

中圧水素プラズマを用いた高アスペクト比シリコンナノコーンの形成

Formation of high-aspect-ratio Si nanocone using intermediate pressure hydrogen plasma

阪大院工, ○ (M2) 野村 俊光, 木元 健太, 垣内 弘章, 安武 潔, 大参 宏昌

Osaka Univ., ○T. Nomura, K. Kimoto, H. Kakiuchi, K. Yasutake and H. Ohmi

E-mail: nomura@ms.prec.eng.osaka-u.ac.jp / ohmi@prec.eng.osaka-u.ac.jp

1. 結 言

シリコン (Si) 表面に形成された高アスペクト比のナノコーン構造は、周囲媒体/Si 界面の屈折率傾斜により絶対光反射率を低減できるため、薄型結晶 Si 太陽電池の効率を向上させる表面構造として期待されている。しかしながら、従来この構造は、有害なケミカルを使用する手法[1]や高価な高真空装置やリソグラフィ装置が必要となる手法[2]により作製されてきた。一方、我々は中圧域 (≥ 3 kPa) の水素プラズマを用いた Si のウエハ薄化手法を研究[3]する中で、Si 表面にナノコーン構造が形成されることを発見した。本手法で高アスペクトなナノコーン構造が形成できれば、水素が廉価、無毒、低環境負荷なことに加えて、高価な排気装置が不要となることから、加工プロセスの低コスト・無害化が期待できる。そこで本研究では、ナノコーン構造の制御手法の確立を目指し、水素ガス流量、基板温度、投入電力、基板バイアス等の加工条件が Si 表面形態に与える影響を調査した。

2. 実験方法

実験では、温度制御可能なステージに設置した Si 基板とパイプ電極間に形成される 0.5 mm のギャップ中にマイクロ波 (2.45 GHz) 水素プラズマを発生させ、Si の処理を行った。加工条件として、基板温度、ガス流量、さらには基板バイアスを変化させ、加工後 Si の表面形態を走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察し、ナノコーン生成密度やアスペクト比を評価した。

3. 結果及び考察

図 1 に、加工圧力 3.3 kPa、投入電力 150 W、基板温度 15°C の条件の下、H₂ ガス流量 (5 SLM、0 SLM) ならびに基板バイアス (0 V、+50 V) を変化させ、10 分間プラズマに曝露した Si の SEM 像をそれぞれ示す。H₂ ガス流量 5 SLM では、加工後表面は光沢のある鏡面であるのに対し、H₂ ガス流量 0 SLM では、Si 表面にナノコーン構造が出現し、表面の黒色化が確認できる。さらに、図 1 (c) から、基板が正バイアスされた場合、ピラミッド状の突起が形成され、ナノコーン構造は形成されることが分かる。このことから、本プロセスは平均自由行程の短い中圧プロセスであるものの、ナノコーン構造の形成には Si へのイオン入射が重要なことがわかる。

4. 結 言

中圧マイクロ波水素プラズマを用いて Si 表面ナノコーン構造を形成し、加工条件が表面形態に与える影響を調査した。粒子の平均自由行程が短い中圧域でありながら、ナノコーン構造の形成には、プラズマ中のイオンの影響が重要であると示唆された。

[1] H. C. Chang et al., Energy Environ. Sci. **4**, (2011) 2863.

[2] H. Savin et al., Nat. Nanotechnol. **10**, (2015) 624.

[3] 野村他、第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集 (2020) 11p-Z12-14.

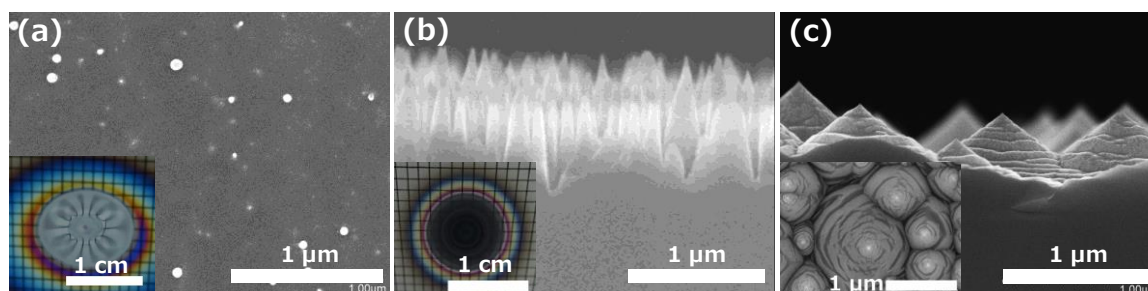


Fig.1 SEM images of Si samples treated by hydrogen microwave plasma. (a) and (b) were treated under the substrate bias of 0 V at the H₂ flow rate of 5 and 0 SLM, respectively. Insets of (a) and (b) are sample photographs of each sample. (c) was formed at the substrate bias of 50 V and H₂ flow rate of 0 SLM.