

炭素・水素を含む CZ-Si 結晶中に形成される Ultrashallow Thermal Donor の形成メカニズム

Formation Mechanism of Ultrashallow Thermal Donors in Carbon- and Hydrogen-rich CZ-Si Crystals

東北学院大工¹, °原明人¹, 淡野照義¹

Tohoku Gakuin Univ.¹, °Akito Hara¹, Teruyoshi Awano¹

E-mail: akito@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

【はじめに】太陽電池グレードの多結晶シリコン(mc-Si)は、炭素・酸素・窒素などの軽元素不純物を高濃度を含んでいる。上記不純物に加え、水素は mc-Si 太陽電池における重要な元素である。水素を含むガスを用いた薄膜成長は、しばしばデバイスの製造プロセスに利用されているからである。我々は、炭素と水素を含んだ CZ-Si 中に Ultrashallow Thermal Donors (USTDs) と呼ばれる新種のドナーの発生を確認している¹⁾。本研究では、USTDs の形成メカニズムについて議論する^{2,3)}。

【実験】引き上げ時に炭素をドーピングした高抵抗炭素ドーピング CZ-Si 結晶を使用した。水素の導入は、ウェット酸素中で 60 分間、1300℃での高温アニールの後、急冷処理により行った。光吸収測定は、分子科学研究所 UVSOR ビームライン 6B で実施した。測定温度は 8-10K である。

【結果】図 1 は USTDs と水素関連ドナーとして知られている Shallow Thermal Donors [STD(H)s] の透過スペクトルの熱処理時間依存性(@480℃)である。STD(H)s は、初期の 10 時間以内に素早く生成される。一方、USTDs の形成速度は非常に遅い。さらに、USTDs が形成されるとともに STD(H)s の強度が減少する。別の実験から、炭素を含まない水素導入 CZ-Si では STD(H)s の強度は熱処理時間とともに変化しないことが明らかになった。また、炭素を含まない水素導入 CZ-Si には USTDs は発生しないことも確認された。

【考察】上記の結果は、炭素不純物が USTDs の生成に不可欠な要素であり、熱処理時間とともに STD(H)s が減少する現象には、炭素が深く関わっていることを示している。炭素は、置換位置を占め拡散係数は非常に小さい。一方、格子間炭素の拡散係数は、置換位置炭素の拡散係数よりも非常に大きいことが推測される。従って、480℃熱処理の初期の段階に非常に大きな形成速度で発生した STD(H)s が、格子間炭素と結合することにより USTDs に変化したと考えられる。なお、炭素ドーピング CZ-Si には 480℃熱処理で炭素酸素(CO)複合体が形成される。この複合体欠陥に水素が結合することにより USTDs に変化する機構も考えられるが、このモデルは実験結果を説明できないことが明らかになっている。

【結論】炭素及び水素を含んだ CZ-Si 結晶内の USTDs の形成機構を調べた。480℃熱処理の初期段階において、STD(H)s が高速に形成され、第二段階では、炭素が格子間又は interstitialcy 機構を介して拡散し、STD(H)s と結合することにより STD(H)s の電子構造が変調され USTDs に変化したと考えることができる。

【謝辞】本研究は分子科学研究所 UVSOR の共同研究プログラムの支援を受けている。

【参考文献】

- 1) A. Hara, T. Awano, Y. Ohno and I. Yonenaga: Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) 050203.
- 2) A. Hara and T. Awano: UVSOR ACTIVITY REPORT 2012, p.103, <https://www.uvsor.ims.ac.jp>
- 3) A. Hara and T. Awano: to be submitted to UVSOR ACTIVITY REPORT 2013

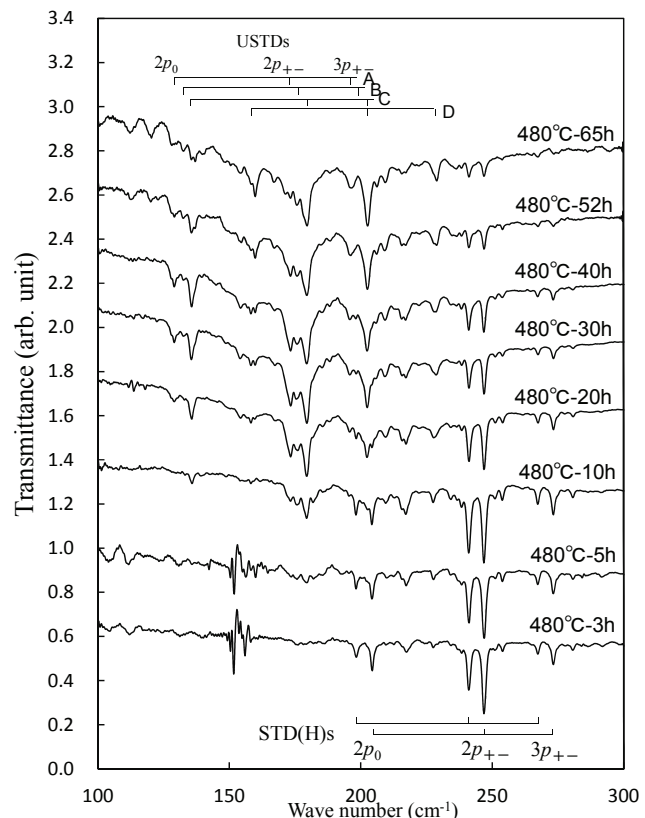


図 1. 透過スペクトル