

課題番号 : F-17-NU-0055
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 : 成膜・膜堆積、Si 系量子ドット、発光ダイオード、LPCVD

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。尚、ドット形成は走査型顕微鏡により確認した。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】 走査型電子顕微鏡

【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(豊田工大)、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。尚、ドット形成・面密度は走査型電子顕微鏡(名古屋大)により評価した。

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。
- ・他の機関の利用：本研究は、豊田工業大学ナノテク支援プラットフォーム(利用課題番号: F-17-TT-0006、佐々木実教授、熊谷慎也准教授および梶原建支援員)を併用して得られた成果である。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。