

溶融成長した Mg_2Si 結晶中の Ag 濃度と正孔濃度の評価

Relationship between Ag-dopant concentration and hole concentration in melt grown Mg_2Si

茨城大院,[○]郷州桂伍, 鶴殿治彦*

Ibaraki Univ.¹, [○]Keigo Goushu and Haruhiko Uono*

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

【はじめに】 Mg_2Si 結晶は、構成元素の資源量が豊富なことから大量使用可能な半導体材料として熱電変換素子や赤外線受光素子への応用が期待される[1-3]。この材料は無添加では n 型を示すが、Ag を添加することで 10^{19} cm^{-3} 程度の正孔濃度までの p 型を形成できることがわかっている[1,3]。熱電変換素子では $10^{19} - 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の正孔濃度の制御が必要になる一方、赤外線受光素子では $10^{15} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 領域での正孔濃度の制御が必要になる。しかしこれまで結晶中の Ag 濃度と正孔濃度の関係についての評価は十分に行われておらず、その関係が明確にできていなかった。本報告では溶融成長法によって成長した Ag 添加 Mg_2Si 結晶中の Ag 濃度と正孔濃度の関係を調べたので報告する。

【実験方法】 Mg_2Si 結晶成長は、高純度のパイロカーブコートグラファイト(PG)ルツボをもちいた垂直ブリッジマンによって行った[2,3]。成長原料には 5N または 6N の高純度 Mg および 10N-grade の高純度 Si を用いた。不純物は 3N の Ag を用いた。成長結晶の正孔濃度は van der Pauw 法を用いた Hall 効果測定によって行った。また、Hall 効果測定に用いた近接部位の結晶中の Ag 濃度を ICP 分析によって評価した。

【結果と考察】図 1 は ICP 分析によって評価した結晶中の Ag 濃度と Hall 効果測定から求めた室温での正孔濃度の関係である。ICP 分析から求めた結晶中の Ag 濃度が約 0.026 at% までは Ag 濃度に比例して $10^{17} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の間で正孔濃度の上昇が見られる。この結果から、Ag 添加に対して良好に正孔濃度が制御できていることがわかる。また、得られた最大の正孔濃度は $1.2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、焼結法などで報告されている Ag 添加 Mg_2Si の正孔濃度の上限とほぼ同じ値であった。今回測定された Ag 濃度が 0.026 at% までにおいて、添加されてる Ag が全て Mg サイトを置換していると仮定して格子中の Ag 濃度に換算すると、Ag 濃度 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1.2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ に対して正孔濃度は $(1.8 - 2.2) \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $2.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1.2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、活性化率はほぼ 100% となり非常に高い。これは、格子間 Mg の存在によって p 型ができにくいと考えられていたこれまでの数多くの報告と異なることから、今後さらにデータを検証する必要がある。【参考文献】[1]H.Uono et al., J.Phys. Chem. Sol., 74(2013)311. [2]D.Tamura et al., Thin Solid Films, 515(2007)8272.[3]H.Uono et al., Jpn.J.Appl.Phys., 54,(2015)07JB06.

【謝辞】本研究の一部は科学研究費補助金(17H03228)によって行われた。

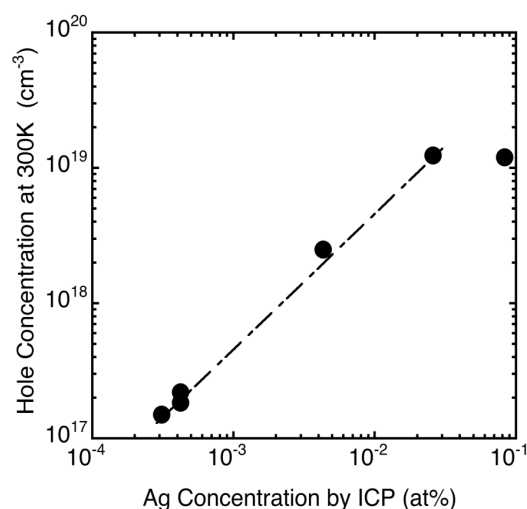


図 1. 溶融 Mg_2Si 結晶中の Ag 濃度と室温における正孔濃度の関係