

# ナノ材料物性探索のためのデバイスプロセス技術

## Device fabrication techniques for novel nanomaterials

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム 平成27年度「優秀技術賞・技術支援貢献賞」受賞  
実施機関担当者：渡辺 英一郎（物質・材料研究機構）

### Key Words

Nanomaterials, Nanofabrication, Nanoprocess, Nanointegration, Nanodevices

### 概要 / Overview

新たなナノ材料（例えば、カーボンナノチューブやグラフェン）が発見・作製された際、その電子物性を調べることは極めて重要である。しかし、成長技術などが確立していない初期段階では、ナノ材料を基板上の特定の位置に成長・配置させることが困難であるため、ランダムに存在するナノ材料に金属電極等でコンタクトを取る極めて高度な技術が要求される。本発表では、量子ドット等の0次元材料、ナノチューブ等の1次元材料、ナノシート等の2次元材料をはじめとする新奇ナノ材料の電子輸送特性の研究に貢献したデバイスプロセス技術について紹介する。

Electron transport properties are very important for device applications with novel nanomaterials. In the initial stage of the development, we have to make contact electrodes to the nanomaterials which are randomly dispersed on a substrate. In this poster, we introduce some nanofabrication techniques to prepare the novel devices using nanomaterials, e.g. quantum dots, nanotubes, nanowires, and nanosheets.

### 要素技術とプロセスインテグレーション

#### Key fabrication technology and process integration

- ナノ材料物性探索のためのデバイス作製には、主として3つの高度要素技術と、それら要素技術を的確に組み合わせるインテグレーション技術が必要。

#### 【要素技術】

- 基板上でランダムに存在するナノ材料の位置を特定するためのアドレスパターン作製技術
- 電子顕微鏡（SEM）・原子間力顕微鏡（AFM）等を駆使したナノ材料観察技術
- 極高精度の重ね合わせ電子線描画技術

#### 【プロセスインテグレーション】

デバイス作製のためのプロセス工程やプロセス材料選定、適切なプロセス装置選択など、技術だけではなく、ナノデバイスプロセスに関するノウハウを集約したプロセス構築技術。

### 多様な1次元材料に対応したナノプロセス

#### Nanoprocess for various 1-D nanomaterials

- あらかじめアドレスパターンを作製した基板に対して、溶液中に分散している分子ナノワイヤーを塗布し、ターゲットとなる1本の分子ナノワイヤーにのみコンタクト電極を作製した。

#### 【技術ポイント】

- アドレスパターン形状・厚みの調整
- ナノ材料分散溶液の濃度調整
- 基板上への分散密度の調整

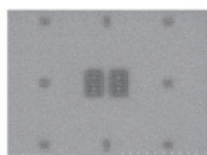


図2-1. アドレスパターンのSEM像

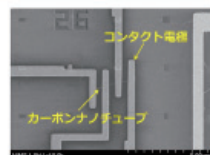


図2-2. カーボンナノチューブ素子のSEM像

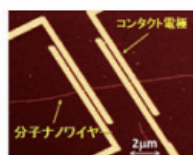


図2-3. 分子ナノワイヤー素子のAFM像

### 量子ドットへのナノギャップ電極作製

#### Nanogap electrodes to contact quantum dots

- GaAs基板上にランダム成長した無数のInAs量子ドットの中から、特定の量子ドットを選択し、それに対してナノギャップ電極を作製し、InAs量子ドットを介したSQUIDを作製した。

#### 【技術ポイント】

- 正確なアドレスパターン作製
- 原子間力顕微鏡による量子ドットの位置特定
- 超高精度な重ね合わせ電子線描画
- 斜め蒸着法によるナノギャップ電極作製

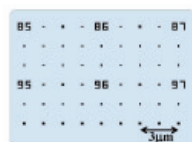


図1-1. アドレスパターンの設計図

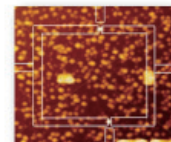


図1-2. 量子ドットとアドレスパターンのAFM像

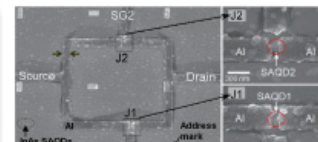


図1-3. InAs量子ドットを介したSQUIDのSEM像

### ナノシート材料への高精度極微加工

#### Nanofabrication for nanosheet devices

- 基板上にランダムに存在する2次元ナノ材料に対して、コンタクト電極を作製するだけでなく、極高精細な電子ビーム描画技術およびドライエッチング技術を駆使して1枚の2次元ナノシートを任意形状に加工し、電子輸送特性測定素子を作製した。

#### 【技術ポイント】

- ナノシートに適した電子線レジストの選定
- 歩留り向上にむけた溶液プロセスの最適化
- 任意形状加工

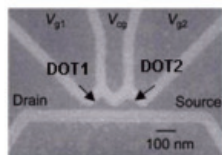


図3-1. グラフェン結合量子ドットのSEM像

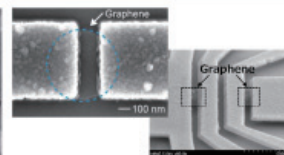


図3-2. 円盤状グラフェン（左）と電極間に架橋したグラフェン（右）素子のSEM像

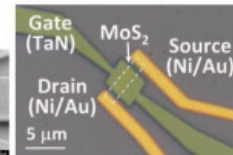


図3-3. MoS2ナノシート素子の光学顕微鏡写真

### Contact

Name : 渡辺 英一郎、津谷 大樹、小出 康夫