シリコンナノ結晶/酸化シリコンを複合化した 導電性パッシベーション膜の検討 Fabrication of silicon-nanocrystals-embedded

silicon oxide passivating contacts

名大院工<sup>1</sup> <sup>O</sup>津幡 亮平<sup>1</sup>, 後藤 和泰<sup>1</sup>, 黒川 康良<sup>1</sup>, 宇佐美 徳隆<sup>1</sup>

Graduate School of Engineering, Nagoya Univ.<sup>1</sup>, <sup>o</sup>Ryohei Tsubata<sup>1</sup>, Kazuhiro Gotoh<sup>1</sup>, Yasuyoshi Kurokawa<sup>1</sup>, Noritaka Usami<sup>1</sup> E-mail: tsubata.ryohei@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

## 緒言

近年、極薄の酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)を用いた TOPCon(POLO)太陽電池において、26.1%の高 い変換効率が達成された。極薄 SiO2 膜は、パ ッシベーション層として高い性能を示し、トン ネル効果やピンホールによりキャリア輸送が 可能とされている。厚い SiO<sub>2</sub> 膜は、シリコン に対して非常に高いパッシベーション性能を 示すが、絶縁性ゆえに膜厚が制限されている。 キャリア輸送が可能な厚い酸化膜は、TOPCon 型太陽電池のさらなる性能向上、および様々な 材料と結晶シリコン(c-Si)との接合への応用 に有望である。そこで我々は、SiO<sub>x</sub>母材中のシ リコンナノ結晶 (Si-NC) をキャリア輸送経路 として利用する新規パッシベーション膜を着 想した。本研究では、SiO<sub>x</sub>母材中の Si-NC を作 製し、パッシベーション性能の評価を行った。 実験方法

フッ酸洗浄を行った n 型 Si(100)基板の両面 にプラズマ援用化学気相堆積法を用いて n<sup>+</sup>-a-Si:H/a-SiOy:H/a-SiOy:H 積層構造 を製膜した。ここで x<yの関係がある。表面側 の a-SiOy:H 層と a-SiOx:H 層、n<sup>+</sup>-a-Si:H 層の膜 厚はそれぞれ 2, 5, 30 nm に固定し、基板側の a-SiOy:H 層の膜厚を 0, 1, 2, 4 nm と変化させた。 N<sub>2</sub> 97%、H<sub>2</sub> 3%の混合雰囲気で 30分の熱処理 を行い、SiOx 母材中に Si-NC を形成した。熱処 理温度は 750, 800, 900, 950 °C と変化させた。 その後、透過型電子顕微鏡(TEM)による断 面観察、擬似定常状態光伝導度(QSSPC)法に よる実効キャリアライフタイム( $\tau_{eff}$ )測定を 行った。

## 結果と考察

図1に750,950 ℃ アニール後における断面 TEM 像を示す。750 ℃ アニール後の TEM 像で は n<sup>+</sup>-a-Si:H 層と a-SiO<sub>x</sub>:H 層に格子縞を確認し た。以上から n<sup>+</sup>-a-Si:H 層は結晶化し、a-SiO<sub>x</sub>:H 層中に直径約 3 nm の Si-NC が形成しているこ とがわかった。950 ℃ アニール後の試料では n<sup>+</sup>-a-Si:H 層の結晶化に加え、基板側の a-SiO<sub>y</sub>:H 層にて結晶 Si のエピタキシャル成長が確認で きた。 図2に各試料における<sub>teff</sub>のアニール温度依存性を示す。アニール温度上昇に伴う<sub>teff</sub>の減少を確認した。これは、エピタキシャル成長による界面品質の低下が原因である。また、基板側 a-SiO<sub>y</sub>:H層1nm 試料において最大の平均<sub>teff</sub>, 630 µs を記録した。



Fig. 1. Cross-sectional TEM images after annealing at (a) 750 and (b) 950 °C. The yellow line represents the boundary of each layer, and the area surrounded by white circles represents the silicon nanocrystal.



Fig. 2. Effective carrier lifetime at injection level of  $1.0\times10^{15}~cm^{-3}$  as a function of annealing temperature.

## 結言

SiO<sub>x</sub> 母材中に Si-NC を埋め込んだパッシベ ーション膜を作製した。750 °C でアニール後、 Si-NC が形成され、基板側の a-SiO<sub>y</sub>:H 層の膜厚 が 1 nm の試料で最大の平均 τ<sub>eff</sub>, 630 µs を得た。 これは、a-SiO<sub>y</sub>:H 層が結晶化した 950 °C アニ ールの場合と比較して 73.6 倍の値である。 謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発 機構(NEDO)と日本学術振興会(JSPS)の支 援のもと行われた。