

課題番号 : F-13-RO-0034  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : 自己組織化形成 Si 系量子ドットの選択成長  
 Program Title (English) : Selective Growth of Self-Assembling Si-based Quantum Dots  
 利用者名(日本語) : 牧原 克典, 張 海, 竹内 大智  
 Username (English) : K. Makihara, H. Zhang, D. Takeuchi  
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科  
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

### 1. 概要(Summary)

SiO<sub>2</sub>膜表面の OH 結合終端領域に、Si 量子ドットを同一基板内の酸素終端領域に対して選択比~58 で選択成長させることができ、さらに~50 nm 幅の OH 終端領域において、SiGe 量子ドットを一次元配列することに成功した。

### 2. 実験 (Experimental)

熱酸化炉を用いて p-Si(100)基板上に 1000°C で膜厚~10 nm の SiO<sub>2</sub>膜を形成後、電子ビーム露光装置(日立 HL700)およびエッチング装置(ECR ゲート用)により、膜厚~5 nm、線幅 50~100 nm の SiO<sub>2</sub>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、SiO<sub>2</sub> ライン表面を OH 終端、Si 表面を H 終端した後、O<sub>2</sub>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~1 nm の SiO<sub>2</sub>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 SiO<sub>2</sub>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、10%Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> の LPCVD(400°C、100mTorr)による初期核形成および pure SiH<sub>4</sub>ガスの LPCVD(560°C)による Si 量子ドットの自己組織化形成を行った。引き続き、10%GeH<sub>4</sub> の LPCVD(400°C)を行うことで SiGe 量子ドットの形成を試みた。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

AFM 表面形状像から求めたドット密度の SiH<sub>4</sub>圧力依存性を Fig. 1 に示す。また、図中にはドット密度比(OH 終端領域/酸素終端領域)を示した。Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-LPCVD による初期核形成を行わなかった場合、SiH<sub>4</sub> 圧力 100 および 20 mTorr では、酸素終端領域のドット密度は~7x10<sup>9</sup> cm<sup>-2</sup>に抑制されているものの、表面 OH 終端した SiO<sub>2</sub>ライン上でのドット密度も 10<sup>11</sup> cm<sup>-2</sup>には達していない。これに対して、400°C Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-LPCVD による初期核形成を行った場合、SiH<sub>4</sub>圧力を 10 mTorr に低減することで、選択性を大幅に向上(密度比~58)して、SiO<sub>2</sub> ライン上で

~1x10<sup>11</sup> cm<sup>-2</sup> のドット密度が得られた。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、低温での Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>-LPCVD において核発生が抑制されることに加え、その後の低圧力 SiH<sub>4</sub>-LPCVD での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。これらの結果に基づいて、~50 nm 幅の SiO<sub>2</sub>パターン上に Si 量子ドット形成後、GeH<sub>4</sub>-LPCVD を行うことで、一次元配列した SiGe 量子ドットの選択形成が実現できることが分かった。

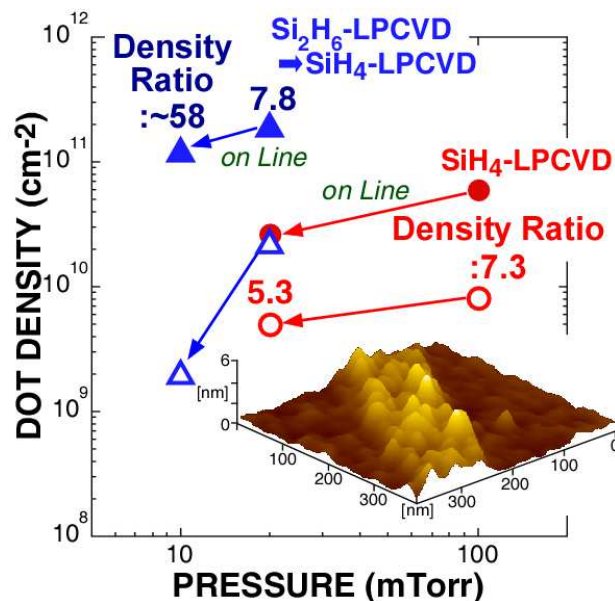


Fig. 1. Areal dot density on OH- and O-terminated SiO<sub>2</sub> surfaces as a function of pressure during SiH<sub>4</sub>-LPCVD. An AFM image after Si-QDs formation with initial nucleation prior to SiH<sub>4</sub>-LPCVD on OH-terminated SiO<sub>2</sub> is shown in the inset. Nucleation was carried out by using Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> at a pressure of 100 mTorr and substrate temperature of 400°C. Si-QDs growth was performed at a SiH<sub>4</sub> gas pressure of 20 mTorr at 580°C.

### 4. その他・特記事項 (Others)

なし。

### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

### 6. 関連特許 (Patent)

なし。