誠	第75回応用物理学会秋季学術講演会	2014/9/17-20	国内	口頭発表
	Optical Properties of Si Nano-Walls for Solar Cell Application	S. Yoshida, M. Hirai, H. Tomizawa, Y. Ichikawa and M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表

●知的財産

	発明の名称	発明者氏名	出願番号	出願日
平成25年度	太陽電池および太陽電池の製造方法	市川幸美	特願2014-073369	2014/3/31

<グループ3-3>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成25年度	Microstructured 3D Thin Film Si Solar Cells	C. Niikura and M. Konagai	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2013/6/10	国内	ポスター発表
平成26年度	Microstructured 3D Thin Film Si Solar Cells	Chisato Niikura, Makoto Konagai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	FDTD 法によるワイヤー型 a-Si:H 太陽電池の最適形状の探索	藪野 恭平,和田 英敏, Porponth Sichanugrist, 小長井 誠	第6回薄膜太陽電池セミナー2014	2014/10/15-16	国内	口頭発表
	Microstructured 3D thin film Si-based solar cells	C. Niikura, B. Janthong, M. Konagai	AIST-NREL Joint Workshop on Photovoltaics	2014/11/21	国内	ポスター発表
	Efficient Amorphous Silicon Solar Cells on Imprinted SiOx Periodic Arrays of 3D Microstructure	C. Niikura and M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	口頭発表
	Optical Simulations of Selective Nanostructured substrates for Silicon Thin Film Solar Cells	B. Janthong, S. Kato and M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	ポスター発表

●知的財産

	発明の名称	発明者氏名	出願番号	出願日
平成25年度	薄膜太陽電池用3D微細構造パターン基板	新倉さと、小長井誠	特願2014-235865	2014/11/20

<グループ3-4>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成25年度	Optical Control of Silicon Nanowire Solar Cell with Optical Coupling Technique	M. Ichikawa, A. Feltrin, M. Yoshimi and K. Yamamoto	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells, MEXT/JST "FUTURE -PV Innovation" Project, TokyoTech Front (TTF), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan	2013/6/10	国内	ポスター発表
平成26年度	Optical Control of Silicon Nanowire Solar Cell with Optical Coupling Technique	Mitsuru Ichikawa, Li Jianyong, Teruhiko Narihara, Masashi Yoshimi, Kenji Yamamoto	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表

<グループ3-5>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成25年度	Device Design and Fabrication of Silicon Nanowire Solar Cells(ポスター)	兼松大二、矢田茂郎	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2013/6/10	国内	ポスター発表
	ワイヤ状のPN接合を備えたシリコンナノワイヤ太陽電池の発電特性評価(口頭)	兼松大二	第61回応用物理学会春季学術講演会	2014/3/18	国内	口頭発表
平成26年度	量子サイズ効果を利用したシリコンナノワイヤ太陽電池の構造に関する検討	兼松大二、矢田茂郎、寺川朗、田中誠、小長井誠	第11回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム	2014/7/3-4	国内	ポスター発表
	Design and Fabrication of SiNW Solar Cells with Axial PN Junction	Daiji Kanematsu, Shigeo Yata, Akira Terakawa, Makoto Tanaka, and Makoto Konagai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表
	The Photovoltaic Properties of Aggregate Axial-Junction Silicon Nanowire Solar Cells	D. Kanematsu, S. Yata, A. Terakawa, M. Tanaka and M. Konagai	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27	国内	口頭発表

●知的財産

	発明の名称	発明者氏名	出願番号	出願日
平成25年度	光起電力装置	兼松大二	特願2013-160338	2013/8/1

<グループ3-6>

●学会等における口頭・ポスター発表

	発表した成果(発表題目)	発表者氏名	発表した場所(学会等名)	発表した時期	国内・外の別	口頭・ポスター発表の別
平成25年度	Development of PV system technologies for Si Nanowire Solar Cells	Y. Ueda and K. Yamaguchi	The 1st International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells,	2013/6/10	国内	ポスター発表
平成26年度	Development of PV system technologies for Si Nanowire Solar Cells	Yuzuru Ueda, Katsuhiko Yamaguchi, Makoto Konagai	The 2nd International Symposium on Nano-Wire Si Solar Cells	2014/7/22-23	国内	ポスター発表

事業運営委員会 開催実績

■第1回事業運営委員会

日 時：平成24年8月7日(火) 13:00～17:00

場 所：東京工業大学(大岡山キャンパス)

蔵前会館1階 ロイヤルブルーホール

議 事：

1. 挨拶
2. 研究全体構想説明
3. 研究計画発表等
4. J S T事務概要説明
5. その他

■第2回事業運営委員会

日 時：平成25年2月2日(土) 10:00～18:00

場 所：科学技術振興機構

東京本部別館 1階ホール

議 事：

1. 挨拶
2. 研究進捗報告・来年度計画発表
3. 郡山拠点における産総研の取り組み等について
4. 研究実施上の注意点について
5. J S T事務説明
6. その他

■第3回事業運営委員会

日 時：平成25年11月9日(土) 10:00～17:15

場 所：科学技術振興機構

東京本部別館 1階ホール

議 事

1. 挨拶
2. 研究進捗報告・今後の研究計画発表
3. 郡山拠点における研究の推進について
4. FUTURE-PVにおける知財創成活動について
5. その他

■第4回事業運営委員会

日 時：平成26年2月1日(土) 9:30～19:00

場 所：郡山市労働福祉会館 2階 中ホール

議 事

1. 郡山拠点現場確認
2. 挨拶
3. 研究進捗報告・平成26年度研究計画発表
4. 郡山市の概況
5. その他

■第5回事業運営委員会

日 時：平成26年10月18日(土) 10:00～17:00

場 所：産業技術総合研究所

福島再生可能エネルギー研究所

1階FREAホール

議 事

1. 挨拶
2. 中間評価結果について
3. 研究進捗報告・今後の研究計画発表
4. その他

■第6回事業運営委員会

日 時：平成27年1月31日(土) 10:15～16:45

場 所：産業技術総合研究所

福島再生可能エネルギー研究所

1階FREAホール

議 事

1. 挨拶
2. 平成27年度研究計画の方針について
3. 研究進捗報告・平成27年度研究計画発表
4. 総合討論
5. その他

中間評価結果について

平成26年8月20日に、文部科学省研究計画・評価分科会(第51回)が開催され、革新的エネルギー研究開発拠点形成事業を含む、東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクトについての中間評価結果が決定されました。本事業では今後、本評価結果を踏まえた対応を進めていきます。

[評価結果抜粋]

(1) 課題の進捗状況

1. 革新的エネルギー技術研究開発拠点の形成

研究総括のもと、若手を含む国内外の実力ある研究者や企業が参画し、目的に応じた3つの研究開発チーム(超高品質シリコン結晶技術、ナノワイヤー形成プロセス・物性評価、ナノワイヤー太陽電池)を編成し、ナノワイヤー型太陽電池の実現に向けて、十分な研究開発体制が構築されている。

経済産業省と連携し、当初計画通り平成26年4月までに産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所内に、研究者や実験設備等を集約し、革新的太陽電池の研究開発に関する拠点を整備した。また、研究開発も順調に進捗し、基板として活用しやすくかつロスが少ない形状で、高品質なシリコン結晶成長法の開発に成功している。さらに、金属ナノ粒子の触媒作用を利用したエッチングによるナノワイヤー形成技術確立(変換効率でやや劣るものの加工が容易なナノウォールでもエッチングによる形成技術を開発)した。

このように、要素技術開発でも十分な成果を挙げている。

外部有識者も含めた事業運営委員会や国際諮問委員を設け、研究活動の自己点検の実施や助言・協力を受けており、各チーム間の協力・連携を図るマネジメント体制も構築されているが、課題間連携や進捗評価をしっかりと実施していることを対外的にも明確化することも必要である。また、復興への支援の観点から国際シンポジウムや地元の小・中学生を対象にした科学教育の実施の開催等により、事業成果の国内外への普及や次世代の人的裾野の拡大を図るとともに、研究成果の実用化に向け、地元イベントなどを通じた地域産業への積極的な普及を進めるなど、アウトリーチ活動を積極的に行っている。

(2) 各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

今後、目標達成や被災地の復興に貢献するため、事業終了後の実用化に向けた取組を強化すべきである。具体的には、経済的に競争力のある技術を創出することが必須であることから、現在までの研究開発状況を精査し、費用対効果の観点も踏まえて実現すべき目標を明確化しつつ、有望と考えられるナノワイヤー(ナノウォール)形成技術を特定し、絞り込みを行うとともに、集光等も含めた太陽光発電のシステム化による経済性の向上や量産化によるコストダウン方策等についても検討すべきである。加えて、本事業終了後の産業技術総合研究所や企業等への橋渡しの具体策について検討すべきである。

[評価結果URL]

研究計画・評価分科会(第51回)の決定事項について

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/toushin/1351724.htm

環境エネルギー科学技術に関する研究開発課題の中間・事後評価結果(PDF:263KB)

http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2014/09/26/1351725_2.pdf

※当事業が関係する箇所：

P14 中間評価票 2. 評価結果

(1)課題の進捗状況

1. 革新的エネルギー技術研究開発拠点の形成

(2)各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

1. 革新的エネルギー技術研究開発拠点の形成

(3)その他

展示会への出展等

(1) 第3回 ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェア2014 (REIFふくしま2014)

- ・主 催：福島県、公益財団法人福島県産業振興センター
- ・開催日：2014年12月3日(水)、4日(木)
- ・会 場：ビッグパレットふくしま〔福島県郡山市南二丁目52番地〕
- ・概 要：FREA“再エネ”セミナーにおける小長井研究総括による講演
JSTブースにおける当事業のパネル展示
※第1回(2012年)、第2回(2013年)にも出展。

(2) 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)

- ・主 催：WCPEC-6組織委員会
- ・開催日：2014年11月23日(日)～27日(木)
- ・会 場：京都国際会議場〔京都市左京区宝ヶ池〕
- ・概 要：研究成果について13件の口頭・ポスター発表
展示会JSTブースにおける当事業のパネル展示

(3) 福島再生可能エネルギー研究所開所記念国際シンポジウムー福島の地に新しい産業集積をー

- ・主 催：独立行政法人産業技術総合研究所
- ・開催日：2014年4月20日(日)
- ・会 場：郡山ビューホテルアネックス〔福島県郡山市中町10番10〕
- ・概 要：JST理事長講演、当事業のパネル展示

(4) 産総研オープンラボ2013

- ・主 催：独立行政法人産業技術総合研究所
- ・開催日：2013年10月30日(木)、11月1日(金)
- ・会 場：産業技術総合研究所つくばセンター〔茨城県つくば市東1-1-1〕
- ・概 要：特別講演会における小長井研究総括による講演
福島再生可能エネルギー研究所展示コーナーにおける当事業のパネル展示

(5) 産総研福島新拠点 再生可能エネルギーシンポジウム

- ・主 催：独立行政法人産業技術総合研究所
- ・開催日：2013年3月12日(火)
- ・会 場：郡山ユラックス熱海コンベンションホール〔福島県郡山市熱海町熱海2丁目148-2〕
- ・概 要：小長井研究総括による基調講演
当事業のパネル展示

(6) その他 パネル展示

- ・JST復興促進プログラム 特別企画シンポジウム『未来を創る 東北の力』ー科学技術の英知・絆の成果ー
2014年4月27日(日)〔仙台〕、7月31日(木)〔盛岡〕
- ・第10回再生可能エネルギー世界展示会 2014年7月30日(水)～8月1日(木)〔東京・江東〕

監 修 / 革新的エネルギー研究開発拠点形成事業 (FUTURE-PV Innovation)

研究総括 小長井 誠

発 行 / 科学技術振興機構 (JST)

環境エネルギー研究開発推進部 再生可能エネルギー研究担当

〒963-0298 福島県郡山市待池台2-2-9

福島再生可能エネルギー研究所内 本館4階JST事務所

電話：024-963-0837

URL：<http://www.jst.go.jp/renewable/index.html>

