n 型 SnS 単結晶/MoO_3 接合を用いた太陽電池の変換効率の向上

（東北大）○鈴木一誓・リン タクシン、野上大一、川西咲子、小俣孝久

Improvement of conversion efficiency of solar cell involving junction between n-type SnS single crystal/MoO_3 / Issei Suzuki, Lin Zexin, Taichi Nogami, Sakiko Kawanishi, Takahisa Omata (Tohoku Univ.) / Tin sulfide (SnS) is a promising solar cell material, which is consisted of only non-toxic and abundant elements. The solar cells involing n-type SnS single-crystal/MoO_3 junction are expected as new device structure that can provide high open-circuit voltage (V_{OC}). However, the devices employing this structure so far have not shown the expected high performance. In this study, we investigated the effects of the electrical conductivity of the MoO_3 layer and the impurity concentration in the SnS single crystal on the output characteristics, aiming to improve the conversion efficiency of n-type SnS/MoO_3 junction solar cells.
問合先：issei.suzuki@tohoku.ac.jp

【緒言】硫化スズ（SnS）は安全で豊富な元素から構成され、太陽電池材料として期待されているが、これまでに作製された SnS 太陽電池の変換効率は 4–5%と高くない。その最大の原因は、低い開放電圧（V_{OC} = 300-400 mV）であり、変換効率の改善には V_{OC} の向上が欠かせない。XPS を用いた研究から、n 型 SnS 単結晶/MoO_3 の接合を太陽電池に応用することで、700-800 mV の大きな V_{OC} が期待できることが示されている[1]。しかし、この接合を用いてこれまでに作製した太陽電池は、V_{OC} が 400 mV 程度に留まっていた。加えて曲線因子（FF）も 40%程度と低いことから、変換効率（η）は 3%台であり、向上の余地が大きい。素子の発電特性の解析から、MoO_3 層の電気伝導度の向上により FF の改善が、単結晶中の不純物濃度の低減により V_{OC} の改善が期待できることがわかっている [2]。本研究では、n 型 SnS 単結晶/MoO_3 接合太陽電池の変換効率の向上を狙い、MoO_3 層の伝導度や、n 型 SnS 単結晶中の不純物濃度が発電特性に与える影響について調べた。

【実験方法】フラックス法によって作製した Br ドープ n 型 SnS 単結晶をへき開し、その上に MoO_3 薄膜（膜厚: 3–12 nm）を抵抗加熱蒸着した。図 1 のように裏面電極として In-Ga 合金、透明電極として ITO を用いて素子を作製した。MoO_3 層の電気伝導度は、蒸着源の MoO_3 粉末をあらかじめ真空中でアニールすることで制御した。また、SnS 単結晶は SnS 粉末と共に SiO_2 ガラス管に真空封入してアニールした。これにより単結晶中の Br を SnS 粉末へと拡散させて単結晶の不純物濃度を低減した。

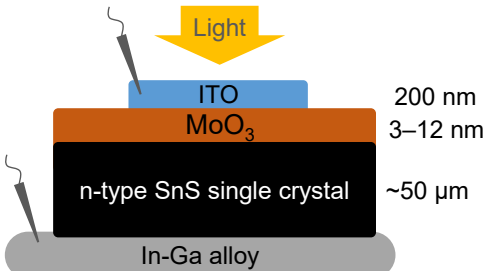

Fig. 1 Schematic illustration of the solar cell device.

【結果と考察】あらかじめ真空アニールした MoO_3 粉末を蒸着源に用いることで、MoO_3 層の伝導度はアニールしなかったものと比べて約 1000 倍向上した。図 2 に、電気伝導度が異なる MoO_3 層を用いた素子の J-V カーブと、出力パラメータを示す。MoO_3 層の伝導度が向上することで、FF が 14%改善した。MoO_3 層の伝導度の向上に伴い、素子の直列抵抗が 8.0 Ωcm^2 から 3.6 Ωcm^2 へ低減されており、これにより FF が向上したと推察される。SnS 単結晶のドーパント濃度が V_{OC} や外部量子効率などに与える影響については当日報告する。

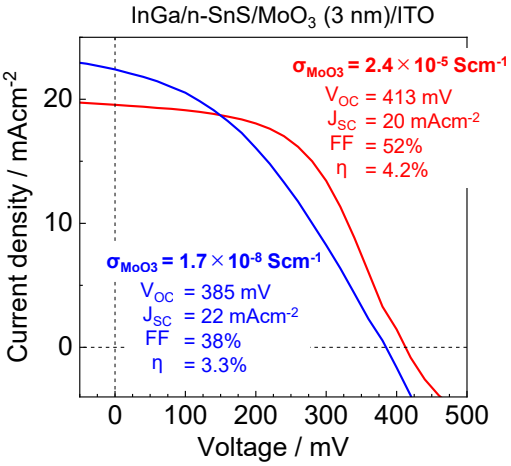

Fig. 2 J–V curves and photovoltaic properties of the devices using MoO_3 layers with different conductivity.

[1] セラ協 2021 年会『フェルミ準位がとりうるエネルギー範囲からみた SnS 太陽電池のポテンシャル』
[2] セラ協 2022 秋季シンポジウム『大きなバンド屈曲を示す n 型 SnS/MoO_3 接合の太陽電池への応用』

© 2022年 応用物理学会