

3次元電子顕微鏡の研究開発

(研究期間：第 期 平成12年～13年)

研究代表者：岩木 正哉 (理化学研究所)

研究課題の概要

材料・デバイス等の高性能化あるいは新しい高機能材料、新デバイスの創出は、原子レベルの微細構造を制御することによって達成される。しかしながら従来の計測技術では内部構造の2次元的な観察しかできないことや、ナノメータ領域の元素結合状態を高精度で測定できない等の問題があり新しい装置の実現が必要とされていた。本研究は、このような要請を満たすため、固体内部構造を0.5nm以下の空間分解能で観察するとともに、元素の結合状態と元素の種類をエネルギー分解能0.5eV以下で分析する3次元電子顕微鏡を開発するものである。

(1)総 評

本研究課題は、半導体デバイスやナノ材料の構造の観察を可能とし半導体の不良解析等に有力なツールと成りうる興味深い研究である。目標設定は概ね正しくなされた上で、3次元像を得るための回転機構、位置ぶれ補正機構、画像処理等の各要素技術が確立されており、また、これらの要素技術は従来の透過電子顕微鏡や走査電子顕微鏡に搭載する可能性もあり、波及効果の高い成果であると評価できる。さらに、各要素技術を統合し、世界に先駆けて0.5nmの分解能での観察が実現しており、基盤ツールとして有用であると高く評価できる。ただし、この成果を知的基盤として広く活用するにあたっては、論文・特許等によってより多くの情報を発信すること、及び、本成果をもとに、フラウンホフやナノチューブなどが原子レベルで観察されるなどアトラクティブなデータ取得がなされること、およびユーザーへの提供が安価でなされることなどが求められ、今後の発展に期待される。〈総合評価：a〉

(2)各テーマにおける評価結果

3次元電子顕微鏡システムの確立

第 期に開発した要素技術を組み上げ、3次元電子顕微鏡システムとして高性能化・最適化・ユーザーフレンドリー化することを目的として、1)3次元電子顕微鏡の高性能・汎用技術、2)3次元電子顕微鏡の制御自動化アルゴリズム、3)3次元電子顕微鏡用試料加工技術と電子線検出装置に関する研究開発が行われた。その結果、360度観察可能な試料ステージ、視野ずれ自動補正システム、自動焦点・非点補正補正装置などの開発・高度化が行われた。これらの装置は、従来の電子顕微鏡への搭載も可能とされるものであり、波及効果の高い優れた成果と評価できる。

3次元電子顕微鏡を用いたエネルギー分析技術の確立

電子線のエネルギー分析により、試料の構成原子及びその結合状態を同定できるツールを開発することを目的として、1)エネルギー分析系の高分解能化に関する研究開発、2)エネルギー分析系におけるデータ収集・解析技術の最適化に関する研究が行われた。その結果、電子線エネルギー分析装置を製作し、300kVの電子線エネルギーに対しエネルギー分解能0.5eVという当初の目標を達成しており高く評価できる。

3次元電子顕微鏡を用いた評価技術の確立

本研究で開発した3次元電子顕微鏡の性能を評価するための標準試料を制御性よく作成する技術の開発を目指し、1)実試料の3次元観察に関する研究、2)3次元電子顕微鏡の標準試料作成技術に関する研究開発、3)3次元観察法の最適化に関する研究が行われた。その結果、白金微粒子を用いた実験では、0.5nm径以下の微粒子を立体観察できることが確認できており、当初目的を達成した優れた成果であると評価できる。また、量子ドット構造の試料において、従来不可能であった断面方向と平面方向同一試料観察に成功しており、3次元電子顕微鏡の有効性が確認されており、今後のナノスケールの立体観察に有用な標準試料作成技術・観察技術に寄与するものと評価できる。

3次元構造再構築技術の確立

3次元電子顕微鏡を用いて各角度での透過像から高精度な3次元のモデルを再構築する手法の研究及びシステムの開発が行われた。その結果、内部構造を含んだ3次元微細構造を再構築するためのモデリングソフトウェアを完成させ、酸化亜鉛や白金クラスター結晶などの観察像から物質の再構築を行うなど、透過電子顕微鏡による観察について、従来の2次元的な試料観察から、内部構造も含めた3次元観察へと進展させることができ、一定の成果であると評価できる。しかしながら、よりユニークで具体的な内部構造をもった物質の再構築がなされることが期待される。

(3)評価結果

総合評価	1.目標達成度	2.目標設定	3.研究成果			4.研究体制		5.中間評価の反映	6.固有項目	
			(1)科学的価値	(2)科学的波及効果	(3)情報発信	(1)代表者	(2)連携等		(1)成果寄与	(2)支援体制
a	a	b	b	a	b	a	a	a	b	a