

パルスレーザー堆積法で作製した (Mn,Fe)Si_{-1.7} 薄膜のバンドギャップ

Energy bandgap of (Mn,Fe)Si_{-1.7} thin films prepared by pulsed laser deposition method

°石井 健太郎、林 慶†、宮崎 譲 (東北大)

°Kentaro Ishii, Kei Hayashi, Yuzuru Miyazaki (Tohoku Univ.)

†E-mail: hayashik@crystal.apph.tohoku.ac.jp

【はじめに】最近、我々はパルスレーザー堆積法を用いて高配向の MnSi_{-1.7} 薄膜を成膜することに成功した[1]。バルクの MnSi_{-1.7} は p 型の縮退半導体であり、バンドギャップは 0.77 eV であることが知られている[2]。したがって、MnSi_{-1.7} は近赤外光を効率よく電力変換できる薄膜太陽電池材料となる可能性がある。しかしながら、MnSi_{-1.7} 薄膜のバンドギャップは間接遷移型と直接遷移型の両方が報告されており、値も一致していない[3, 4]。そこで、本研究では MnSi_{-1.7} 薄膜のバンドギャップの測定を目的とした。また、太陽電池に応用する上では n 型の薄膜が必要であることから、Mn を Fe で部分置換した Mn_{0.7}Fe_{0.3}Si_{-1.7} 薄膜の成膜とバンドギャップ計測を試みた。

【実験方法】Mn(3N)、Fe(3N)、Si(4N)の粉末を MnSi₂、Mn_{0.7}Fe_{0.3}Si₂ の仕込み組成になるように秤量し、アーク溶解で合成した。合成した試料を粉碎し、放電プラズマ焼結により 10 mm φ×3 mm t の円盤状ターゲットを作製した。ターゲットを超高真空(~1×10⁻⁶ Pa)のチャンバー内に設置し、266 nm のパルスレーザーを照射することで MnSi_{-1.7} 薄膜と Mn_{0.7}Fe_{0.3}Si_{-1.7} 薄膜を作製した。基板は R 面サファイア、成膜時の温度は 700°C である。薄膜の結晶構造と表面形状をそれぞれ X 線回折とレーザー顕微鏡を用いて調べた。紫外・可視・近赤外吸収分光によりバンドギャップを測定した。

【結果と考察】MnSi_{-1.7} 薄膜と Mn_{0.7}Fe_{0.3}Si_{-1.7} 薄膜のいずれも高い a 軸配向性を示すことがわかった。結晶粒の大きさは膜厚の増加に伴い大きくなった。図 1 に MnSi_{-1.7} 薄膜の吸光スペクトルを示す。91 nm よりも膜厚が厚くなると吸収の立ち上がりが低エネルギー側に大きくシフトすることがわかる。この原因は、結晶粒が大きくなったことで、薄膜と基板の界面における反射が増大したためと考えられる。膜厚 91 nm 以下の薄膜の吸光スペクトルからエネルギーギャップを求めたところ、直接遷移型で 0.69 eV であった。さらに、吸収係数が 10⁵ cm⁻¹ オーダーで大きいことから、近赤外の薄膜太陽電池材料として使えることがわかった。講演では Mn_{0.7}Fe_{0.3}Si_{-1.7} 薄膜のバンドギャップについても報告する。

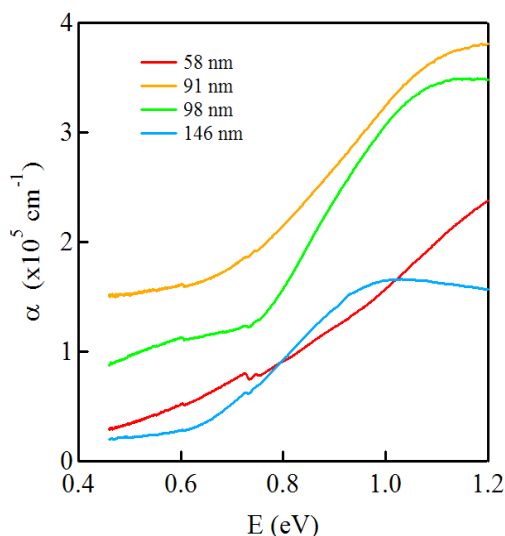


図 1. MnSi_{-1.7} 薄膜の吸光スペクトル

[1] M. Takeda *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **5** (2012) 055501.

[2] D. B. Migas *et al.*, *Phys. Rev. B*, **77** (2008) 075208.

[3] St. Teichert *et al.*, *Appl. Surf. Sci.*, **104/105** (1996) 679.

[4] M. Rabien *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **81** (2002) 649.