Reduced-Pressure CVD による Ge コア Si 量子ドットの高密度一括形成と 発光特性評価

High Density Formation of Si Quantum Dots with Ge Core by Reduced-Pressure CVD and Characterization of their Photoluminescence Properties

名大院工¹, Innovations for High Performance Microelectronics² °牧原 克典¹, Yuji Yamamoto², 藤森 俊太郎¹, 前原 拓哉¹, 池田 弥央¹, Bernd Tillack², 宮崎 誠一¹ Nagoya Univ.¹, Innovations for High Performance Microelectronics² ^oKatsunori Makihara¹, Yuji

Yamamoto², Shuntaro Fujimori¹, Takuya Maehara¹, Mitsuhisa Ikeda¹, Bernd Tillack²,

and Seiichi Miyazaki¹

E-mail: makihara@nuee.nagoya-u.ac.jp

序>SiH₄と GeH₄の LPCVD において、反応初期過程を交互に精密制 御することによって、熱酸化膜上に Ge 核を有する Si 量子ドットを 自己組織化形成でき[1]、このコア/シェル構造におけるフォトルミネッセンス (PL) は、Ge コアからの発光が支配的であることを明ら かにした[2]。本研究では、200mm ウェハプロダクトラインの Reducedpressure CVD を用いて Ge コア Si 量子ドットの高密度・一括形成を 試みるとともに、その発光特性を評価した。 実験>p-Si (100) 基板上に 650°C ウェット酸化により膜厚~7nm の

SiO2膜を形成した後、高真空熱処理によりSiO2膜の薄膜化を行った。 その後、H₂希釈 SiH₄ガスを用いた Reduce Pressure CVD により Si 量 子ドットを自己組織化形成した。その後、H₂希釈 GeH₄および SiH₄ガ スを用いて、予め形成した Si 量子ドット上への Ge および Si の選択 成長を行った PL 測定は、検出器に電子冷却 InGaAs、励起光源に半導 体レーザー(波長:976 nm)を用いて行った。

結果および考察>H2希釈 SiH4 ガスを用いた Reduce Pressure CVD 後 の AFM 表面形状像から、Si 量子ドットが面密度~10¹¹cm⁻² (平均ドッ ト高さ :~3.1nm) で形成できていることが分かる。また、各工程にお ける AFM 像において、ドット面密度に顕著な変化は認められず、サ イズ分布から算出した平均高さが各々増大していることから、Ge コ ア Si 量子ドットが高密度に一括形成されていることを確認した(Fig. 1)。さらには、断面の TEM-EDX マッピングにおいても、コア/シェ ル構造が明瞭に確認でき、Ge コア高さは AFM 像から得られた平均 ドット高さの差(~1.6nm)と矛盾しない(Fig. 2)。形成した Ge コア Si 量 子ドットをレーザー出力~15W/cm²

で励起したときの PL は、0.6~0.8eV

にスペクトルが観測され、スペクト

ルは 4 成分(Comp. 1:~0.70V, Comp.

2:~0.74eV, Comp. 3:~0.77eV, Comp. 4:~0.69eV)で分離できるももの (Fig. 3)、LPCVD で形成した Ge コア Si 量

子ドットに比べて均一サイズのドッ

トが形成できていることに起因して スペクトル幅僅かに狭くなっている

ロットした結果、熱消光過程に おける活性化エネルギは、~30

meV であることが分かった

結論 > Reduced-pressure CVD

を用いて Ge コア Si 量子ドッ

トを高密度・一括形成し、その

PL 特性評価から Ge コアの量 子準位間の発光再結合が支配 的であることを確認した。 文献 > [1] Y. Darma et al.,

Nanotech. 14, 413 (2003). [2] K.

Kondo et al., J. Appl. Phys. 119,

謝辞>本研究の一部は、科研費

基盤研究(A)および国際共同研

究加速基金(A)の支援を受けて

033103 (5pages) (2016).

(Fig. 4).

行われた。



Fig. Typical AFM topographic image of (a) pregrown Si-QDs and (b) dot height distribution evaluated from the AFM images taken after Ge deposition, and Si-cap formation.



Fig. 2 TEM-EDX mapping images of the Si-QDs after (a) Ge deposition, and (b) Si-cap formation.



PL and deconvoluted Fig. 3 spectra from the Si-QDs with Ge core at room temperature.



Fig. 4 Arrhenius plot of integrated PL intensity of the Si-QDs with Ge core. The equation used to fit the plot is shown in the inset.