

FeSi₂ 熱電半導体と銅板のろう材による接合条件の検討

Examination of Joining Conditions of Copper Plate to FeSi₂ Thermoelectric Semiconductor
by Brazing Metals

EE41 正木達也
指導教員 加藤雅彦

1. はじめに

熱電半導体は p 形と n 形を組み合わせた素子として用いられるが、一つの素子だけでは電流が小さいため、数十個の素子を繋げることにより実際に使用することができる。この方法としては銅板などの金属と素子を接合していくのが簡便であるが、FeSi₂ と銅板を接触させて加熱しただけでは接合できず、また FeSi₂ は化合物なので半田で接合させることもできない。セラミック用半田を超音波を用いて接合することはできるが、一つ一つ接合していかなければならず、コストが高くなってしまったため実用には適さない。

そこで本研究では、複数の素子を銅板を用いて同時に接合する方法として、ろう材を用いる方法を検討し、ろう材の種類と加熱条件の違いによる接合状態の観察を行うことを目的とした。

2. 実験方法

ろう材として Ti 箔を Ni 箔で挟んだ Ni/Ti/Ni クラッド箔と Ni 箔単体を用いた。FeSi₂ は、耐水研磨紙 #600 で表面に光沢が出るまで研磨したものを用いた。1cm 角で厚さ 1mm の銅板の上に、Ni/Ti/Ni 箔もしくは Ni 箔、FeSi₂ の順に置き、1Pa 程度の真空中で加熱処理を行った。接合条件として、以下の 7 条件を行った。

- (条件 1) Ni/Ti/Ni 箔の大きさを銅板と同じにし、960°C で 1h 真空加熱処理した。
- (条件 2) Ni/Ti/Ni 箔の大きさを FeSi₂ との接合面と同じにし、950°C で 1h 真空加熱処理した。この際、銅板および FeSi₂ と Ni/Ti/Ni 箔との間に隙間が出ないように、上から荷重を加えた。
- (条件 3) Ni/Ti/Ni 箔に電解金メッキを施し、Ni/Ti/Ni 箔の大きさを銅板と同じにした後、950°C で 1 時間真空加熱処理した。金メッキを施した理由は、Ni/Ti/Ni 箔の酸化を抑制するためである。
- (条件 4) Ni 箔に金メッキを施し、Ni 箔の大きさを銅板と同じにして 950°C で 1h 真空加熱処理した。
- (条件 5) Ni 箔に銀メッキを施し、Ni 箔の大きさを銅板と同じにし、950°C で 1h 真空加熱処理した。
- (条件 6) Ni 箔に銀メッキを施し、Ni 箔の大きさを銅板と同じにし、950°C で 1h 真空加熱処理した。さらに、重ねた試料全体を Ni 線で固定し、950°C で 1h 真空加熱処理した。
- (条件 7) 高真空中にすれば接合できるのではと考え、石英管に FeSi₂、Ni/Ti/Ni 箔、銅板をいれ、

4.7×10⁻³Pa で真空封入した。電気炉のロータリーポンプでは 1~0.1Pa、封入装置の拡散ポンプは 10⁻³~10⁻⁴Pa なので格段に真空率が良い。その後、電気炉で 1000°C、1h 加熱処理をした。

条件 7 において箔が熔融してしまったため、どの程度の温度で熔融するかを確かめた。石英管に Ni/Ti/Ni 箔のみと、Ni/Ti/Ni 箔を銅板で挟み込んだものを入れ、1.7×10⁻³Pa で封入した。その後、電気炉で 886°C、1h 加熱処理をした。

3. 結果

条件 1 は、銅板と Ni/Ti/Ni 箔が接合している場所が見られたが、銅板が溶けてしまっていた。FeSi₂ と Ni/Ti/Ni 箔の反応はほとんど見られなかった。Ni/Ti/Ni 箔の大部分は酸化してしまっていた。

条件 2 は、Ni/Ti/Ni 箔と FeSi₂ との反応は全く見られなかったが、銅板と接合したように見えた。しかし、接合状態を確認するため Ni/Ti/Ni 箔を引っ張って見みると、剥がれ落ちてしまった。

条件 3 は、銅板とは接合されていたが、Ni/Ti/Ni 箔と FeSi₂ との接合は見られなかった。

条件 4 は、銅板と Ni 箔は接合していなかった。FeSi₂ と箔は反応しているように見えたが軽く引っ張ると簡単にとれてしまった。

条件 5 は、銅板と Ni 箔はしっかりと接合していた。FeSi₂ と Ni 箔は接合している部分はあったが、引っ張って見ると接合部分がほんの僅かだったため取れてしまった。

条件 6 は、銅板と Ni 箔はしっかりと接合していた。FeSi₂ と箔は接合しているように見えたが、引っ張って見ると抵抗を感じた後、取れてしまった。

条件 7 は、銅板と Ni/Ti/Ni 箔が熔融してしまったが接合していた。

Ni/Ti/Ni 箔や銅板を高真空中 886°C で加熱したが、Ni/Ti/Ni 箔のみでは熔融しておらず、Ni/Ti/Ni 箔を銅板で挟み込んだものは、片面は接合していなかったが、反対側は一部分だけ接合していた。

4. おわりに

10⁻³Pa 程度の真空中で 1000°C、1 時間加熱処理をすることで Ni/Ti/Ni 箔が熔融し、FeSi₂ を接合することがわかった。しかしこの際、Ni/Ti/Ni 箔とともに銅板も熔融してしまったため、加熱条件や箔へのメッキ条件などを変えて、Ni/Ti/Ni 箔のみを熔融させるような接合条件を検討していく予定である。