

公益財団法人 立松財団 御中

様式 2021A1,A2,B

2026年 1月 16日

所属:名古屋大学大学院

氏名:牧原克典



2023年度助成 研究経過・終了報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	セルフアライン Si 量子ドット創成による量子物性制御と量子演算素子の開発
研究の結果	<p>SiH₄ガスの減圧化学気相堆積(LPCVD)による極薄 SiO₂上への Si 量子ドット自己組織化形成では、LPCVD 直前の希釈 HF 処理により SiO₂表面を OH 終端することで、半球状の Si 量子ドットが高密度・一括形成($\sim 10^{11}\text{cm}^{-2}$)できる。本研究では、SiO₂ライン&スペース幅が Si 量子ドット自己組織化形成に及ぼす影響を調べた。</p> <p>n-Si(100)基板の上に 1000°C ドライ熱酸化により膜厚$\sim 3.0\text{nm}$の SiO₂膜を形成後、電子線リソグラフィおよびドライエッチングにより、ライン幅 20\sim80nm、スペース幅 100 および 50nm の SiO₂ラインパターンを形成した。その後、0.1%希釈 HF 処理を行うことで、SiO₂ライン表面を OH 終端、Si スペース表面を H 終端した後、800°C 熱酸化することで Si スペース表面を O 終端とした。この時、SiO₂ライン表面の OH 終端は安定に保持されている。その後、pure-SiH₄を用いた LPCVD により Si 量子ドットの自己組織化形成を行った。SiH₄時における基板温度、ガス圧力、堆積時間は 600°C、100Pa、150sec で一定とした。</p> <p>SiO₂ライン&スペースパターン上に SiH₄-LPCVD を行った場合、SiO₂ライン上にのみに Si 量子ドットの形成が認められる。スペース幅$\sim 100\text{nm}$、ライン幅~ 80 および$\sim 50\text{nm}$のパターンではライン幅よりも小さな半球状の Si 量子ドットの形成が認められるが、ライン幅$\sim 35\text{nm}$以下では Si 量子ドットが一次元配列形成していることが分かった。また、SEM 像からライン方向および幅方向のドット直径を算出し、それらの分布の半値幅をライン幅でまとめた結果、ライン幅$\sim 30\text{nm}$以下では Si 量子ドットの形状が楕円状であり、ライン幅方向の成長が顕著であった。スペース幅$\sim 50\text{nm}$においても、ライン幅$\sim 50\text{nm}$以上では半球状のドットが形成されるが、ライン幅方向へのドット成長が抑制されるため、楕円状のドットが形成されるものの、サイズ均一性が向上することが分かった。</p>
研究発表 (実績)	<p>[1] [招待講演]牧原 克典、「表界面制御による Si 系ナノドットの高密度形成と機能探求」、応用物理学会 半導体の結晶成長と加工および評価に関する産学連携委員会 第 6 回研究会「半導体ナノ構造の形成とデバイス応用」(明治大学、東京、2024 年 6 月 26 日)</p> <p>[2] 牧原 克典、宮崎 誠一、「減圧 CVD による Si 量子ドットの自己組織化形成」、Controlled growth and characterization 研究会 (名古屋大学、2023 年 3 月 29 日-30 日)</p> <p>[3] 白 鍾銀、今井 友貴、辻 綾哉、牧原 克典、宮崎 誠一、「熱酸化 SiO₂上へ自己組織化形成した Si 量子ドットの成長機構」、第 84 回応用物理学会秋季学術講演会、20a-B202-7 (熊本城ホールほか 3 会場、熊本、2023 年 9 月 19 日-23 日)</p> <p>[4] 辻 綾哉、今井 友貴、白 鍾銀、牧原 克典、宮崎 誠一、「極細 SiO₂ラインパターン上への Si 量子ドットの自己組織化形成」、20a-B202-8、第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (熊本城ホールほか 3 会場、熊本、2023 年 9 月 19 日-23 日)</p> <p>[5] J. Baek, R. Tsuji, Y. Imai, S. Miyazaki, and K. Makihara, "Self-Assembling Formation of One-dimensional Si Quantum Dots on SiO₂ Line Patterns", 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 15P-1-62L, (Kyoto, Nov. 12-15, 2024).</p> <p>[6] J. Baek, R. Tsuji, Y. Imai, S. Miyazaki, K. Makihara, "Selective Growth of Si Quantum Dots on SiO₂ Line Patterns", 2024 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD2024), 4-3 (Busan, July 7-8, 2024).</p> <p>[7] J. Baek, R. Tsuji, Y. Imai, S. Miyazaki, and K. Makihara, "Self-aligned one-dimensional array of silicon quantum dots on SiO₂ line patterns", Jpn. J. Appl. Phys. 64, 05SP03 (5 pages) (2025).</p> <p>[8] R. Tsuji, Y. Imai, J. Baek, K. Makihara, and S. Miyazaki, "Self-assembling formation of Si-QDs on SiO₂ line patterns", Jpn. J. Appl. Phys., 63 03SP04 (5 pages) (2024).</p>

提出期限：研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。