

## 1. はじめに

すべての物質は正の荷電粒子(原子核, 陽イオン)と負の荷電粒子(電子, 陰イオン)で構成されているため電磁波との相互作用を起こす[1]。物質の電磁応答に資する最も基本的な物理量である誘電率は、物質を理解するための重要な要素の一つである。現在実用化されている Bi-Te 系熱電材料は、毒性の強い元素を含んでいる。一方、 $\text{MnSi}_{1.73}$  や  $\text{FeSi}_2$  の構成元素は環境親和性及び入手性が高い。 $\text{MnSi}_{1.73}$  は  $\text{FeSi}_2$  と比較して熱起電力が高く、熱伝導率が小さいという特徴を併せ持つ[2]。本研究では、 $\text{MnSi}_{1.73}$  の複素誘電率をシリコンや  $\text{FeSi}_2$  と比較しつつ、その誘電特性および電気特性を理解することを目的とする。

## 2. 実験方法

今回解析した  $\text{MnSi}_{1.73}$  は、1135°C、1Pa の減圧雰囲気下で熱処理した焼結体である[3]。また、 $\text{FeSi}_2$  は、800°C真空中で熱処理した焼結体である。これらの試料をエポキシ樹脂に埋め込み、鏡面研磨した。分光エリプソメトリ法では、物質表面での光反射の偏光状態の変化を計測し、そこから誘電率を間接的に求める。偏光状態の変化分は振幅比  $\tan\Psi$  と位相差  $\Delta$  で表される。 $\tan\Psi$  と  $\Delta$  の関係は複素反射率比  $\rho$  となり、次の(1)式で示される。

$$\rho = \frac{|r_p|}{|r_s|} e^{i(\delta_p - \delta_s)} = \tan\Psi e^{i\Delta} \dots(1)$$

さらに以下の(2)と(3)式より複素誘電率の実部  $\epsilon_r$  と虚部  $\epsilon_i$  を求めることができる[4]。

$$\epsilon_r = \frac{\{\sin^2\Psi \tan^2\Psi(\cos^2 2\Psi - \sin^2 2\Psi \sin^2\Delta)\}}{(1 + \sin 2\Psi \cos\Delta)^2} + \sin^2\Psi \dots(2)$$

$$\epsilon_i = \frac{\sin^2\Psi \tan^2 4\Psi \sin\Delta}{(1 + \sin 2\Psi \cos\Delta)^2} \dots(3)$$

分光エリプソメーター(堀場, UVISEL)を用いて  $\Psi$  と  $\Delta$  を測定し、そこから  $\epsilon_r$  と  $\epsilon_i$  を算出した。光子エネルギーの範囲は 0.75-4.0eV とし、偏光子の角度を 0°, 検光子の角度を 45°とした。

## 3. 結果

図 1、2 および 3 に Si、 $\text{MnSi}_{1.73}$  および  $\text{FeSi}_2$  の複素誘電率スペクトルを示す。いずれも、特に誘電率の虚部である  $\epsilon_i$  に注目した。シリコンでは 3.3eV 付近に最大ピークがあるのに対して  $\text{MnSi}_{1.73}$  では 1.2eV、 $\text{FeSi}_2$  は 1.6eV であった。これは Si、 $\text{MnSi}_{1.73}$  および  $\text{FeSi}_2$  のエネルギーバンド構造の違いを反映している。また、 $\text{MnSi}_{1.73}$  と  $\text{FeSi}_2$  では全体的に光エネルギーの増加に伴い  $\epsilon_i$  が減少する傾向が得られた。これは自由電子の存在を示しているものと考えられる。

## 4. まとめ

分光エリプソメトリ法により  $\text{MnSi}_{1.73}$  及び  $\text{FeSi}_2$  の複素誘電率を得ることができた。また  $\text{MnSi}_{1.73}$  と  $\text{FeSi}_2$  で虚部  $\epsilon_i$  でのピークの位置が違うことを確認した。

## 文献

- [1] 坂田 亮: “理工学基礎 物性科学”, 培風館(1994), p.221
- [2] 坂田 亮: “新教科書シリーズ 熱電変換-基礎と応用”, 裳華房(2005), pp.121-124.
- [3] T. Iizuka, M. Kato, I. Ohsugi, T. Kojima, I. Nishida, H. Kohri, I. Shiota, & T. Suzuki. Trans. Mat. Res. Soc. Japan, 29(2004) pp. 2805-2807.
- [4] 佐藤 勝昭: “基礎から学ぶ光物性第3章”, <http://home.sato-gallery.com/hikaribussei/chap3.html> (2011)

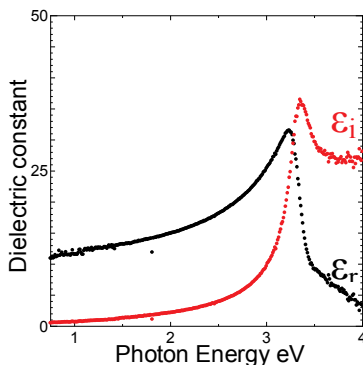
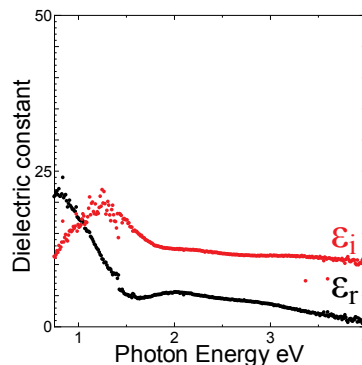
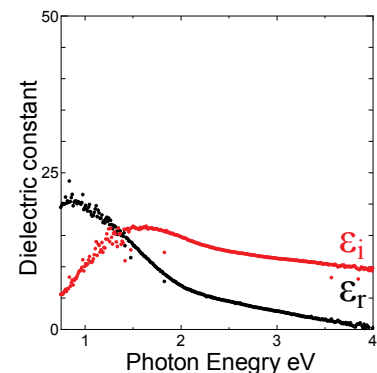


図 1 Si の複素誘電率

図 2  $\text{MnSi}_{1.73}$  の複素誘電率図 3  $\text{FeSi}_2$  の複素誘電率