

シリコン廃材を用いた Mg_2Si 素子のドーピング特性評価

日大生産工(院) ○小松 大介 日大生産工(学部) 長島 祐菜, 稲木 光昭
日大生産工 清水 耕作

1 まえがき

現在、環境に低負荷でクリーンな発電方法である太陽光発電に注目が集まっている。太陽光発電では発電をする際に光によってパネルに熱が生じ、これが発電効率を下げる。本研究ではシリコンウェハを切り出す際に生じるシリコン切粉を用いて熱電変換素子を作製し、太陽電池と組み合わせることで太陽光発電の発電効率を上げることを目的としている。

本報告では熱電変換素子である Mg_2Si にドーピングを行い、pn制御を行うと同時にドーピングによって熱電変換素子の特性がどのように変化するかを評価する。

2-1 実験方法

素子作製の手順を述べる。まず不純物の含まれているSi切粉をRCA洗浄法²⁾にて洗浄する。RCA洗浄法はパーティクルや金属氧化物などを複数の段階に分けて行う洗浄方法で、過酸化水素水をベースにアンモニアなどを混ぜた複数の薬液とフッ酸を使いSi切粉を洗浄する。Si切粉の洗浄の収率は8割を目標とする。洗浄後はモル比に従い、洗浄したSi切粉とMgを混ぜ Mg_2Si にしたのちドーピングを行いpn制御をする。ドーパントはn型でNiを、p型ではMnを使用する。管状炉を使用し不活性ガスであるArを少量流しながら600℃に加熱し焼結をする。焼結した粉はプレス機にて板状の素子へと成形する。プレスの際掛ける荷重は5tに設定した。成形後、各種測定をするために必要な電極を素子上に成膜する。今回は電極にCuを使用し、成膜方法には真空蒸着法を用いた。

次に素子の特性の測定方法について述べる。本研究で行うのはホール測定と熱伝導率測定、I-V測定の3点とする。ホール測定ではドーピングした際の素子の極性を調べると共に、キャリア密度を評価する。熱伝導率測定では素子の熱伝導率を評価する。I-V測定では導電率の評価を行う。

各測定における目標値はキャリア密度: $1 \times 10^{20} [\text{1/cm}^3]$ 、熱伝導率: $8 [\text{W/mK}]$ とし、導電率: $1 \times 10^3 [\text{S/cm}]$ とした。

2-2 ホール測定

図1にホール測定の原理図を示す。ホール測定はホール効果という現象を利用した測定方法である。ホール効果とは試料に電流を流し、その電流に垂直に磁界をかけると電流と磁界に垂直な電圧が生じるというものである。この時生じる電圧をホール電圧という。これを用いて電気伝導体において基本量であるキャリア密度を求めるのがホール測定である。キャリア密度は以下の式にて求めることができる。

$$V_H = \frac{IBR_H}{t} \quad \dots(1)$$

$$R_H = \frac{1}{ep} \quad \dots(2)$$

式(1)(2)よりキャリア密度が求められる。

$$p = \frac{IB}{etV_H} \quad \dots(3)$$

p: キャリア密度、I: 電流、B: 磁束密度
e: 電荷素量、t: 素子の厚さ、 V_H : ホール電圧
 R_H : ホール係数

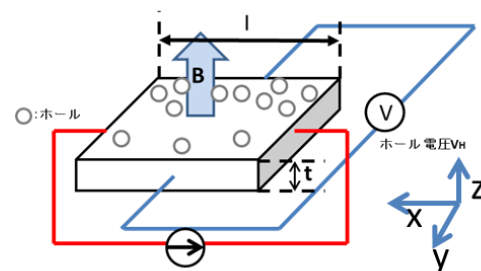


図1 p型半導体のホール測定原理図

2-3 熱伝導率測定

Doping characterization of Mg_2Si device with Si grinding sludge

Daisuke KOMATSU, Yuma NAGASHIMA, Mitsuaki INAGI
and Kousaku SHIMIZU

図2に熱伝導率測定概念図を示す。試料をCu、SUSの円柱で挟み、真空にしたチャンバー内で下部から熱を加え、温度差のグラフから熱伝導率を求める。温度はCu、SUSの円柱にそれぞれ4箇所ずつ10mm間隔で穴が開いており、そこに熱電対を刺し込み測定する。加えて試料を電極で挟み電位差も測定する。

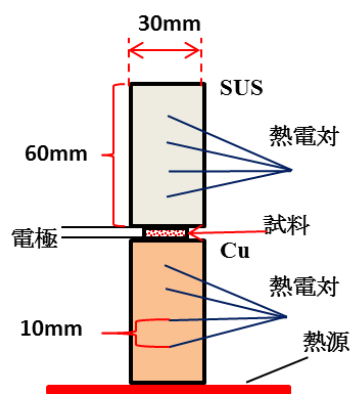


図2 熱伝導率測定概念図

3 結果および考察

図3は洗浄後のSi切粉の画像である。今回は10.1gのSi切粉を洗浄し、5.2g回収した。収率でいえば51%という結果であり、目標値である8割には届かなかった。



図3 洗浄後シリコン切粉

図4及び図5にMnをドーピングした際のホール測定結果を示す。図4ではホール電圧は正を示しているが、図5では負を示している。

これは素子の極性がn型からp型に変わったことを示しており、p型熱電変換素子が作製できたことを意味している。この結果が最適条件なのかどうかは熱伝導率測定、導電率測定を行い判断する必要がある。

4 まとめ・今後の方針

Si切粉の洗浄を行ったが収率は目標値には達しなかった。収率を上げつつ、純度を下

げない洗浄方法の検討をする必要がある。

Mg₂SiにMnをドーピングすることでp型のMg₂Siを作製することが出来た。今後は熱伝導率測定及び導電率測定を行い最適条件の検討を行う。さらにNiをドーピングすることでn型のMg₂Siの条件の検討を行っていく。

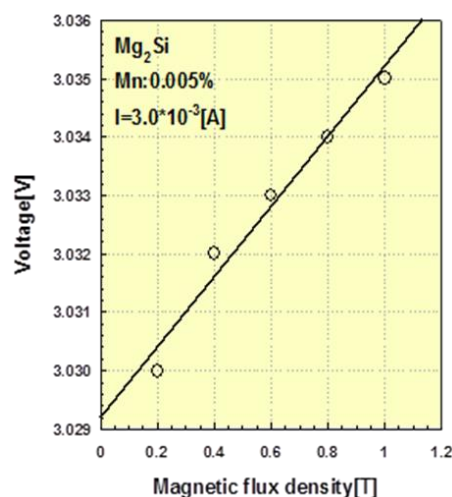


図4 Mn0.005mol%ドーピングした

際のホール測定結果

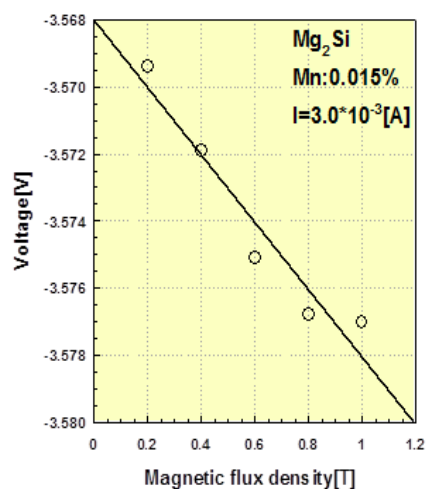


図5 Mn0.015mol%ドーピングした

際のホール測定結果

「参考文献」

- 1) 中村侑太「シリコン廃材を用いた熱電変換素子の高効率化に関する研究」(2015)
- 2) 堀池 靖浩, 小川 洋輝「はじめての半導体洗浄技術」工業調査会(2002)