19p-D9-13

導電性 AFM 探針による高密度一次元連結 Si 系量子ドットからの 電子放出特性評価 (II)

Characterization of Electron Emission from High Density Self-aligned Si-based Quantum Dots by Conducting-Probe Atomic Force Microscopy (II)

¹名大院工,²名大 VBL,³広大院先端研⁰¹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., ⁰¹Daichi Takeuchi, ¹Katsunori Makihara,

²Akio Ohta, ³Mitsuhisa Ikeda and ¹Seiichi Miyazaki E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

序>前回、n-Si(100)基板上の一次元連結 Si ドット構造において、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、基板負バイアス 5V 以上印 加した場合、室温電子放出が顕在化することを明らかにした[1]。本研究では、同様の測定手法を用い て、Si酸化膜上に高密度形成した一次元連結Si系量子ドットにおける局所電気伝導特性を評価した。 **実験>**n-Si(100)基板を 1000°C、2%O2中でドライ酸化した後、希釈 HF 処理により~4.2nm の SiO2膜を ~1.0nm まで均一に薄膜化した。希釈 HF 処理後の OH 終端した SiO2 表面に、SiH4-LPCVD により高密 度(~10¹¹cm⁻²)Si 量子ドットを自己組織化形成した。その後、GeH₄-LPCVD 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、再度 SiH₄-LPCVD および熱酸化を行うことで、縦積み連結した Si 系量子ドットを形成 した。最後に、上部に極薄 Au 電極(~10nm)および裏面 Al 電極を真空蒸着した。形成した一次元連結

ドットからの電子放出特性を調べるため、上部 Au 電極を接地電位、下部 Al 電極に直流負バイア スを印加した状態で、接地電位の導電性 AFM 探 針(Au コート Si カンチレバ)を用いて上部 Au 電 極上を非接触測定した。

結果及び考察>接触測定した一次元連結 Si 系量 子ドットの表面形状像および探針ー試料間距離 ~200nmで非接触測定した DC バイアス印加(-7V) 時の二次元電流像を Fig.1 に示す。二次元電流像 は、電流密度の高い領域が白色に表示されている。 接触測定した表面形状像から、連結ドットの面密 度および直径は、各々~1.0×10⁻¹¹cm⁻²および~20nm であることが分かる(Fig. 1(a))。基板裏面の Al コ ンタクトに DC 負バイアスを印加した場合(上部 Au 電極接地電位)、電子放出に起因した高電流域 が明瞭に観測され、その高伝導領域は、接触測定 した表面形状像の連結ドットに対応する。また、 同一測定領域における非接触二次元電流像の印 加電圧依存性を調べた結果、印加電圧の増大に伴 い、電流レベルが大幅に増大するものの、新たな 高伝導領域の生成は認められなかった。Fig.2に、 二次元電流像の電子放出電流値(Ie)をドット上部 の酸化膜(~1nm)にかかる電圧(Vox)に対して Fowler-Nordheim (F-N) プロットした結果、F-N トンネルによる電子放出が支配的であることが 分かった。

結論>極薄 Au 電極/一次元連結 Si ドット /n-Si(100)構造における室温電子放出は、F-Nトン ネル伝導が寄与していることが分かった。

文献 > [1] D. Takeuchi et al., IEICE Trans. Electron., E96-C (2013) 718.

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。

12nm



Topographic (a) and current images (b) of Fig. 1 self-aligned Si-QDs structures covered with a semitransparent Au electrode. The current image was taken in a non-contact mode by applying DC bias to the Al back contact with respect to the top Au electrode at -7V.



Fig. 2 Fowler-Nordheim plot of electron emission from a self-aligned Si-QDs structure. Energy band diagram of the sample at -10 V applied to Al back contact with respect to the top Au electrode.