

Mg₂Si バルク結晶の熱処理によるキャリア濃度への影響

Effect of annealing on carrier density of Mg₂Si bulk crystal

°中野 浩平、鵜殿 治彦 (茨城大院)

°Kohei Nakano, Haruhiko Udonon (Ibaraki Univ.)

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

[はじめに] Mg₂Si は、室温で約 0.6eV の禁制帯幅を持つ間接遷移型半導体で、その構成元素は地殻埋蔵量が豊富であるため、汎用の赤外受光素子用の半導体材料として期待されている[1-4]。特に高純度原料を用いて成長した結晶では、室温でのキャリア濃度が 10^{15}cm^{-3} 台の n 型結晶が得られており、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、単結晶領域の拡大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、Mg₂Si を赤外受光素子の基板結晶として用いる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があり[5]、このような点欠陥が残留キャリア濃度に及ぼす影響を検討する必要がある。本研究では、垂直ブリッジマン法で高純度 Mg₂Si 結晶を成長させ、熱処理によりキャリア濃度がどのように変化するか調べたので報告する。

[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、Mg(5N)、Si(10N)を用いた。熱分解黒鉛(PG)コート黒鉛るつぼ(φ14mm)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 Mg₂Si の融点以上の温度(1085℃以上)で 2 時間融解後、10mm/h の速度でアンブルを下降させ結晶成長を行った。熱処理は Ar を 520Torr 封入した石英アンブル内に試料を入れ 400℃～600℃の温度範囲で 5h～48h 行った。熱処理前後の結晶の電気特性をホール効果測定によって評価し、結晶への熱処理の影響を調査した。

[結果と考察] 図 1 に今回の実験で用いた代表的な試料の写真を示す。同一部所から切り出した結晶試料をダイヤモンドカッターで半分に分断し、一方に熱処理を施した。図の左側半分が 600℃で 48h の熱処理を行った結果であるが、酸化によって表面がこげ茶色に変色している。熱処理有り、無しの結晶を研磨によって薄片化し、ホール測定を行った結果を表 1 に示す。熱処理後試料では、キャリア濃度が約半分に低下し、電気抵抗率が上昇している。同様な傾向は 600℃ 24h の熱処理でも得られており、熱処理によって点欠陥濃度に影響が生じていると推察できる。

[まとめ] 垂直ブリッジマン法を用いて高純度 Mg₂Si 結晶を成長し、熱処理によりキャリア濃度が変化するか調べた。600℃で 24h 以上熱処理を行った結果、キャリア濃度が下がるという結果を得た。

表 1. ホール効果測定結果

	キャリア濃度 [cm ⁻³]	電気抵抗率 [Ω・cm]	ホール移動度 [cm ² /V・sec]
熱処理前	6.6×10^{15}	2.1	452
熱処理後	2.6×10^{15}	5.2	458



図 1. 試料写真

[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. Daitoku et al., JJAP Conf. Proc. 3 (2015) 011103. [5] A. Kato et al., J. Phys.: Cond. Matter 21(2009)20581.

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