29a-G6-9

縦積み連結 Si 系量子ドットの超高密度集積構造における電子輸送特性

Characterization of Electron Transport Through Ultra-High-Density Array of One-dimensionally Self-Aligned Si-based Quantum Dots

[1]名大院工，[2]広大院先端研　○[1]新美 博久，[1]牧原 克典，[2]池田 弥央，[1]宮崎 誠一
[1]Nagoya Univ., [2]Hiroshima Univ., ○[1]Hirohisa Niimi, [1]Katsunori Makihara, [2]Mitsuhisa Ikeda and [1]Seiichi Miyazaki
E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

序＞これまでに SiH_4-LPCVD により極薄 Si 熱酸化膜上に Si 量子ドットを高密度形成した後、Ge 選択成長、熱酸化・高温真空熱処理し、再び SiH_4-LPCVD を行うことで、縦積み連結した Si 系量子ドットが自己整合的に形成できることを報告した[1]。本研究では、超高密度に形成した一次元縦積連結 Si 系量子ドットにおいて、電子トンネリング伝導の時間依存性を評価した。

実験＞1000˚C ドライ酸化によって、n-Si(100)基板上に膜厚~4.0nm の SiO_2 膜を形成後、0.1%HF 処理によって膜厚~1.0nm まで均一に薄膜化した。この希釈 HF 処理によって OH 終端した SiO_2 表面を、He 希釈 10%GeH_4 に室温暴露した後、Si_2H_6-LPCVD(400˚C)により超高密度 Si 量子ドット(平均ドット高さ :~2.0nm)を自己組織化形成した[2]。その後、GeH_4-LPCVD(380˚C)により Si 量子ドット上に Ge を選択成長した後、大気圧で表面熱酸化した。引き続き、高温真空熱処理により Ge 表面酸化層の熱脱離を行った後、SiH_4-LPCVD(580˚C)を行い、最後に 850˚C ドライ酸化した。電気伝導は、膜表面および裏面に各々Au(~5mmϕ)、Al を蒸着形成し室温で評価した。

結果および考察＞超高密度連結ドット(~$10^{13}cm^{-2}$)の電気伝導評価を行った結果、n-Si(100)基板上に形成した連結ドットでは、Au 電極と n-Si(100)基板のフェルミレベル差を反映した整流特性が得られ、逆方向バイアス-1.2V, -1.4V 印加時における電流レベルの時間変化には、~100nA 幅の 2 値をランダムに行き来するステップ状の変化が室温で認められた(Fig. 1)。この結果は、一部の連結ドットにおいてトンネル伝導が停滞し、帯電状態が経時変化することによって、これに隣接する連結ドットを介したトンネル伝導が変調するためと解釈できる。さらに、白色光照射下で同様の測定をした結果、電流のステップ幅および頻度が大幅に増大する結果が認められた(Fig. 2)。これは、キャリアの光励起により、電子捕獲・放出頻度が増加した結果として解釈できる。光照射下における電流の時間変化の印加電圧依存性を調べた結果、印加電圧~50mV 近傍で、3 値をランダムに行き来する特異な電流の増減が認められることが分かった。

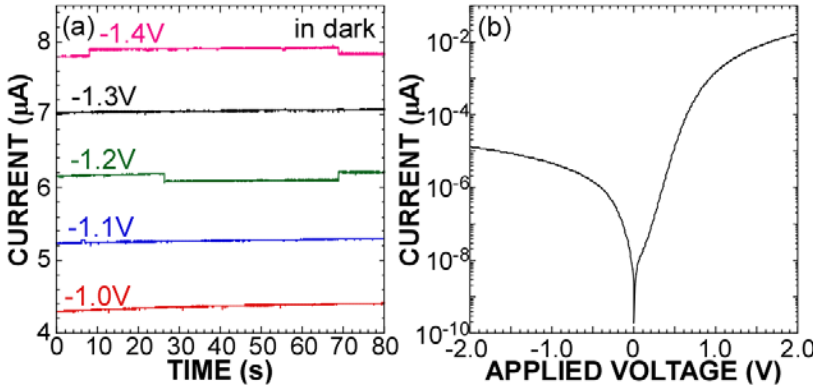

Fig. 1　Temporal changes in the current levels observed in dark for one-dimensionally self-aligned Si-based QDs formed on ~1nm-thick SiO_2/ n-Si(100) at different applied biases (a).　Current –voltage characteristics of self-aligned Si-based QDs at room temperature (b).

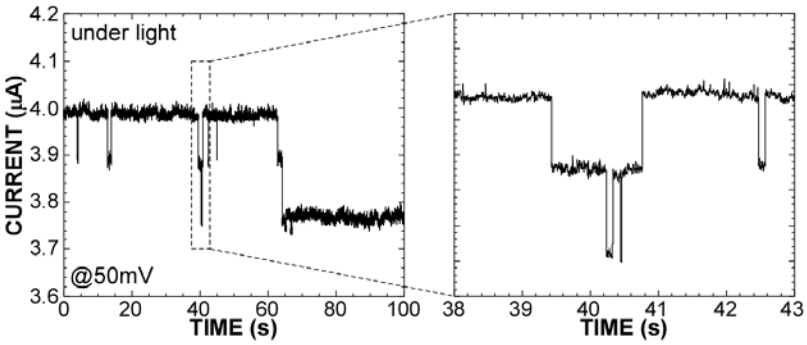

Fig. 2　Temporal changes in the current levels observed in one-dimensionally self-aligned Si-based QDs formed on ~1nm-thick SiO_2/n-Si(100) at a constant applied bias of 50mV under light irradiation at room temperature.

結論＞一次元連結 Si 系量子ドットの超高密度集積構造の電気伝導において、隣接ドットの帯電状態の経時変化によって連結ドットを介したトンネル過程が変調されることに起因して、印加バイアスに依存したランダム・テレグラフ・シグナルを室温で明瞭に観測した。

文献＞[1] K. Makihara et al., Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) 04DG08. [2] K. Makihara et al., J. Appl. Phys. 112 (2012) 104301.

謝辞＞本研究の一部は、科研費基盤研究(A)の支援を受けて行われた。

© 2013 年　応用物理学会