

「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

本研究は、「水素原子半径に相当する 0.5 Å分解能をもつ収差補正高分解能電子顕微鏡国産技術の開発を推進させ、アメリカ、イギリスで推進されている国家的な研究機構を凌ぐ、電子顕微鏡による物質研究の世界中心をわが国に形成させる」ことを目的としている。

今年度は、冷陰極型電界放出電子銃(CFEG)を搭載し、照射系と結像系の双方に収差補正レンズを組み込んだ「0.5 Å分解能透過電子顕微鏡・走査透過電子顕微鏡(TEM/STEM)」装置の性能について、試料観察による評価をおこなった。機械的・電氣的安定度、収差補正システムの性能、CFEG の性能評価と技術改良をおこなった。改良型 CFEG は、長時間(8 時間)一定のエミッション電流を供給でき、stand-by 電子源に一步近づいた。改良型 CFEG を用いることにより、STEM 法では、半導体ゲルマニウム試料について 47pm 離れた原子カラムの分離像が得られ、STEM 像のフーリエ変換図形にも高次の周波数情報(47pm)が現れていることが示された。TEM 法では、ヤングフリッジ像から 50pm を超える情報限界が得られていることが示された。

2. 研究実施内容(文中にある参照番号は 4.(1)に対応する)

① 研究目的

今年度は、冷陰極型電界放出電子銃(CFEG)を搭載し、照射系と結像系の双方に収差補正レンズを組み込んだ「0.5 Å分解能透過電子顕微鏡・走査透過電子顕微鏡(TEM/STEM)」装置の性能について試料観察をおこなって評価する。

② 研究実施の内容と結果、ならびに進捗状況

H20 年度に実施した本プロジェクトの実施項目は以下のとおりである。

a) R005 装置の技術評価

H19 年度に組み上げた R005 装置(照射系と結像系の双方に収差補正レンズを組み込み、冷陰極型電界放出電子銃(CFEG)を搭載した TEM/STEM 装置)の機械的安定度、電氣的安定度、CFEG の性能評価、ならびに技術改良を行った。

b) 改良型 CFEG の開発と評価した。

改良型 CFEG を搭載した TEM/STEM 装置を示す(図 1)。改良型では、電子光学系と真空系を新設計して改めている。その結果、エミッション電流は 8 時間 $4\mu\text{A}$ の一定値を保つことができ、タングステンティップのフラッシングを行った直後から試料観察が可能となった。CFEG のエネルギー幅(半値全幅)は EELS 計測では 0.32-0.34eV を得た。

c) 試料観察と分解能評価 [文献 11]

改良型 CFEG を搭載した R005 装置によって試料観察と分解能評価を遂行した。

3. 研究実施体制

(1)「高柳邦夫」グループ

①研究分担グループ長:高柳 邦夫(東京工業大学、教授)

②研究項目

(a)0.05nm分解能をもつ 300kV 電子顕微鏡の開発、(b)ナノ物質構造と組成を原子レベルで観察する手法の開発、(c)“その場観察”ナノスペースラボ(NSL)の構築、(d)原子・分子レベルの先端的機能物質研究のうち、H20 年度、東工大は (d)を主務担当した。

(2)「近藤行人」グループ

①研究分担グループ長:近藤 行人(日本電子(株)、グループ長)

②研究項目

(a)0.05nm分解能をもつ 300kV 電子顕微鏡の開発、(b)ナノ物質構造と開発、(c)“その場観察”ナノスペースラボ(NSL)の構築、(d)原子・分子レベルの先端的機能物質の研究、のうち(a)を主務担当する。今年度も引き続き、以下のテーマ(a)の 5 つのサブテーマを実施する。
(a1)照射系球面収差補正レンズの評価、(a2)結像系収差補正レンズの評価、(a3)H19 年度組み上げた R005 装置の機械的安定度と電氣的安定度の評価、(a4)冷陰極電界放出形電子銃の評価と改良。

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表 (原著論文)

11. H. Sawada^{2,3}, T. Sannomiya^{2,3}, F. Hosokawa^{2,3}, T. Nakamichi^{2,3}, T. Kaneyama^{2,3}, T. Tomita^{2,3}, Y. Kondo^{2,3}, T. Tanaka^{1,2}, Y. Oshima^{1,2}, Y. Tanishiro^{1,2} and K. Takayanagi^{1,2} (1 Tokyo Institute of Technology, 2 Japan Science and Technology Agency, CREST, 3 JEOL Ltd.): Measurement Method of Aberration from Ronchigram by Autocorrelation Function; Ultramicroscopy 108, 1467-1475(2008)
12. Y. Kurui¹, Y. Oshima^{1,2} and K. Takayanagi^{1,2} (1 Tokyo Institute of Technology, 2 Japan Science and Technology Agency, CREST): Integer conductance

- quantization of gold atomic sheets; Phys. Rev. B 77, 161403R (2008)
- I3. Y. Kurui¹, Y. Oshima^{1,2}, M. Okamoto³ and K. Takayanagi^{1,2} (¹ Tokyo Institute of Technology, ² Japan Science and Technology Agency, CREST, ³ Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi Ltd.): Conductance quantization and dequantization in gold nanowires due to multiple reflection at the interface; Phys. Rev. B 79, 165414 (2009)

(2) 特許出願

平成 20 年度 国内特許出願件数 : 1 件 (CREST 研究期間累積件数 : 8 件)