

垂直ブリッジマン法で成長した高純度 Mg_2Si 結晶の結晶性評価

Characterization of high purity Mg_2Si crystals grown by vertical Bridgman method

°中野 浩平、大坪 翼、今野 嵩、鶴殿 治彦 (茨城大学)

°Kohei Nakano, Tsubasa Otsubo, Shu Konno, Haruhiko Udonon (Ibaraki University)

E-mail:udono@vc.ibaraki.ac.jp

[はじめに] Mg_2Si は地殻埋蔵量が豊富な元素で構成されるため、大量使用に適する熱電変換素子や赤外受光素子用の半導体材料として期待される[1-4]。特に高純度原料から成長した Mg_2Si 結晶では、室温でのキャリア濃度 10^{15}cm^{-3} 台の n 型結晶が比較的容易に得られており、物性値から推定される真性キャリア濃度 $1.26 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$ との違いが 10 倍程度の結晶も成長されている[2]。一方、小傾角粒界や転位発生の抑制、多結晶化の抑制などを観点とした結晶成長に関する研究報告は無いため、 Mg_2Si を基板結晶として利用していくためには高品質な結晶成長に関する研究が不可欠である。また、理論計算ではドナー性の格子間 Mg が生成し易いとの報告もあり[5]、こうした点欠陥が残留キャリアにどのように関係しているのかも興味深い。本研究では、垂直ブリッジマン法で成長した高純度 Mg_2Si 結晶の成長方位および結晶性について報告する。

[実験方法] 結晶の成長は垂直ブリッジマン法で行った。原料は、 $\text{Mg}(5\text{N})$ 、 $\text{Si}(10\text{N})$ を用いた。熱分解黒鉛(PG)コート黒鉛るつぼ($\phi 14\text{mm}$)に原料を入れ、 Mg の蒸発を抑制するために、 Ar ガス 560 Torr と共に石英アンブルに封入した。アンブルを Mg_2Si の融点以上の温度(1085°C 以上)で 2 時間融解後、5-20mm/h の速度でアンブルを下降させ結晶成長を行った。またアルキメデス法により成長した結晶の密度測定を行い、Hall 効果測定によりキャリア密度測定を行った。成長方位は XRD 測定によって調べた。

[結果と考察] 図 1 に成長した高純度 Mg_2Si 結晶の代表的な写真を示す。クラックの無い、良好な結晶が得られている。この結晶の密度を測定したところ $1.99\text{g}/\text{cm}^3$ であり、 Mg_2Si の理論密度 $1.988\text{g}/\text{cm}^3$ とほぼ同じであった。Hall 効果測定によって得られた本結晶の電子密度は $8.0 \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ であり、これ以外の結晶の測定結果を含めて $(6-8) \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ の高純度結晶を得ることができた。また、結晶の粉末 XRD 測定を行ったところ Mg_2Si 以外の Mg 、 Si などに起因する回折ピークも見られなかった。次に、成長方向に垂直面で結晶を切り出し、XRD 測定により結晶の成長方位を調べた。図 2(a), (b)は結晶#1 と#2 の測定結果である。これらから成長方位は成長結晶によって異なり、 $\langle 100 \rangle$ と $\langle 110 \rangle$ があることがわかった。

[まとめ]垂直ブリッジマン法を用いて高純度 Mg_2Si 結晶を成長し、その評価を行った。成長させた結晶の電子密度は、 $(6-8) \times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ で、成長方位は $\langle 100 \rangle$ と $\langle 110 \rangle$ があることがわかった。

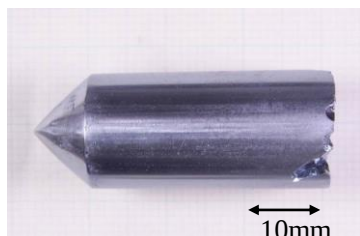


図 1.高純度 Mg_2Si 結晶写真

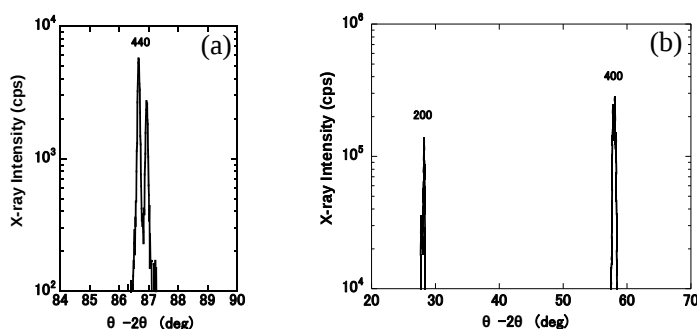


図 2. XRD 測定結果

[参考文献][1] D.Tamura et al., Thin Solid Films, 515(2007)8272.

[2] H. Udonon et al., Jpn.J.Appl.Phys.,54, (2015) 07 JB06. [3] H. Udonon et al., J. Phys. Chem. Sol., 74(2013)311.

[4] K.Kambe, H.Udonon, J.Electron.Mat.,43(2014) 2212. [5] A. Kato et al., J. Phys.: Condens. Matter 21(2009)20581.

[謝辞]本研究の一部は、科学研究費補助金(25289081)の補助を受けて行った。