17p-E15-15

シリコン・テンプレートによる PbS 量子ドットの位置制御

Position control of PbS quantum dot by silicon template

横浜国大　工学府 [1]，理研 [2]，○広田　章展 [1]，酒井　鉄平 [1]，中嶋　聖介 [1,2]，向井　剛輝 [1]

Yokohama National University Graduate School of Engineering[1], RIKEN[2]

°A.Hirota[1], T.Sakai[1], S.Nakashima[1,2], K.Mukai[1],

E-mail: mukai@ynu.ac.jp

【はじめに】量子ドット(QD)の位置制御が可能になれば、量子回路等の作製に応用することができる。我々は、走査型プローブ顕微鏡(SPM)による陽極酸化で作製したシリコン・テンプレートを用いて、化学合成によって得た QD を位置制御することを提案している[1]。今回、よりサイズが小さく、高アスペクト比をもつナノホールの作製を目指し、マスクパターンの検討、及び反応性イオンエッチング(RIE)の詳細な検討を行った。更に、作製したナノホールへの化学合成 QD のトラップ実験を行った。

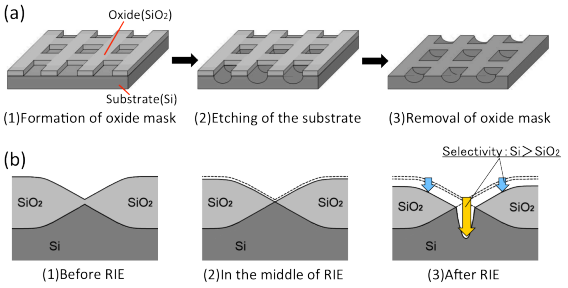

Fig.1 (a)Method of preparing nano holes.
(b)Process of Etching. Selectivity is important to prepare nano holes with high aspect ratio.

【実験】Fig.1(a)に示すように、SPM による陽極酸化で形成される SiO_2 をエッチングマスクとして用いて、ナノホールを作製した。この SiO_2 マスクのエッジは傾斜しているため、高アスペクト比のナノホールを得るためには、(b)に示すように Si と SiO_2 のエッチングレートの差(選択比)を利用する必要がある。そこで、SiO_2 マスクのエッジ傾斜角の酸化条件依存性を調べ、そこから必要となる選択比を見積もるとともに、RIE における SF_6 流量、プロセス圧力、RF パワーを検討し、選択比の改善を試みた。作製したナノホールへの QD トラップ実験には PbS QD を用いた。

【結果】Fig.2 に SiO_2 マスクのエッジ傾斜角の酸化条件依存性を示す。傾斜角が大きいほど、高アスペクト比のナノホールを作製できる。印加電圧を大きく、走査速度を小さくするほど傾斜角が大きくなり、印加電圧 9.9V、走査速度 0.25μm/s の時最大傾斜角 2.8° 程度であった。傾斜角 2.8° の SiO_2 マスクを用いて幅と深さがともに化学合成 QD サイズ程度(約 5nm)のナノホールを作製するためには、RIE における選択比を 20 程度と高くする必要がある。

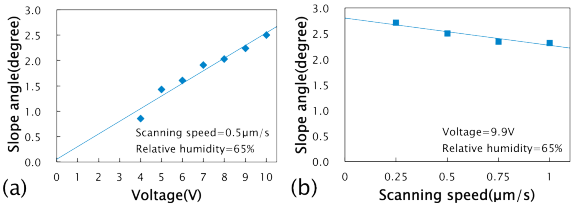

Fig.2 Slope angle of SiO_2 edge. (a)Voltage dependence, and (b)scanning speed dependence.

選択比を向上させるためには、Si の化学的エッチング量を増加させる必要がある[2]。そこで、各種パラメータを検討した結果、SF_6 流量 30ccm、プロセス圧力 40mTorr、RF パワー40W とした時、選択比 12 を得た。この選択比にてナノホールの作製を試みた結果、アスペクト比 0.4 程度のナノホールの作製に至った(Fig.3)。この条件を用いることで、直径が化学合成 QD 2 個未満でかつ深さが化学合成 QD 1 個程度のナノホールが実現できるため、単一 QD のトラップが可能であると考えられる。
試作したナノホールを用いた QD トラップ実験を行った詳細については、口頭にて発表する。

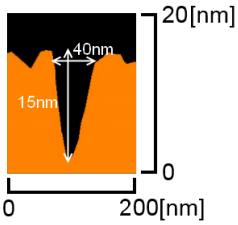

Fig.3 AFM image of nano hole.

【参考文献】[1]酒井他, 2013 年春季第 60 回応用物理学関連連合講演会, 28p-G20-10.
[2]R.Legtenberg et, J. Electrochem Soc. Vol.142, No.6, pp2022-2024, 1995.

© 2014 年　応用物理学会