

「物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」  
平成16年度採択研究代表者

高柳 邦夫

(東京工業大学大学院理工学研究科 教授)

### 「0.5 Å分解能物質解析電子顕微鏡基盤技術の研究」

#### 1. 研究実施の概要

本研究では、①国産の収差補正機構付き高分解能電子顕微鏡の開発 ②セレンディプター研究、③日本独自型拠点連携研究を目的とする。まず、①では、収差補正レンズの国産技術を確立し、Li, C, N, O, Sなどの軽い元素を高分解能で解析できる分解能0.5 Å電子顕微鏡(R005)を開発する。②では、光や電子伝導などの試料応答の同時観測法などを工夫し、独創性を発揮した研究を推進させる技術基盤(ナノスペースラボ: NSL)を構築して、新たな発見を導く。③では、連携研究者から提供される材料解析を進め、開発した装置の課題解決能力を示す。将来、収差補正レンズは電子顕微鏡の標準機能として定着し、材料解析・分析ならびに物理・化学・生物・医学研究を、これまでにないスピードで進展させて行くであろう。さらに、こうした連携機構が発展していき、イギリスのSuperSTEM機構、アメリカのTEAM機構と肩を並べる、日本の物理・化学ならびに材料科学研究者の顕微鏡研究拠点中心となる機構に成長していくであろう。

本年度、実施した研究内容を以下に記す。

#### (1) 高柳研究グループ

(a) R005電子顕微鏡のグランドデザインを近藤研究グループと共同して構築した。

(b) ナノスペースラボ(NSL)構築に必要な技術要素を開発した。

(b1) 明るいTVレートCCDカメラの試作(画像記録システム: IRS)

現在開発中のR005装置を用いて、原子の動的振る舞いの観察を行うためには、高感度高解像度TVレートカメラの開発が必要不可欠である。そこで、高い量子効率を持つ光電面を利用したEB増幅-高感度CCDシステムをベースとし、TVレートの電子顕微鏡用カメラを試作し、加速電圧200kVの電子顕微鏡(既存)に取り付け、感度及びS/Nをテストした。fA/cm<sup>2</sup>程度の微弱電子線を照射すると、一電子ごとの到来を観察、記録することができ、十分な感度の実現が確認された。H17年度は、シンチレーターに工夫を加え、カメラの高解像度化を進める。

(b2) 原子鎖作製試料ホルダーの試作(マルチステージシステム: MSS)

R005装置において、軽元素の原子像観察が可能な基盤技術の確立を目指し、原子鎖を安定に作り、保持できるMCBJ法(機械的に制御された接点破断法)を電子

顕微鏡試料ホルダーに組み込み、高分解能観察が可能となる方式を検討し、ホルダーを試作した。量子化伝導を示す金属原子鎖を数十秒の間、安定に作製、保持することができた。

## (2) 近藤研究グループ

加速電圧300kV冷陰極型電界放出電子銃を搭載し、照射系、結像系の双方に独自の方式による球面収差係数制御装置（収差補正レンズ）を組み込んだ「0.5Å分解能透過電子顕微鏡・走査透過電子顕微鏡（TEM/STEM）の開発を進めている。本年度、実施した項目は下記の通りである。

- (a) 収差補正レンズを組み込む電子光学系をデザインし、基本設計を完了した。
- (b) 0.5Å分解能を安定して実現するための機械的安定性（耐震性）を確保するデザインを検討し、機械系の設計に着手した。
- (c) 0.5Å分解能を実現し、電子プローブ位置を安定制御するために必要な電氣的安定度を支える基盤技術を見直し、電気系の設計を開始した。

## 2. 研究実施体制

### 高柳研究グループ

- ① 研究分担グループ長：高柳 邦夫（東京工業大学大学院理工学研究科、教授）
- ② 研究項目：0.5Å分解能電子顕微鏡法の開発及びナノ物質解析
  - (a) R005電子顕微鏡のグランドデザイン
  - (b) ナノスペースラボ（NSL）構築に必要な技術要素の開発
    - (b1) 明るいTVレートCCDカメラの試作（画像記録システム：IRS）
    - (b2) 原子鎖作製試料ホルダーの試作（マルチステージシステム：MSS）

### 近藤研究グループ

- ① 研究分担グループ長：近藤 行人（日本電子㈱ 電子光学機器第1技術本部、グループ長）
- ② 研究項目：新世代・透過型0.5Å分解能電子顕微鏡の開発
  - (a) 収差補正レンズを組み込む電子光学系のデザイン及び設計
  - (b) 0.5Å分解能を安定して実現するための機械的安定性（耐震性）を確保するデザイン及び機械系設計
  - (c) 像分解能及び電子プローブ位置を安定制御するために必要な電氣的安定度を支える基盤技術の検討及び電気系設計