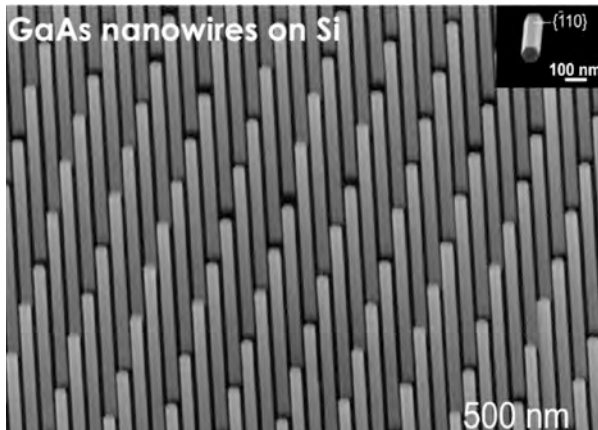


# 集積システム講座 集積電子デバイス学研究室

量子集積エレクトロニクス研究センター 量子集積一貫プロセス研究分野（協力分野）



**メンバー** 教授 福井孝志、准教授 葛西誠也  
 客員教授 今井繁規(シャープ AV 技術研究所長)  
 研究員 6名(外国人1、JST1、民間企業4)  
 学生 13名(博士2、修士7、学部4)

**研究テーマ** 半導体ナノワイヤの形成とデバイス・回路応用

**キーワード** 半導体ナノワイヤ、結晶成長、ナノデバイス  
 太陽電池、LED、トランジスタ

## 研究概要

半導体ナノワイヤは非常に細く、電子や光の運動をひとつの方向に制限し、無駄な動きを省くことができます。環境とエネルギーに配慮したグリーンエレクトロニクスに向けて、ナノワイヤを応用した高効率・低消費電力デバイスを実現する研究をすすめています。

### 半導体ナノワイヤの形成

空気の水分が雪の結晶を形作るように、半導体基板にほどこした小さな細工に従って自動的に原子が積み上がりナノワイヤ結晶を形作ります。この独自の技術を進化させ、望む構造をつくり出します。

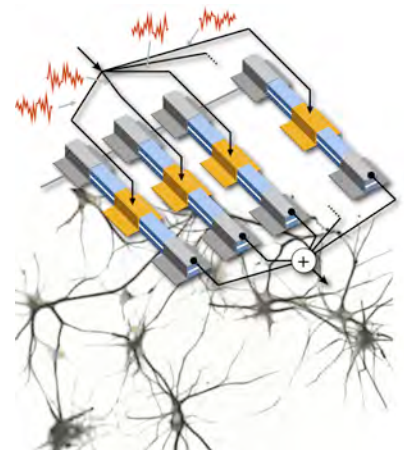
### 半導体ナノワイヤの応用

#### ・太陽電池、ナノワイヤ発光ダイオード、ナノワイヤトランジスタ

ナノワイヤの特長を活かした、超高効率太陽電池、発光ダイオード(LED)、低消費電力ナノワイヤ FET を実現する研究です。デバイス設計、プロセス開発、デバイス試作評価の研究を進めています。

#### ・新機能デバイスと回路

ナノワイヤとその接合の特異性とゆらぎを制御することで超低エネルギー動作する生体现象や機能を半導体上に引き起こし、性能と省電力を両立する新しいナノデバイスや回路をつくりだします。



## 卒論研究

量子集積エレクトロニクス研究センターのクリーンルームに設置した半導体結晶成長装置、超微細電子線描画装置など、様々な設備を駆使し世界最先端の研究開発を行います。

先端研究を通し、基本的な技術と将来のための「問題発見」、「問題解決」、「プレゼンテーション」の基礎を身につけます。

卒論テーマは上記研究テーマをもとに相談し適正に配慮して決めます（過去の卒論題目を HP に掲載しています）。配属後はまずゼミを通して半導体と関連技術の基礎を学び、徐々に卒業研究へ移行します。

新しいことに挑戦したり、未来に貢献する意欲のある皆さんを待っています。

## その他の情報はこちらで

<http://www.rciqe.hokudai.ac.jp/ied/index.html>

福井：fukui@rciqe.hokudai.ac.jp、葛西：kasai@rciqe.hokudai.ac.jp

## グリーン・ナノテクノロジー

情報エレクトロニクス専攻  
教授 福井 孝志

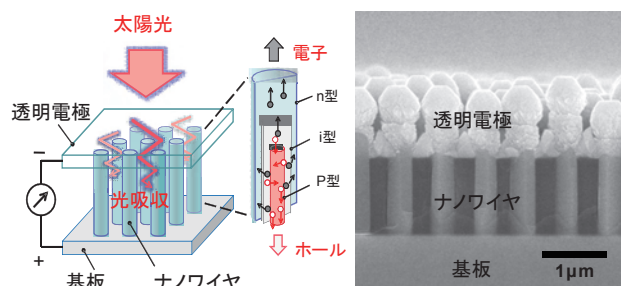
化合物半導体の先端研究分野では、1980年代から量子効果とそのデバイス応用が注目されていた。半導体量子細線・量子ドットなどである。北海道大学では、1991年に量子界面（現量子集積）エレクトロニクス研究センターが設立された。その後2000年になってから、材料科学、生命科学など、より広範囲の領域を含めた「ナノテクノロジー」が注目され、国の科学技術政策の重点領域にもなった。

一方、CO<sub>2</sub>削減問題は20世紀後半から長く議論されてきたが、21世紀になり、異常気象など地球温暖化問題が深刻化していくとともに、人々が身近な課題ととらえるようになってきた。さらに「フクシマ」以降、再生可能エネルギーに対する注目度も上昇の一途をたどっている。このような背景のもと、太陽電池などの自然エネルギーを使った発電と省エネルギー技術をセットにした、グリーンテクノロジー、グリーンイノベーションがますます重要な課題となっている。この研究に取り組むために最新のナノテクノロジーを利用する領域を、ここでは「グリーン・ナノテクノロジー」と呼ぶことにする。ともかく研究目標を明確にして、発電、省エネルギーばかりでなく、蓄電分野から人工光合成も含め、ナノの技術を生かそうとあらゆる工夫が始まっている。

概論はここまでとして、自身が最近取り組んでいる第3世代の太陽電池について、以下で簡単に紹介する。右図に、化合物半導体ナノワイヤ太陽電池の概略図とその断面の電子顕微鏡写真を示す。半導体基板に非晶質マスクをかけ周期的にホールを形成した後ワイヤ状の結晶を成長する。この時、成長条件と不純物のタイプを変えることで、pn接合をワイヤの横方向に形成することが出来る。「なぜこのような複雑な構造が出来るのか」という質問には、

「長年培ってきた技術の賜物です」と答えている。現状ではまだ、太陽エネルギー変換効率が5%程度だが、この構造は、縦方向で太陽光を吸収し、電子とホールを横方向に分けて効率的に発電する、また形状からくる特色として光反射が起こらないなど様々な利点がある。さらに、ネックになっていた基板作製工程も、基板をワイヤ部分（太陽電池）から剥離することで再利用できることが明らかとなり、コスト面でも民家の屋根にあるシリコン系太陽電池とある程度戦える状況になってきた。例えば、基板を除いた太陽電池部分だけを見ると、1Wの発電に必要な半導体量が、空間的に隙間の多い構造のため数mgで済むことになり、この点でいえば現状のシリコン太陽電池と比較して3桁も有利である。まさに究極の省資源太陽電池である。

これらナノワイヤの持つ特異な性質を前面に出して研究計画書をまとめ、今年度の科学研究費補助金（基盤研究S）に応募したら、上記の着想が決め手となり無事採択された。日頃から技術の蓄積を大切にしてきたが、それを生かすアイデアと着実な研究計画こそが重要であると、あらためて感じた。とはいえ、太陽電池は歴史の長い研究分野であり、研究開発の世代によらずエネルギー変換効率とコストの2点が重視され、簡単に新規参入出来る余地はない。プロ野球選手が大リーグに挑むように、新たな気持ちで挑戦したい。



化合物半導体ナノワイヤ太陽電池の概略図（左）と断面の電子顕微鏡写真（右）