

課題番号 : F-17-TT-0006
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : Si ライン&スペース上への Si 量子ドットの高密度形成
Program Title (English) : High density formation of Si-QDs on Sub-micron patterned Si Substrates
利用者名(日本語) : 永井僚, 牧原克典
Username (English) : R. Nagai, K. Makihara
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
キーワード/Keyword : Si 系量子ドット、発光ダイオード、LPCVD、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

SiH₄と GeH₄のLPCVDにおいて、反応初期過程を交互に精密制御することにより、Si 熱酸化膜上に Ge 核を有する Si 量子ドットを自己組織化形成し、Al 上部および下部電極を形成した Ge コア Si 量子ドット発光ダイオード構造において、Ge コアの量子準位間での電子-正孔再結合に起因する室温 EL が顕在化することを明らかにしている。本申請研究では、p-Si(100)基板を EB リソグラフィおよびドライエッチングを用いてライン&スペース構造形成後、熱酸化した Si 細線構造へ Si 量子ドットを高密度形成した。その後、上部および下部電極として Al 電極を真空蒸着し、室温エレクトロルミネッセンス測定を評価した結果、Ge コアの量子準位間での電子-正孔再結合に起因する発光が Si 細線端面から観測された。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

電子ビーム描画装置

【実験方法】

p-Si(100)基板に EB リソグラフィおよびドライエッチングを用いて高さ 300nm、幅 400 nm のライン&スペース構造を形成し、RCA 洗浄後、1000 °C、2% O₂ 中で膜厚 3.5 nm の酸化膜を形成した。その後、希釈 HF 処理を施した後、SiH₄ガスを用いた LPCVD により Si 量子ドットを自己組織化形成した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

基板温度 560 °C、SiH₄ガス圧力 0.5 Torr で LPCVD を行った結果、ライン幅 400 nm(スペース幅 400 ~1000 nm)の Si 細線上面、側面および底面(スペース)において Si 量子ドットの形成が認められ、ドット面密度(~2×10¹¹

cm⁻²)およびサイズに顕著な変化は認められなかった。この結果から、幅~400 nm の溝内部においても Si 初期核発生・成長が均一に進行し、立体構造上に均一サイズの Si 量子ドットが高密度・一括形成できることが分かる。この結果を基に、Si 細線構造上に Ge コア Si 量子ドット3 層積層構造(Ge コアサイズ: ~6 nm)を形成し、Al 電極を形成した LED 構造において、順方向パルス電圧 (1kHz、duty ratio :50%)を印加し、Si 細線構造の劈開面から室温 EL を測定した結果、4 V 以上の順方向パルス電圧印加で 0.75 eV 近傍に室温 EL が認められた。また、印加電圧の増大に伴い、EL 強度は増加するものの、発光のエネルギー位置に変化は認められなかった。これらの結果は、順方向バイアス 4V 以上印加することで、Al 上部電極からドットへの電子注入と p-Si(100)基板から Ge コアへの正孔注入が同時に起こることにより、Ge コアの量子準位間で電子-正孔対が発光再結合し、発光再結合により生じた光が Si 細線構造内を伝搬した結果として説明できる。

4. その他・特記事項(Others)

本研究の一部は科研費基盤研究(S)の支援を受けて行われた。また、本研究は、豊田工業大学佐々木実教授、熊谷慎也准教授および梶原建支援員の御尽力により得られた成果であり、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。