

非接触 AFM による Si ナノ結晶/柱状 Si ナノ構造からの 電子放出メカニズム解析

Electron Emission Mechanism of Si-Nanocrystals/Si-Nanocolumnar Structures as Evaluated by Non-contact Conductive Atomic Force Microscopy

¹名大院工, ²広大院先端研, ³日新電機 ^{○1}竹内 大智, ¹牧原 克典, ²池田 弥央,
¹宮崎 誠一, ³可貴 裕和, ³林 司

¹Nagoya Univ., ²Hiroshima Univ., ³NISSIN ELECTRIC Co. Ltd., ^{○1}Daichi Takeuchi,
¹Katsunori Makihara, ²Mitsuhsa Ikeda, ¹Seiichi Miyazaki, ³Hirokazu Kaki and ³Tsukasa Hayashi
E-mail: miyazakilab@googlegroups.com

序> これまでに、プラズマ CVD により W 薄膜/石英基板上に高密度・一括形成した柱状 Si ナノ構造を電気化学法による絶縁分離・ナノ結晶化処理後、極薄 Au 電極を形成した積層構造において、下部 W 電極に DC 電圧（下部 W 電圧：-20V 以上、上部 Au 電極：接地電位）を印加して非接触測定した二次元電流像において、電子放出に起因した局所的な高伝導領域が検出できることを報告した[1]。本研究では、導電性 AFM 探針を用いて、この構造における局所電流-電圧特性を非接触測定した。

実験> W 薄膜(下部電極)を蒸着した石英基板上に、内部アンテナ型低インダクタンス誘導結合プラズマを用い、基板温度 400°C で柱状 Si 構造を形成した後、ナノ構造化処理を施すことで、柱状 Si ナノ構造を絶縁分離した。この際、柱状構造上部および側面にナノ結晶が形成されることも高分解能 TEM 観察により確認している。その後、上部電極として極薄 Au 膜(厚さ~10nm)をスパッタ形成した(Fig. 1)。作成した試料の局所電気伝導特性は、接地電位の導電性 AFM 探針(Rh コート Si カンチレバ)を用いて、探針-試料表面間距離 200nm で評価した。

結果及び考察> 接触測定した極薄 Au 電極/Si ナノ結晶を伴う柱状 Si ナノ構造の表面形状像を Fig. 1 に示す。ナノ結晶化処理前後において、表面形状像に変化は認められず、柱状 Si ナノ構造に対応する直径~50nm の構造が高密度形成できていることが分かる。尚、この凸部が高伝導領域であることは、二次元電流像の接触および非接触測定により確認している。この凸部に導電性 AFM 探針を接触させた後、探針を試料表面から~200nm 離れた状態で局所電流-電圧特性を評価した結果を Fig. 2 に示す。電圧掃引速度は、4V/sec で行った。印加電圧 -36, -38 および -39V 近傍に、特異な電流増加と顕著な負性微分抵抗特性が観測された。観測された特異な伝導特性は、柱状 Si ナノ構造からその直上部に形成された Si ナノ結晶への電子注入および Si ナノ結晶層内の伝導において、印加バイアス条件に依存して、共鳴トンネリングが生じる結果、注入電子がバリスティック伝導し、電子放出に至ると解釈できる。

結論> 極薄 Au 電極/Si ナノ結晶を伴う柱状 Si ナノ構造/W 電極スタック構造における局所電気伝導を導電性 AFM 探針を用いて非接触測定した結果、共鳴トンネル効果に起因する特異な弾道電子放出電流の増加と負性微分抵抗特性を室温で観察した。

文献> [1] D. Takeuchi et al., IEICE Trans. on Electron. E96-C (2013) No.5, to be published.



Fig. 1 Topographic image of Si-nanocolumnar structure covered with an ultrathin Au layer.

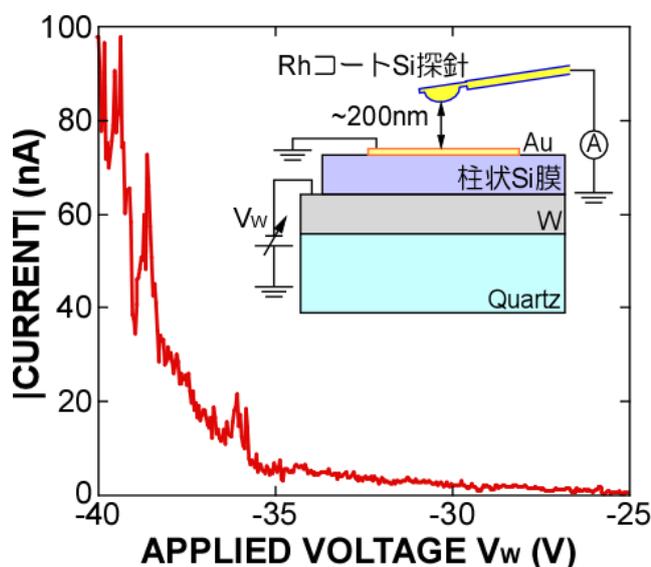


Fig. 2 Measured I-V characteristic of the sample shown in Fig. 1. The schematic view of the I-V measurement setup is shown in the inset.