硫化ゲルマニウム薄膜の電子物性と局在準位評価

Electronic properties and localized states in Ge-S films

群馬大理工　°黒岩昌悟，後藤 民浩

Graduate School of Science and Technology, Gunma University

°Shogo Kuroiwa, Tamihiro Gotoh

E-mail: t191d025@gunma-u.ac.jp

はじめに：電子デバイスの 3 次元高密度化に伴い、2 端子セレクタ素子の重要性が高まっている。セレクタ素子には、しきい電圧で低抵抗化するアモルファスカルコゲナイドのスイッチ現象（Ovonic threshold switch: OTS）が利用されている[1]。しかしながら、従来の OTS セレクタは複雑で環境負荷の大きい物質で構成されており、安定で優れた特性の実現が課題である。これらを解決する材料として、最近、GeS が安定で優れたスイッチ特性を示すことが報告された[2]。高い電流密度と良好なスイッチ特性を併せ持つことから、相変化メモリだけでなく様々な特性のメモリに対応する OTS セレクタとして期待できる。一方、低抵抗化時のキャリア特性には不明な点が残されている。そこで、GeS 薄膜の電子物性および局在準位の理解を目的に研究をおこなった。局在準位の評価には光熱偏向分光法(Photothermal deflection spectroscopy, PDS)を用いた。

実験：真空蒸着法により石英ガラス基板上に *a*-Ge-S 薄膜を作製した。バンドギャップ(1.2eV)から簡易的に $Ge_{0.6}S_{0.4}$ の組成と見積もられた。この試料に対して次の 2 種類の熱処理を施した。Ar ガス中で 200, 300, 400 ℃の Ar 熱処理、硫黄粉末とともに 400 ℃の S 熱処理を行なった。硫黄粉末量は 0.5, 1.0, 3.0 mg と変化させた。これらの試料について、分光光度計、PDS により 0.3～4.0 eV のエネルギー領域で光吸収係数スペクトルを求め、状態密度を算出した。さらに、電気抵抗率の温度依存性と熱起電力の測定により、活性化エネルギーと多数キャリアを調べた。

結果：図 1 に 400 ℃で Ar 熱処理した *a*-Ge-S 薄膜の光吸収係数スペクトルを示す。実験結果をシンボルで、計算により得られた近似曲線を実線で示す。ガウス分布を仮定した光吸収とアーバックテイル吸収の和は実験結果を良く再現している。光吸収の解析結果と電気抵抗率の温度依存性、熱起電力の結果に基づいて描いた *a*-Ge-S の状態密度モデルを図 2 に示す。Ge リッチ組成で観測される伝導帯下の大きな状態密度は Ge-Ge の反結合状態に対応する。また、価電子帯側の深い準位がしきい電圧の印加によりキャリアを供給し、良好なスイッチ特性をもたらすと考えられる。

[1] D. Kau, *et al.*, in 2009 *Int. Electron Devices Meeting* (*IEDM*) 27.1.1 (IEEE, 2009) [2] S. Jia, *et al.*, *Nat. Commun*. **11** (2020) 4636.

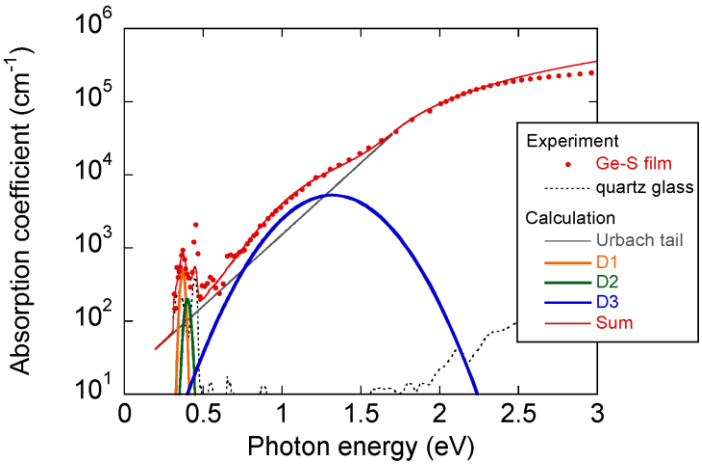

図 1　熱処理した *a*-Ge-S 薄膜の光吸収係数スペクトル

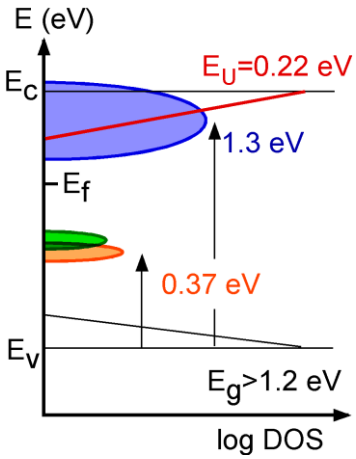

図 2　*a*-Ge-S 薄膜の状態密度モデル