

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 多価イオンプロセスによるナノデバイス創製

2. 研究代表者名: 大谷 俊介 (電気通信大学レーザー新世代研究センター 教授)

3. 研究概要

多価イオンは、物質との相互作用をする時に自身の持つ大きな内部エネルギー (例えば裸のヨウ素イオンで 200keV) を付与するため、高い反応性を示す。この反応性豊かな 1 個のイオンが誘き起こす表面ナノプロセスの実態を詳しく調べ、それを利用して新しいナノ構造形成法の可能性を探る研究を行う。元々は、原子(核)物理研究用に開発された世界に稀有な高価数多価イオン生成装置に、新たにビームラインを附設し、低速多価イオンを半導体などに照射できるようにした。そして、単一イオン入射の検知を確認するとともに、Si やグラファイト面上に、多価イオンを入射させた後に生成されるナノ構造の形状や、表面から剥離されるイオン量などが制御できることが判った。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

多価イオンをナノ加工法として応用する挑戦的テーマである。多価イオン 1 個の照射を確実に検出できることを確認したこと、固体表面で価数により変化するナノスケールの改質が生じることを確認したことは評価できる。多価イオンのスパッタリング機構の解明やそれに伴う表面元素種の高感度分析など研究は計画通りに進捗している。しかし作製されたナノ構造の組成・形状・物性評価、多価イオンを配列照射する技術については進展が遅れている。プロジェクト後半においては多価イオンプロセスによるナノ構造創製に重点をおき、デバイス関係の研究者との協力や連携も考慮にいれて研究を加速することが望まれる。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

(1) 高配向性グラファイトに種々の多価イオンを照射し、単一イオン照射により隆起したナノ構造が形成され、その直径は入射エネルギーによらず、多価イオンの価数、すなわち、イオンのポテンシャルエネルギーによることを示した。

(2) SiO₂ 薄膜、Si(111)(7x7)表面、水素終端シリコン表面上に、種々の多価イオンを照射した場合、価数が充分高いと、ナノメートル寸法の孔が形成されるとともに、H、O、Si イオンの脱離が認められることを示した。

(3) Er 多価イオン照射によるシリコンへの Er 導入について、ある程度の見通しを得た。

これらの成果は得られているものの、物性評価が不十分である上に、目的に系統性を欠いておりナノ加工プロセスとして真価や問題点が明らかにされていない。多価イオンナノプロセスの有用

性を確認する研究の加速的進展を期待する。

4 - 3 . 今後の研究に向けて

今後の研究において優先すべきは「ナノ加工法としての多価イオンプロセスの有用性と問題点」を明らかにすることである。今後は研究内容を絞り、半導体加工プロセスへの応用であれば、形成されるナノ構造の形状・組成・物性とそれらの制御可能性を明らかにするとともに、プロセス誘起欠陥の有無の評価などを通してナノ加工法としての特徴を明確にすることが必要である。また、その過程で多価イオンのエネルギー緩和過程を基礎科学的に解明し、現象を定量的に記述できるモデルの構築と実証に関する研究も望まれる。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

挑戦的なテーマであり、戦略目標の達成につながるか否か、先行きに不透明感はある。今後、多価イオンがナノデバイス創製にどのように役立つかという観点を中心に置いて、多価イオンの特徴を活かしたナノ加工法の確立に期待したい。

4 - 5 . 総合的評価

多価イオンをナノテクノロジーに応用する挑戦的テーマに取り組み、少しずつ成果を得ている。試みに作製されたナノ構造の評価や多価イオンの配列照射に向けた取り組みには遅れが見られる。単一の多価イオンの照射を確実に検出し、価数に依存して生じるナノスケールの表面改質を確認したこと、クーロン電荷による爆発的な物質の飛散現象を見つけたことは評価できる。高ビーム強度多価イオン源開発の取り組みも順調に推移している。多価イオンを用いたナノ加工プロセスそれ自体は、独創的なもので、ナノ加工としての有用性が示されれば、そのインパクトは大きい。また、その過程で、多価イオンのエネルギー緩和や表面反応過程が解明されれば、科学的なインパクトも高い。多価イオンの加工法としての応用においては適用対象を絞ることで個々の現象やナノ構造の特質を明らかにし、ユニークな加工法として真価を示すことを期待したい。