

## 個々の IV 族半導体ナノ粒子のトンネル分光

東北大学電気通信研究所、科学技術振興事業団\* 伊藤啓司、岩見正之\*、上原洋一、潮田資勝

### Tunneling spectroscopy of individual nano-meter size particles of group IV semiconductors

Keiji Ito, Masayuki Iwami, Yoichi Uehara, and Sukekatsu Ushioda

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

\* CREST, Japan Science and Technology Corporation

ナノメートルサイズの半導体超微粒子は、その特異な光学特性から発光デバイスへの応用が期待されている。しかしながら、Si や Ge などの間接遷移型半導体の微粒子化に伴う物性の変化、特に量子閉じ込め効果による電子状態の変化については、これまでのところ明確な結論が得られていない。我々は、これまでの研究で Ge ナノ粒子のバンドギャップは近赤外域にあり(0.80~1.22 eV)、粒子サイズのマイナス 2 乗に比例することを見出した。また、このサイズ効果を量子閉じ込め効果によると結論した[1][2]。本研究では、量子サイズ効果によりバンドギャップが可視域に期待される Si ナノ粒子をほとんど孤立した状態で堆積し、個々のナノ粒子のサイズとバンドギャップの関係を走査トンネル分光法(STS)により測定した。

基板として水素終端した Si(111)表面(H-Si(111))を用いた。H-Si(111)は、n 型 Si(111)ウェハを HF および  $\text{NH}_4\text{F}$  処理して得た。この表面は STM 観察の結果から原子スケールで平坦であることが分かっている。Si ナノ粒子はレーザーアブレーション法により、基板表面に堆積させた。アブレーションは、真空度  $1 \times 10^{-8}$  Torr 以下のチェンバー内に 2 Torr の He ガスを導入し、Si ターゲットに YAG レーザー(波長 532 nm、エネルギー密度約  $1 \text{ J/cm}^2$ )を照射して行った。作製した試料は真空中を搬送し、STM チェンバーに導入した。STM/STS はすべて高真空中( $8 \times 10^{-9}$  Torr)で行った。なお、STM 観察には電解研磨法により作製した W 探針および市販の Pt-Ir 探針を用いた。

図 1 は H-Si(111)表面上に堆積した Si ナノ粒子のトポグラフィ像の一例である。測定は試料バイアス電圧 0.9V、トンネル電流 0.2 nA で行った。孤立した 2 つのシリコンナノ粒子が観察されている。図 2 に図 1 で示された直径  $d$  が 2.5 nm の Si ナノ粒子上で測定した規格化コンダクタンス( $dI/dV/(IV)$ )を示す。バルク Si のバンドギャップ(1.1 eV)よりも広い約 1.5 eV のバンドギャップが観測されている。この結果は、Si ナノ粒子についても Ge ナノ粒子と同様にバンドギャップが量子閉じ込め効果により広がっていることを示唆している。

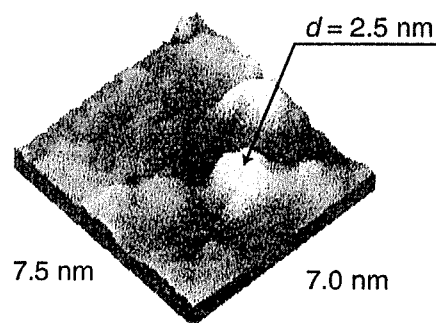


図 1 水素終端した Si(111)表面上の Si ナノ粒子の STM 像

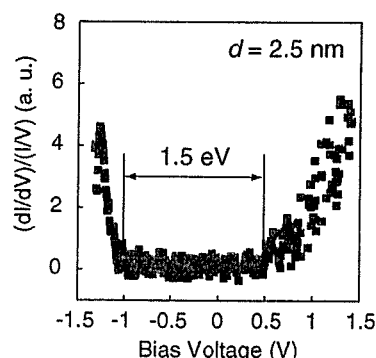


図 2 Si ナノ粒子上で観測した STS スペクトル

- [1] K. J. Ito et al., Proceedings of Int. Conf. on Physics of Semiconductors (September 17-22, Osaka, 2000).
- [2] K. J. Ito et al., Transactions of Materials Research Society of Japan, (in press).