

提出日： 2024 年 5 月 27 日

共同利用研究の種類： ☐国際共同研究 ☒一般共同研究 ☐設備共同利用 ☐ワークショップ課題名： 6 軸プレスを活用した高温高压下における熱電材料のパワーファクター測定共同研究員氏名： 森 嘉久所属・職名： 岡山理科大学・教授

分担者氏名： _____

分担者所属・職名： _____

研究報告・ワークショップ実施報告：

資源量が豊富かつ人体に無害な Mg と Si から成るシリサイド半導体である Mg_2Si に対し、6 軸超高压発生装置（6UHP-70）を活用して高压下における熱電性能の測定を実施している。理論研究の報告によると、Al をドーピングした Mg_2Si は圧力によってその電子状態が大きく変化し、その結果としてゼーベック係数やパワーファクターが圧力によって増減することが示唆されている。実際にこの試料に対して圧力依存性の熱電性能実験を行った結果、圧力の増加に対してゼーベック係数が 1 GPa までは増加した後に減少することを示した。この実験結果は理論予測と良い一致を示したが、加圧装置に DAC を用いていたことを考慮すると、実験データの精度は低いと思われる。そこで、データの精度を向上させるために 6 軸プレスを活用した高温高压下での熱電性能測定実験を実施した。圧力は 2.5 GPa を上限とし、473 K～773 K までの測定温度範囲で 50 K おきにゼーベック係数を測定した結果、1.5 GPa までの圧力印加に伴い減少し、その後増加する傾向が見られた。電気抵抗の測定においても、圧力増加とともに電気抵抗率は減少し、その後ほぼ一定の値になることが分かった。双方の実験結果より求まるパワーファクターを Fig.1 に示すが、圧力増加に伴い 1.5 GPa までは上昇し、その後徐々に減少していく傾向が見られた。

理論の報告によると、この圧力に対する特異な現象は、Al ドーピングによるものであるとされている。そこで、そのことを明らかにするために、ドーピングしていない Mg_2Si 熱電材料に対しても同様の実験を

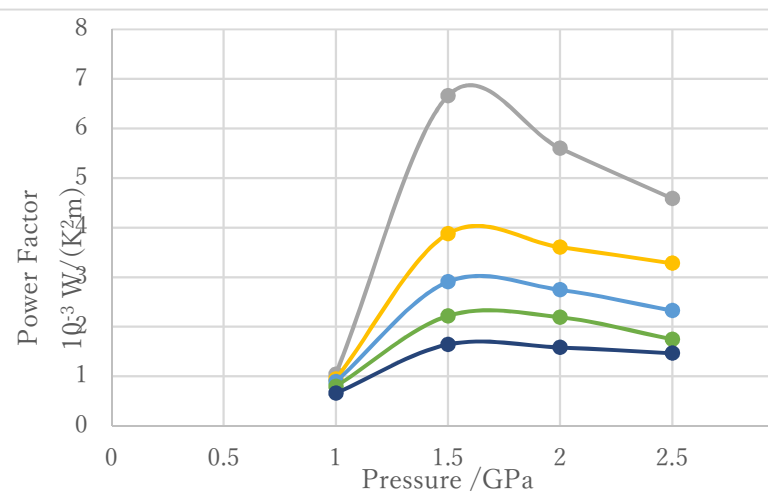


Fig. 1. Pressure dependence of power factor on Al-doped Mg_2Si at various temperature. The value of power factor increases up to 1.5 GPa and then begins to decrease with increasing pressure.

行うことにした。試料としては、 MgH_2 と Si の混合粉末を出発原料とし、そのペレット状試料を SPS 合成したものを直径 3.0 mm、高さ 2.2 mm のサイズに成形して試料室に封入した。圧力によるゼーベック係数の増減の精度を向上させるために、圧力を 1.0 GPa から 2.5 GPa まで 0.25 GPa 刻みで実験を行った。

温度の制御に関して、本測定装置はデュアルヒーティングを特徴の一つとしており、各測定温度における試料内の温度差に対する熱起電力の直線性を確認しながら測定を行うため、ゼーベック係数の測定精度は向上するものの、長い測定時間を要する結果となる。本試料の場合、各測定温度の直線性は既に確認できているため、今回はシングルヒーティングで試料内に温度差をつけ、その温度差に対する熱起電力を測定することでゼーベック係数を求め、比較することにした。この測定方法では、測定温度によって温度差が変化するが、一方で温度を連続的に変化させることが可能となり、熱伝導測定に対する知見を得ることができる。

Fig.2 に測定時間に対する熱起電力（左軸）と温度（右軸）の結果を示すが、温度に追従して熱起電力が変化していることが分かる。しかしながら、温度は ± 150 K を sin 波で振動するように制御していたが、それによる熱起電力では、特に温度差の大きな場所で追従できていないことが分かる。これが温度差に対する熱起電力の直線性の崩れによるものか、熱伝導の遅延によるものかを今後調べる必要がある。

Fig.3 には、温度に対するゼーベック係数の圧力依存性を示している。これまでは 50 K 刻みでゼーベック係数をプロットしていたが、この方法では 50 K~350 K の温度に対するゼーベック係数を連続的に測定できる。圧力増加に伴いゼーベック係数の値は連続的に小さくなっており、Al ドープの試料のように途中から大きくなることはなかった。

なお、研究成果の一部は、第 85 回応用物理学会秋季学術講演会や MRM2023/IUMRS-ICA2023 の国際会議で報告した。

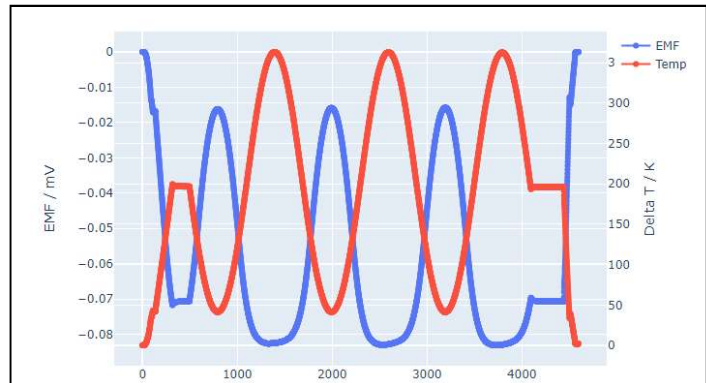


Fig. 2. Pressure dependence of Seebeck coefficient on (undoped) Mg_2Si at various temperature. The value of Seebeck coefficient decreased monotonically with increasing pressure up to 2.5 GPa.

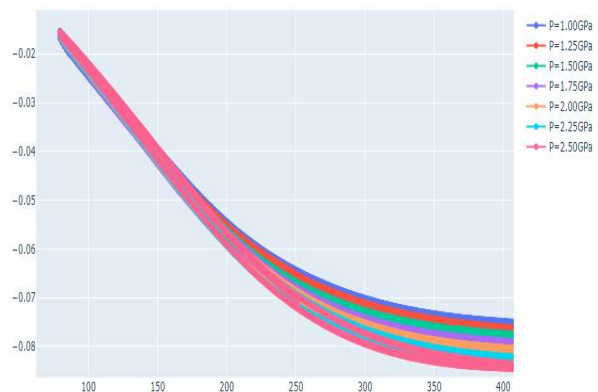


Fig. 3. Pressure dependence of Seebeck coefficient on (undoped) Mg_2Si at various temperature. The value of Seebeck coefficient decreased monotonically with increasing pressure up to 2.5 GPa.