

Si 量子ドット多重集積構造の電界電子放出特性評価

Characterization of Electron Field Emission from Multiply-Stacking Si Quantum Dots

¹名大院工, ²名大 VBL, ³広大院先端研^{○1}竹内 大智, ¹牧原 克典, ²大田 晃生, ³池田 弥央, ¹宮崎 誠一¹Nagoya Univ., ²Nagoya Univ. VBL, ³Hiroshima Univ.,^{○1}Daichi Takeuchi, ¹Katsunori Makihara, ²Akio Ohta, ³Mitsuhsa Ikeda and ¹Seiichi Miyazaki

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

序＞前回、n-Si(100)基板上に高密度形成した Si 量子ドット多重集積構造において、極薄 Au 電極形成後、導電性 AFM 探針を用いて表面形状像と二次元電流像を大気中で非接触測定することで、電子放出に起因した高伝導領域が検出できることを報告した[1]。本研究では Si 量子ドット多重集積構造からの電界放出について、放出電子のエネルギー分布の印加バイアス依存性を測定し、電子放出メカニズムを検討した。

実験＞n-Si(100)基板を RCA 洗浄後、1000°C、2%O₂ 中で膜厚 3.5nm の酸化膜を形成した。その後、100mmφ の石英管に配置した 1 ターンのコイル状アンテナで励起したリモート型 ICP プラズマを用いて、Ar プラズマ処理および H₂ プラズマ処理を順次行って、反応活性サイトとなる表面 OH 結合の密度を制御した。引き続き、同一チャンバ内で SiH₄-LPCVD により高密度の Si ドット(面密度: $4.5 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$)を自己組織化形成した。Si 量子ドット形成後、リモート He 希釈 1%O₂ プラズマにより ~2nm のラジカル酸化膜をドット表面に形成した。この一連のドライプロセスを 6 回繰り返して、Si 量子ドット/SiO₂ 多重集積構造を形成した。その後、上部電極として極薄 Au 層(~10nm)を、また、基板裏面に Al コンタクト層を真空蒸着した。形成した Si 量子ドット 6 層集積構造からの電子放出メカニズムに関する知見を得るため、Fig. 1 挿入図のように電圧を印加し、超高真空中(~10⁻⁸Torr)で放出電子のエネルギー分布を測定した。なお、外部加速電圧(V_{ex})は-15V で一定とし、試料への印加電圧(V_{eff})を変化させた。

結果及び考察＞Si 量子ドット 6 層集積構造からの放出電子のエネルギー分布測定の結果、V_{eff} = -10V で 2eV 近傍にピークを有し、高エネルギー側に裾を引いたスペクトルが観測できた。さらに V_{eff} を増大させた結果、ピーク位置に大きな変化は認められないものの、放出電子数は飛躍的に上昇し、その積分強度は V_{eff} に対して指数関数的に上昇することが確認できた。Fig. 2(a) に基板バイアス-15V において Si 量子ドット 6 層集積構造に均等な電界が印加された場合のエネルギーバンド図を示す。Si 量子ドット内の第一量子化準位の伝導電子が放出するためには、上部極薄酸化膜 2 層をトンネルする必要があると仮定すると放出電子のエネルギー分布は 10eV を越えて広がると考えられる。従って、上層量子ドット 2~3 層に、平均電界より高い電界が集中し電界放出に至っていると考えられる(Fig. 2(b))。

結論＞Si 量子ドット 6 層集積構造からの電子放出エネルギー分布測定の結果、2eV 付近にピークを有し高エネルギー側に裾を引いたスペクトルが得られ、エネルギーバンド図を用いた解釈から、上層 2 層目の放出が支配的であることが分かった。

文献＞[1]竹内大智 他、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 (19p-A5-4) 2014

謝辞＞本研究の一部は科研費基盤研究(A)および若手研究(A)の支援を受けて行われた。

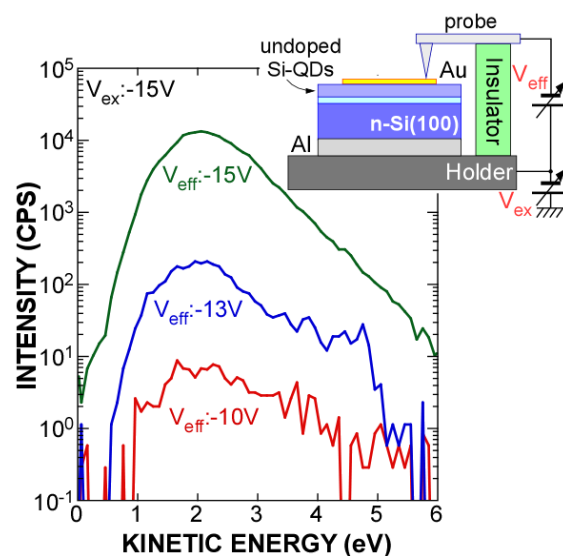


Fig. 1 Energy distribution of 6-stacked Si-QDs structure with negative bias application to sample holder and Al back contact with respect to Au top electrode, respectively. The schematic view of the measurement setup is shown in the inset.

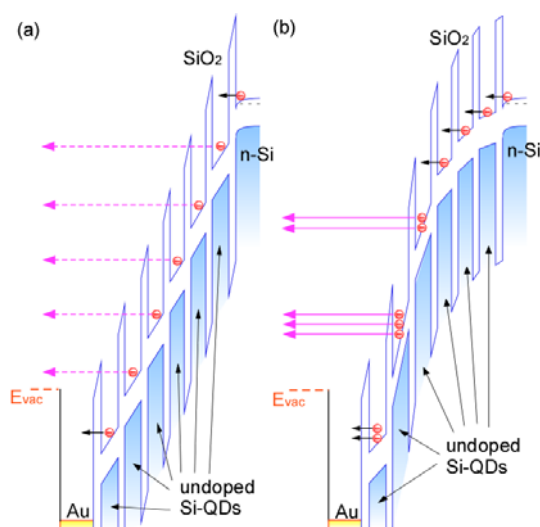


Fig. 2 Energy band diagrams of the sample at -15 V applied to Al back contact with respect to the top Au electrode, for the case of electric field application uniformly (a) and concentrically near the upper oxide caused by charging effects (b).