

Si 量子ドットの一次元配列制御 Alignment Control of Self-Assembling Si Quantum Dots

¹名大工,²名大院工 [○]¹辻 綾哉,²今井 友貴,²牧原 克典,²田岡 紀之,²大田 晃生,
²宮崎 誠一

¹Sch. of Eng., Nagoya Univ., ²Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., [○]¹Ryoya Tsuji, ²Yuki Imai,
²Katsunori Makihara, ²Noriyuki Taoka, ²Akio Ohta, and ¹Seiichi Miyazaki
E-mail: makihara@nuee.nagoya-u.ac.jp

序 SiH₄ の LPCVD において、SiO₂ 表面の Si-OH 結合が Si 量子ドット核形成の反応活性サイトとなり、LPCVD の反応初期過程を交互に精密制御することによって、SiO₂ 上に Si 量子ドットが高密度・一括形成($\sim 10^{11}\text{cm}^{-2}$)でできることが分かっている[1]。本研究では、SiO₂ 表面に局所的に Si-OH 結合を形成することで、Si 量子ドットの配列制御を試みた。

実験 p-Si(100)基板上に 1000°C で膜厚 $\sim 3.0\text{nm}$ の SiO₂ 膜を形成後、EB リソグラフィおよび RIE による dry エッチングにより、線幅 $\sim 30\text{nm}$ (スペース幅 $\sim 50\text{nm}$)の SiO₂ ラインパターンを形成した。その後、0.1%HF 処理を行うことで、SiO₂ ライン表面を OH 終端、Si 表面を H 終端した後、O₂ 中雰囲気において 800°C で熱酸化した。800°C の熱処理においては、表面 Si-OH 結合は安定保持される一方、H 終端 Si 表面には Si-O-Si 結合で終端された膜厚 $\sim 1\text{nm}$ の SiO₂ 膜が形成される。これにより同一基板内にライン状に OH 終端した SiO₂ パターンが形成される。その後、同一チャンバー内で大気に曝すことなく、pure-SiH₄ の LPCVD(550°C、90Pa)による Si 量子ドットの自己組織化形成を行った。

結果及び考察 SiO₂ ライン&スペースパターン形成後の SEM 像から、 $\sim 30\text{nm}$ の SiO₂ ラインの形成が確認できる(Fig. 1)。表面 OH 終端した SiO₂ 薄膜(パターン形成無し)上に SiH₄-LPCVD を行った場合、Si 量子ドットが高密度・一括形成($\sim 10^{11}\text{cm}^{-2}$)が認められるものの、SiO₂ ライン&スペースパターン上に SiH₄-LPCVD を行った場合では、SiO₂ ラインパターン上にのみ Si 量子ドットの形成が認められることから、酸素終端領域のドット密度は極めて抑制されていることが分かる。これは、反応活性な OH 終端表面には高密度に核形成されるが、酸素終端領域では、SiH₄-LPCVD において核発生が抑制されることに加え、ドット成長において臨界サイズに達しない初期核が熱解離するためと考えられる。

結論 ライン&スペースパターンを形成した SiO₂ を形成し、 $\sim 30\text{nm}$ 幅の OH 終端 SiO₂ ラインパターン上において Si 量子ドットを一次元配列することに成功した。

文献 [1] S. Miyazaki et al., Thin Solid Films 369 (2000) 55.

謝辞 本研究の一部は、科研費基盤研究(A) 19H00762、21H04559 および東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の支援を受けて行われた。

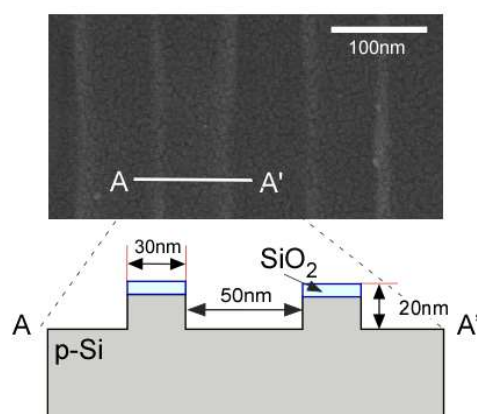


Fig. 1 SEM image and schematical illustration of line and space patterned $\sim 3.0\text{nm}$ -thick SiO₂/p-Si(100).

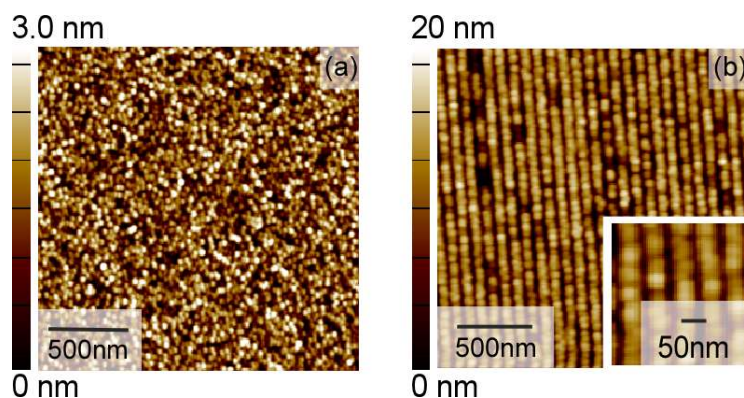


Fig. 2 AFM topographic images taken after SiH₄-LPCVD on (a) SiO₂ layer, and (b and b') line and spaced SiO₂ surface.