



大阪大学  
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

## Press Release

研究成果



記者発表あり



本内容の報道は会見終了後まで  
お控え頂きますようお願い申し上げます

平成29年7月7日



# 産業科学研究所 定例記者会見 (第49回) および報道関係者との懇談会開催のご案内 7月18日(火) 大阪大学中之島センター(2F 講義室 201)にて実施

## ❖ 概要および発表内容

大阪大学産業科学研究所(産研)では、毎月の定例記者会見を実施しています。産研は文字どおり「産業に生かす科学」を目的として、「材料」「情報」「生体」および「ナノテクノロジー」の領域において基礎から応用に至る広い分野で研究・教育を推進し、産学連携への貢献を目指しています。記者会見では、最新の研究動向、成果、今後の発展等について、分かりやすく情報を発信します。第49回の定例会見を以下のとおり実施しますので、ご参加ください。

また、**定例記者会見終了後、報道関係者との懇談会を開催しますので、併せてご参加ください。**

【開催日時】 7月18日(火) 16時00分から

【開催場所】 大阪大学中之島センター2F 講義室201 ※前回と場所・開始時間が異なります。



田中 秀和  
たなか ひでかず

大阪大学 産業科学研究所  
ナノ機能材料デバイス研究分野  
教授

## 【発表1】新機能デバイスへの応用に期待

### -酸化物セラミックスの3次元的立体構造作製に成功-

#### 【成果のポイント】

- ◆ 機能性酸化物セラミックスにおいて、単結晶三次元立体マイクロ・ナノ構造の作製に成功し、超省電力スイッチング、新型高周波アクチュエータの開発に成功
- ◆ 酸化物セラミックスは、硬く脆いため超微細加工が困難であったが、高品質単結晶薄膜成長の実現、新規エッチング技術の開発により、超微細加工を実現
- ◆ 高性能温度・赤外線センサ、超省電力スイッチングデバイス、新型アクチュエータなど新規エレクトロニクスへの応用に期待

#### 【概要】

大阪大学産業科学研究所の田中秀和教授、神吉輝夫准教授とイタリア・ジェノバ大学の研究グループは、金属-絶縁体相転移<sup>※1</sup>に伴う巨大な抵抗変化を示す**機能性酸化物セラミックス<sup>※2</sup>**において、**新たな3次元造形の開発により、単結晶酸化物フリースタANDING ナノワイヤ<sup>※3</sup>の作製に成功しました(図1)**。これにより、**従来の100分の1の消費電力で3桁の電気抵抗スイッチングや、新しい原理に基づく高周波アクチュエータ<sup>※4</sup>の実現に世界で初めて成功しました。**

今回、田中教授らの研究グループは、酸化マグネシウム基板上に、高品質酸化バナジウム単結晶を成長させる技術を開発し、MgO基板をエッチングにより取り除く技術の開発により、単結晶酸化物フリースタANDING ナノワイヤを実現したものです。これにより、**高感度センサ、強磁性や超伝導など多様な機能を示す酸化物セラミックスを利用した新機能NEMS(ナノ電気機械結合システム)デバイス<sup>※5</sup>など各種の新規デバイスの創製が期待されます。**

本研究成果は、日本科学誌「Appl. Phys. Exp. 10 (2017) 033201 (Published 22 February 2017)」に掲載されました。また、ドイツ科学誌「Advanced Materials」に掲載されます。(2017年7月予定)

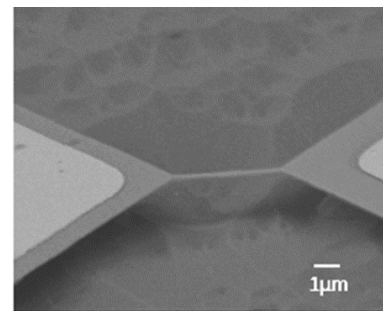


図1  
単結晶酸化バナジウムの自立(フリースタANDING)ナノワイヤの走査型電子顕微鏡像



### 【研究の背景】

これまで、機能性酸化物は、巨大な電気抵抗変化を伴う金属-絶縁体転移現象や、強磁性、超伝導など多彩な機能を示し、薄膜デバイスの研究が世界中で活発に行われています。しかし、3次元的な立体構造を作製することは、酸化物ならではの硬さ、脆さにより非常に困難でした。

田中教授らの研究グループでは、酸化マグネシウム(MgO)基板上に、高品質酸化バナジウム単結晶を成長させる技術を開発し、MgO 基板をエッチングにより取り除く技術の開発により、単結晶酸化バナジウムフリースタンディングナノワイヤを実現しました。

これにより、従来の100分の1の消費電力で3桁の電気抵抗スイッチングを実現、また、新しい原理に基づく高周波アクチュエータの作製に成功しました。

### 【本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)】

本研究成果により、フリースタンディング構造による高度な熱管理による高性能温度・赤外線センサ、超省電力スイッチングデバイスや、MEMS/NEMS(マイクロ/ナノ電気機械結合システム)による新型アクチュエータなどへの応用展開が期待されます。

### 【特記事項】

本研究成果は、2017年2月22日(日本時間)に日本科学誌Appl. Phys. Exp. 10 (2017) 033201 (1-4) (Published 22 February 2017) (オンライン)に【タイトル: "Joule-heat-driven high-efficiency electronic-phase switching in freestanding VO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> nanowires" 著者名: Y. Higuchi, T. Kanki and H. Tanaka】として掲載されました。また、ドイツ科学誌「Advanced Materials」(オンライン)に、【タイトル: "Selective High-Frequency Mechanical Actuation Driven by the VO<sub>2</sub> Electronic Instability" 著者名: N. Manca, L. Pellegrino, T. Kanki, W. J. Venstra, G. Mattoni, Y. Higuchi, H. Tanaka, A.D. Caviglia, and D. Marre】として2017年7月掲載予定です。なお、本研究はJenova大学物理学科 Daniele Marre教授グループの協力を得て行われました。

### 【用語解説】

#### ※1 金属-絶縁体相転移

ある温度において、電気抵抗の高い絶縁体状態から、電気抵抗の低い金属状態へ急激に変化をする現象。酸化バナジウムなどにおいては、その変化率は1000%から10000%にも及び、スイッチングデバイス、メモリ、センサへの応用が期待されている。

#### ※2 機能性酸化物セラミックス

金属イオンと酸素イオンからなる物質群で、金属伝導、半導体性に加え、シリコンデバイスには無い、高温超伝導、強磁性、強誘電性などの非常に多彩で巨大な物性を示すセラミックス。

#### ※3 フリースタンディングナノワイヤ

基板から浮き上がって離れて自立できる構造。空中に浮き化がっていることにより、通常の薄膜デバイスと異なり、機械的振動や熱移動のコントロールが実現できる。

#### ※4 アクチュエータ

入力されたエネルギーを物理的な運動へと変換する機構またはデバイス。アクチュエータはモーター、家電、人工筋肉の研究などに広く用いられている。

#### ※5 MEMS/NEMS(マイクロ/ナノ電気機械結合システム)

Micro(Nano) Electro Mechanical Systemsの略で、半導体製造技術やレーザー加工技術等、各種の微細加工技術を応用し、微小な電気要素と機械要素を一つの基板上に組み込んだセンサ、アクチュエータ等のデバイス/システムのことを指す。

### 【研究者のコメント】

シリコンを利用したMEMSデバイスはその作製法が確立され、産業展開が期待されています。機能性酸化物セラミックスは非常に硬く難加工性ですが、シリコンに無い巨大物性(金属・絶縁体転移、高温超伝導、強磁性)を多く有するため、この材料でMEMSデバイス、さらに小さいNEMSデバイスが実現できれば、新規エレクトロニクスが展開でき、その波及効果は非常に大きいと期待しています。



大阪大学  
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

Press Release



小林 光

こばやし ひかる

大阪大学 産業科学研究所  
半導体材料・プロセス研究分野  
教授

【発表2】単純構造のシリコン太陽電池で変換効率20%達成  
-発電コスト低減に大きく寄与-

【成果のポイント】

- ◆ 反射防止膜を使用しない単純構造の結晶シリコン太陽電池で、変換効率20%を達成
- ◆ 10秒～30秒の短時間の簡単な溶液処理で、3%以下の極低反射率を実現（従来技術では20分程度の処理で反射率10%以上）
- ◆ 単純構造の太陽電池による低コスト化と高効率化によって、太陽電池で最も重要な発電コストの低減に大きく寄与

【概要】

大阪大学産業科学研究所の小林光教授と今村健太郎助教らの研究グループは、**10秒～30秒の簡単な溶液処理によって、3%以下の反射率<sup>\*1</sup>のシリコンウェーハを形成する方法（図1参照）を開発しました。この技術を結晶シリコン太陽電池に用いて、反射防止膜を形成しない極単純な構造の太陽電池で、20%の変換効率を達成しました。**

従来技術では、シリコン表面にピラミッド構造<sup>\*2</sup>を形成することで低反射にしていたが（図2左図参照）、低反射処理に約20分を要し、そのうえ反射率は10%以上とあまり低くすることはできませんでした。その結果、プラズマCVD法<sup>\*3</sup>等の高価な方法を用いて反射防止膜を形成する必要がありました。

今回開発した技術により、太陽電池の製造コスト低減が期待されます。

開発した技術では、シリコンウェーハを過酸化水素水（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）とフッ化水素酸水溶液（HF）の混合溶液に浸し、白金触媒体に10～30秒接触させるだけで、瞬時に表面

にシリコンナノクリスタル層<sup>\*4</sup>が形成され、極低反射化します。どの方向から入射する光もほとんど反射しませんので（図2右図参照）、反射防止膜を形成する必要がありません。一方、シリコンナノクリスタル層は莫大な表面積を持ちますので、効果的な表面パッシベーション<sup>\*5</sup>処理を行わなければ、光生成した電子とホールが表面で再結合して消滅し、変換効率が低下します。**再結合を防止するために、リン珪酸ガラス法（PSG法）という新規の方法を開発しました（図3）。PSG法を用いない場合の太陽電池の変換効率は約15%でしたが、これを用いることによって20%にまで向上しました。**

本研究成果の一部は、学術誌「Solar RRL」2017年7月号に掲載されます。

処理前

15秒処理後



図1 開発した溶液処理（化学的転写法）による多結晶シリコンウェーハの極低反射化

【従来技術】

【今回開発した技術】

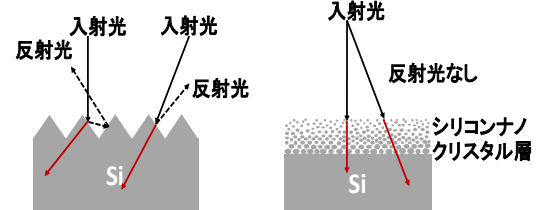


図2 従来技術と今回開発した技術の反射防止メカニズムの違い

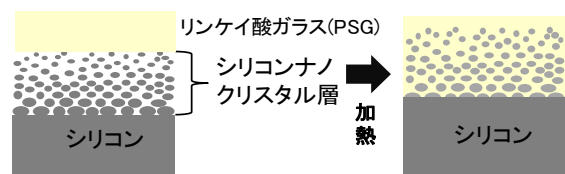


図3 シリコンナノクリスタル層での電子とホールの再結合を防止するために開発した技術



### 【研究の背景・詳細】

太陽電池で最も重要なことは単なる高効率化ではなく、発電コストを低減できる技術の開発です。複雑な構造や高価な方法を用いて太陽電池の高効率化を行っても、かえって発電コストが増加してしまいます。したがって、**単純構造の太陽電池を単純プロセスで製造する技術を開発することが、発電コストの低減に最も有効と考えられます。**

シリコンの反射率は、平坦面では30～55%と高く、反射防止が太陽電池の高効率化には必須です。単結晶シリコンでは、KOHやNaOH等の強アルカリ性水溶液で20分程度エッチングすることによって、ピラミッド構造を形成して反射率を低減させることが一般的です。しかし、ピラミッド構造の形成後も反射率は10%以上あり(図4a)、反射防止膜を形成する必要がありました。反射防止膜の形成は、プラズマCVD法等の高価でスループットが低い装置が必要で、高コストの一因となっています。多結晶シリコンにはアルカリエッチングを利用できないため、酸エッチング(硝酸+フッ化水素酸水溶液)を用いてテクスチャー構造を形成しますが、反射率は20%以上(図4b)とあまり低くすることはできませんでした。一方、我々が開発した化学的転写(surface structure chemical transfer, SSCT)法では、単結晶シリコンでも(図4c)多結晶シリコン(図4d)でも、3%以下の極低反射率にすることができます。

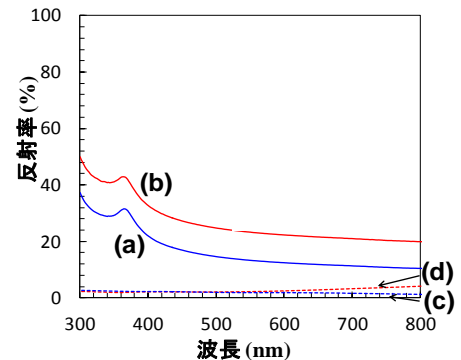


図 4 低反射処理後のシリコンウェーハの反射率:(a)アルカリエッチング後の単結晶シリコン、(b)酸エッチング後の多結晶シリコン、(c)化学的転写法後の単結晶シリコン、(d)化学的転写法後の多結晶シリコン

### 【本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)】

**結晶シリコン太陽電池は、市販太陽電池の約90%を占める最も重要な太陽電池です。本技術は、単結晶と多結晶シリコン太陽電池の両方に用いることのできる汎用性の高い技術です。**従来太陽電池の製造が困難であった安価な固定砥粒法で製造される多結晶シリコンウェーハは、従来技術では低反射構造の形成が困難で、太陽電池にはほとんど使用されていません。しかし、この安価な固定砥粒法・多結晶シリコンを、本技術では容易に極低反射率化することができ、太陽電池に用いることができます。**開発した技術を用いれば、太陽電池の製造コストを約2割低減できると期待されます。**

### 【特記事項】

本研究成果の一部は、学術誌「Solar RRL」2017年7月号に掲載されます。

タイトル: "Improvement of Conversion Efficiency of Silicon Solar Cells by Submicron-Textured Rear Reflector Obtained by Metal-Assisted Chemical Etching"

著者名: Daichi Irishika, Yuya Onitsuka, Kentaro Imamura and Hikaru Kobayashi

本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究(CREST)の一環として行われました。

### 【用語解説】

※1 反射率

固体に入射した光が反射する割合。シリコン表面で反射した光は、太陽電池での発電に寄与しない。

※2 ピラミッド構造

単結晶シリコンウェーハをKOHやNaOH等の強アルカリ性水溶液に浸すことで形成される。シリコン表面で1回反射した光は再びシリコンに入射するが、2回反射する場合はシリコンから出て行く(図2参照)。



※3 プラズマ CVD 法

プラズマ化学気相堆積法の略語。真空槽にシラン( $\text{SiH}_4$ )ガス等を導入し、そこでプラズマを起こすことによってシランを分解して基板上にシリコン等の薄膜を形成する方法

※4 シリコンナノクリスタル層

シリコンを過酸化水素( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) + フッ化水素(HF)水溶液に浸し白金触媒体に接触させることで形成される。シリコンが不均一に溶解することで形成される。表面近くでは隙間が多く、深さと共に少なくなる構造(図 3 参照)を持っており、このような構造では屈折率が深さと共に増加し、原理的に反射がほとんど起こらない。

※5 表面パッシベーション

半導体表面には、不完全な結合などの多くの欠陥が存在する。欠陥準位は、半導体のバンドギャップ内にエネルギー準位を持ち、光生成した電子とホールがここで再結合して消滅する。このような表面欠陥を消滅させることを、表面パッシベーションという。

【研究者のコメント】

太陽電池には、1)高効率、2)地球上に原料が豊富に存在、3)安価に製造可能、4)高い安定性、5)原料に毒性がなく、環境汚染の心配がないことが要求されます。これらをすべて満たす太陽電池として、結晶シリコン太陽電池が挙げられます。結晶シリコン太陽電池でも、複雑な構造を複雑なプロセスで作製すれば、高効率は達成できますが、発電コストは反って増加します。今回開発しました SSCT 法と PSG 法は非常に簡便な方法であり、セル作製コストを低減する上に高効率を達成できます。

【懇談会】産研定例記者会見 報道関係者との懇談会のご案内

平素は産業科学研究所の活動に多大なお力添えを賜り、厚く御礼申し上げます。

おかげさまで産研定例記者会見は 4 周年、49 回目を迎えます。これを記念いたしまして、定例記者会見終了後、日頃の皆様のご尽力に対するお礼と懇談の場を持ち、種々なご意見やご要望をお伺いすることにより、今後の会見の方法や内容を改善したいと考えております。

ご多忙のところ恐縮ですが、何卒、ご来臨をいただけますようお願いいたします。

日 時： 7 月 18 日(火) 定例記者会見終了後～20 時

場 所： 大阪大学中之島センター(2F) スコラ

会 費： 2,000 円