

# 極薄 SiO<sub>2</sub>/Poly-Si/SiO<sub>2</sub> 上に形成した Si 量子ドットの局所帯電特性評価 Characterization of Electronic Charged States of Si Quantum Dots Formed on Ultrathin SiO<sub>2</sub>/Poly-Si/SiO<sub>2</sub> Structures

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>IHP <sup>○1</sup>今井 友貴, <sup>1</sup>牧原 克典, <sup>2</sup>山本裕司, <sup>2</sup>Wen Wei-Chen, <sup>1</sup>田岡 紀之,  
<sup>1</sup>大田 晃生, <sup>1</sup>宮崎 誠一

<sup>1</sup>Nagoya Univ., <sup>2</sup>IHP <sup>○1</sup>Yuki Imai, <sup>1</sup>Katsunori Makihara, <sup>2</sup>Yuji Yamamoto, <sup>2</sup>Wei-Chen Wen

<sup>1</sup>Noriyuki Taoka, <sup>1</sup>Akio Ohta,  
and <sup>1</sup>Seiichi Miyazaki

E-mail: imai.yuki.g9@s.mail.nagoya-u.ac.jp

**序**＞これまでに極薄 Si 熱酸化膜上に自己組織化形成した Si 量子ドット上への Ge の選択成長、その後、真空一貫で熱酸化・高温熱処理、SiH<sub>4</sub>-LPCVD の精密制御により自己整合的に一次元縦積み連結した Si 系量子ドットを形成できることを明らかにしてきた[1]。本研究では、熱酸化膜上に形成した極薄 SiO<sub>2</sub>/Poly-Si 膜上に SiH<sub>4</sub>-LPCVD を用いて Si 量子ドットを形成し、導電性 AFM 探針を用いた AFM/KFM により局所帯電特性を評価した。

**実験**＞n 型 Si(100)基板を 900°C 熱酸化により SiO<sub>2</sub> 膜形成後、1%希釈 HF により膜厚~6.9 nm まで薄膜化した(Fig. 1(a))。その後、高 H<sub>2</sub> 希釈 Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-Reduced Pressure CVD により膜厚~4.6 nm の a-Si 層を形成した後(Fig. 1(b))、真空熱処理により結晶化を行った(Fig. 1(c))。その後、600 °C で poly-Si 表面を熱酸化することで、~1.8nm の熱酸化膜を形成した後(Fig. 1(d))、SiH<sub>4</sub>-LPCVD により面密度~10<sup>9</sup> cm<sup>-2</sup> の Si 量子ドットを一括形成した(Fig. 1(e))。最後に、850 °C にて 75 分間の表面熱酸化を行った。尚、850 °C にて 75 分の熱酸化では、Si 量子ドットを形成していない poly-Si 層は完全に酸化されることは別途確認している。

**結果および考察**＞Si 量子ドット形成後に酸化した試料は、電圧印加前の表面電位は同様であるものの、-1.5V 印加した導電性 AFM 探針により表面掃引した場合は、明瞭な負帯電(-200mV)が認められた(Fig. 2(a)および(b))。尚、SiO<sub>2</sub> 上に形成した Si 量子ドットを同条件で酸化した場合では、-1.5V 印加で電子注入をした場合、電荷保持に起因した負帯電量が-75mV であることを考慮すると(Inset in Fig. 2), この結果は、850 °C の 75 分の熱酸化後においても、Si 量子ドットは完全に酸化されておらず、Si コア部が残留しており、サイズ効果により表面電位変化量が増加していると解釈できる。電子注入後の表面電位を時間に対してまとめた結果、極薄 SiO<sub>2</sub>/Poly-Si 上の Si 量子ドットでは、電子注入後の表面電位変化量は 5 分後に消失するが、酸化した試料では電位変化量が緩やかに減少し、10 分程度で飽和した(Fig. 2(c))。尚、SiO<sub>2</sub> 上に形成した Si 量子ドットにおいても、電子注入後に負帯電が消失することから、この結果は、表面酸化前では Si 量子ドット内の保持電子が閉じ込め効果に起因した電位上昇により下層 poly-Si へトンネリングした結果で解釈できる。一方、ドット酸化後では、Poly-Si 膜の一部が酸化することで、疑似的な Si ナノ構造が Poly-Si 層に形成され(Fig. 1(f))、Si 量子ドット構造が内に保持された電子が下部 Si ナノ構造に移動することで、帯電エネルギーが安定化したと解釈できる。

**結論**＞極薄 SiO<sub>2</sub>/Poly-Si 上に Si 量子ドットを形成した後、850 °C にて 75 分の熱酸化により、一次元に縦積み連結した Si 量子ドット構造が形成できることが分かった。

**文献**＞[1] K. Makihara *et al.*, J. Appl. Phys. **112**, 104301 (2012).

**謝辞**＞本研究の一部は、科研費基盤研究(A) 19H00762、21H04559 の支援を受けて行われた。

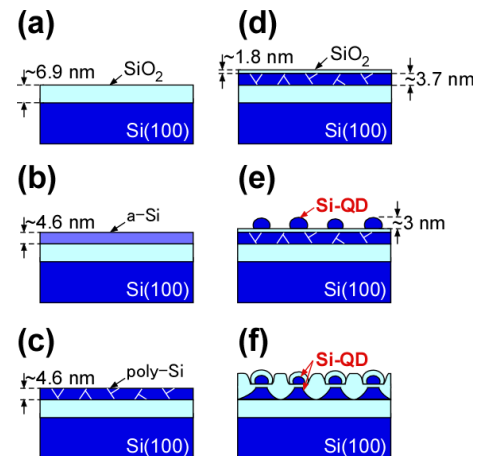


Fig. 1 Schematic illustrations of experimental procedure.

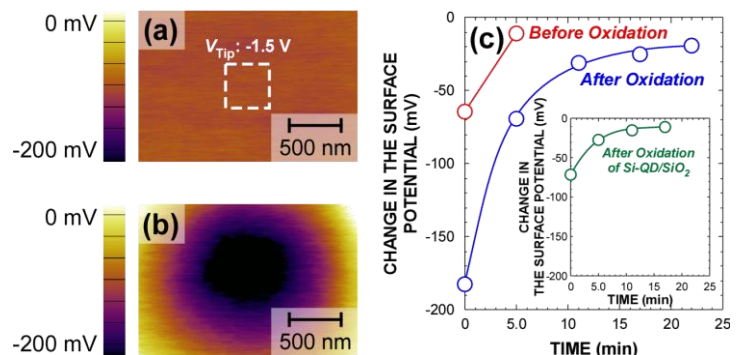


Fig. 2 Surface potential images taken (a) before and (b) just after applied tip bias at -1.5 V. (c) Temporal changes in the surface potential after applying tip bias at -1.5 V before and after oxidation of Si-QDs. Temporal change in the surface potential for Si-QDs/SiO<sub>2</sub> after oxidation is also shown in the inset as a reference.