## Si 量子ドット多重連結構造からの電界電子放出特性 - 積層数依存性

Characterization of Electron Field Emission from Multiply-Stacked Si-QDs/SiO<sub>2</sub> Structures

名大院工 〇竹本 竜也,二村 湧斗,池田 弥央,大田 晃生,牧原 克典,宮崎 誠一

Nagoya Univ. °T. Takemoto, Y. Futamura, M. Ikeda, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki E-mail: makihara@nuee.nagoya-u.ac.jp

序>SiH4の減圧 CVD の精密制御による高密度 Si 量子ドットの一括形成とドット表面酸化を繰り返すことで 形成した Si 量子ドット/SiO2多重連結構造において、極薄 Au 上部電極を形成した後、n-Si(100)基板に負バ イアス(2~6V:上部電極は接地電位)印加した場合、電子放出が起きることを明らかにしてきた[1,2]。本研究 では、Si 量子ドット積層数の異なる試料において、電子放出特性および放出電子の運動エネルギーの積層 数依存性を評価した。

実験>n-Si(100)基板を RCA 洗浄後、酸素雰囲気中(933Pa)において基板温度 800°C で 2.0nm の酸化膜 を形成した。引き続き、同一チャンバ内にて SiH4-LPCVD により Si 量子ドット(面密度: 4.5×10<sup>11</sup>cm<sup>-2</sup>、平均ド ット高さ: ~3.0nm)を形成し、ドット表面を熱酸化することで~2nm の SiO2を形成した。この一連のプロセスを繰 り返すことでドット積層数 11、13、15 層の Si 量子ドット多重連結構造を形成した。最後に Au 上部電極 (~10nm)及び Al 裏面電極を蒸着形成した。電子放出特性は、真空中(~10<sup>-2</sup> Pa)において、上部電極を接地 電位に固定し、基板裏面電極に負バイアス(Vs)を印加し、さらに試料表面から~10mm の距離にバイアスを 印加したコレクタ電極(陽極酸化 Au プレート: 10mm×10mm)を配置することで測定した。

結果及び考察>先ず最初に、Si 量子ドット 11 層連結構造に おいて、コレクタ電極に+40V 印加した場合、Vs>-10V で電子 放出が認められ、IVs Iの増大に伴い電子放出電流は指数関数 的に増加することを確認した(Inset in Fig. 1)。そこで、Vs を一定 として、コレクタ電極に負バイアスを印加し、これを変化させて 測定した放出電流を微分することで放出電子の運動エネルギ 一分布を評価した結果、Vs=-12Vでは、電子フラックス密度は 運動エネルギー~3eV で最大となることが分かった(Fig. 1)。同 様の測定を13層および15層のドット連結構造において行い、 電子フラックス密度が最大となるピーク運動エネルギーと最大 電子フラックス密度を試料電圧に対してまとめた結果、いずれ の積層数においても試料電圧の増加にともないピーク運動エ ネルギーは線形、最大電子フラックス密度は指数関数的に増 加することが分かった(Figs. 2 and 3)。また、同一試料電圧で比 較すると、積層数の増加にともないピーク運動エネルギーおよ び最大電子フラックス密度は減少する。これらの結果は、同一 試料電圧では積層数の増加にともない

Si量子ドット多重連結構造の内部電界が 低下し、非弾性散乱の影響が相対的に 大きくなるとともに、基板からの電子注入 電流が減少することを示している。

結論>Si 量子ドット/SiO2 多重連結構造 において電子放出特性のSi量子ドット積 層数依存性を調べた結果、積層数に依 らず試料電圧の増加にともない放出電 子運動エネルギー分布のピーク運動エ ネルギーは線形、最大フラックス量は指 数関数的に増加することが分かった。

文献>[1] D. Takeuchi et al., Thin Solid Films 602. 68 (2016). [2] Y. Futamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 58. SAAE01 (2018).

謝辞>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。



Fig. 1 Kinetic energy distribution of electrons emitted from 11-stacked Si-QDs. Sample and emission currents versus substrate bias are shown in the inset.



Fig. 2 Substrate bias dependences of peak kinetic energy in electron emission from multiply- stacked Si-QDs.

Fig. 3 Substrate bias dependences of maximum electron flux density in electron emission from multiply- stacked Si-QDs.