

「高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測」  
平成 14 年度採択研究代表者

市川 昌和

(東京大学大学院工学系研究科 教授)

### 「超高密度・超微細ナノドット形成とナノ物性評価技術」

#### 1. 研究実施の概要

本研究課題では、極薄Si酸化膜を利用する超高密度・超微細ナノドット形成技術を用いて、Si, SiGe, Geや鉄シリサイドからなるナノドット超格子や人工配列構造を作成する総合技術の開発を行う。また、個々のナノドットや集積体の光・電子物性を評価する技術の開発を行う。このようなナノ構造体においては、光効率の大幅な増大などの新しい物性の発現が期待できる。本研究課題の達成のために、平成14年度は以下の研究を実施した。

① ナノドット超格子形成技術の研究：Ge, Si, SiGe, 鉄シリサイドのナノドット超格子を形成するために使用する「超高真空多元物質成長装置」を製作し、仕様を満足する性能を持つことを確認した。平成15年度は、本装置を用いて種々のナノドット超格子の作成を試みる。

② ナノドット人工配列構造形成技術の研究：極薄Si酸化膜を用いてナノドットを作成する技術は開発済みであった。本年度は極薄Ge酸化膜を利用して超高密度のGeナノドットを作成することを試みた。直径が約4nmで、密度が $3 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ 程度の超高密度・超微細Geナノドットの作成が、極薄Ge酸化膜上で可能となった(図1参照)。また、これらナノドットはSTMにより操作できることを確認した。平成15年度は、これらの結果を利用してGeナノドットの人工配列構造形成を試みる。

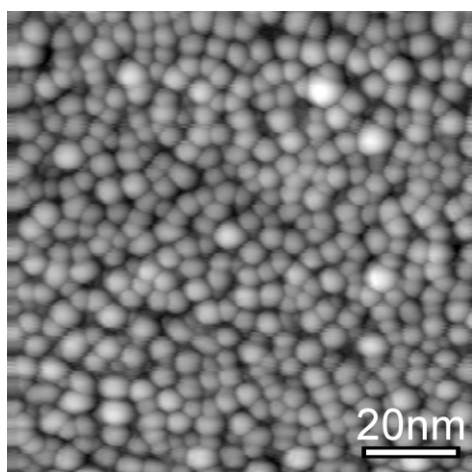


図1 極薄Ge酸化膜上に成長した超高密度・超微細GeナノドットのSTM像

③ ナノドットの光・電子物性評価技術： ナノドット中の電子準位を、STM-電場変調分光法やSTM-カソードルミネッセンス法などにより測定するために、低温STMヘッドを製作し、超高真空槽に取付けた。平成15年度は、集光・分光光学系を製作し、STM観察室に取り付ける。これにより、個々のナノドットの光吸収／発光スペクトルを測定し、ドット中の電子準位を測定する。

④ ナノドット間のキャリアー伝導特性評価技術： Geナノドットを作成するために、Ge蒸着用のクヌーセンセルを反射電子回折装置に取付け、Si基板上的Ge成長を確認し、蒸着速度を見積った。H15年度は、この結果をもとに、Si酸化条件の最適化を行いGeナノドットを作成し、マイクロ4端子プローブ法によるナノドット層の伝導度の測定を行う。

⑤ ナノドットの結晶構造と電子状態計測技術： Si基板の上に作成したGeナノドットの試料の断面透過電子顕微鏡観察を行い、ナノドット内部の原子配列と格子歪み状態を観察できることを確認した。また、収差補正の予備実験を行い、原子配列や歪み状態を顕微鏡像から直読できることが分かった。今後のナノドット計測のための準備が整った。

## 2. 研究実施体制

### 超格子形成研究グループ

- ① 研究分担グループ長：市川 昌和（東京大学大学院工学系研究科、教授）
- ② 研究項目：ナノドット超格子を形成する技術の研究

### 人工配列構造形成グループ

- ① 研究分担グループ長：市川 昌和（東京大学大学院工学系研究科、教授）
- ② 研究項目：ナノドットを人工的に配列する技術の研究

### 光・電子物性評価研究グループ

- ① 研究分担グループ長：前田 康二（東京大学大学院工学系研究科、教授）
- ② 研究項目：ナノドットの光と電子物性をナノスケールで評価する技術の研究

### 伝導特性評価研究グループ

- ① 研究分担グループ長：長谷川 修司（東京大学大学院理学系研究科、助教授）
- ② 研究項目：ナノドット間のキャリアー伝導特性をナノスケールで評価する技術の研究

### 結晶構造と電子状態計測研究グループ

- ① 研究分担グループ長：田中 信夫（名古屋大学理工科学総合センター、教授）
- ② 研究項目：ナノドットの結晶構造と電子状態を計測する技術の研究