

課題番号 : F-16-AT-0019
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : 中性粒子ビームエッチング技術を用いた量子ドット太陽電池の開発
 Program Title (English) : Development of Neutral Beam Etching Technology for Nano-Fabrication
 利用者名(日本語) : モラ モハマド ザマン, 野田 周一, 寒川 誠二
 Username (English) : Md. Zaman Molla, S. Noda, S. Samukawa
 所属名(日本語) : 東北大学流体科学研究所
 Affiliation (English) : Institute of Fluid Science, Tohoku University

1. 概要(Summary)

ナノスケールの鉄コアを内包するフェリチンタンパク質を用いるバイオテンプレート技術と、チャージフリー、紫外光フリーの極低損傷中性粒子ビームエッチング(NBE)技術[1]を用いて SiC をバリア層とする Si 量子ドット超格子(QDSL)構造を用いた Si 量子ドット太陽電池の検討を行っている[2]。今年度は多結晶 Si/SiC 多層量子井戸構造の結晶性改善と SiC 層中 C の拡散制御に特化したプロセス最適化を行い、大幅な改善をすることができた。NBEによって形成した Si QDSL 構造のエッチング面の欠陥のパッシベーションを ALD による Al₂O₃ 膜により行い、欠陥によるリーク電流評価も行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

原子層堆積装置

【実験方法】

Fig. 1 に試料の作製プロセスの概要を示す。Si 基板上に 2 nm 厚の SiC と 4 nm 厚の Si 層を繰り返し積層した量子井戸構造を作製した後、スピコートにより表面にフェリチンを 2 次元配列させる(Fig. 1 (a))。次に鉄コア表面のフェリチンたんぱく質を灰化処理して取り除いてからこの鉄コアをマスクとして NBE によりエッチングを行うことによりナノピラー構造を形成して Si QDSL 構造が完成する(Fig. 1 (b))。ここまでのプロセスは東北大学の施設で実施した。次に NPF にて原子層堆積装置(ALD)を用いてナノピラーの間隙および上部に Al₂O₃ 膜を堆積することにより、Si ナノディスクの側壁の欠陥パッシベーションおよび間隙の埋め込みを行った。

Si 多結晶層は、基板温度 600°C の Si 蒸着で堆積した後 Ar 中の再結晶化アニールで結晶粒を成長させた。Si 層の結晶性向上と SiC 層からの C の拡散抑制はアニール温度に対してトレードオフであるため、温度と処理時間を変えて最適条件を決定した。

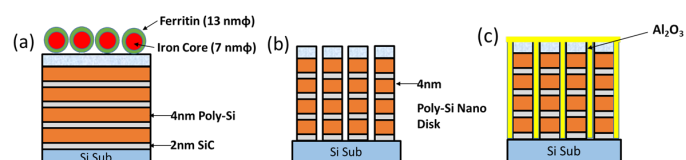


Fig. 1 Si QDSL formation process.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 2 は 4 層の Si/SiC 層を形成後に様々な条件で再結晶化アニールを行ったサンプルの XRD パターン(Inplane)、Fig. 3 は SIMS で測定した C 濃度の深さ方向分布を示す。サーマルバジェットを考慮し処理温度(800, 900, 1000°C)と処理時間(30, 20, 10 分)の逆相関の組み合わせを比較した。その結果 800°C, 30 分の条件で最も結晶性がよく C の拡散が抑えられていることが分かった。さらに、Si QDSL 構造形成後のサンプルに 2nm 厚の ALD-Al₂O₃ パッシベーション膜形成を行ったサンプルの導電性 AFM 測定により、エッチング表面欠陥起因のリーク電流が格段に改善されることを確認した。

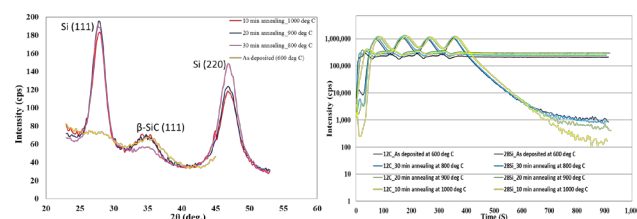


Fig. 2 Crystallinity. Fig. 3 C depth profile.

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

- [1] 寒川, 応用物理, **83** (2014) 894.
 [2] M. M. Rahman *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55** (2016) 032303.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) Md. Z. Molla, S. Noda, and S. Samukawa, 77th JSAP Autumn Meeting, 13p-B13-12, 2016.

6. 関連特許(Patent)

なし。