

[2024106004]

中性子元素変換を利用した両極性超ワイドギャップ半導体の開発 Development of Ambipolar Ultra-Wide Bandgap Semiconductors via Neutron Transmutation Doping

関場大一郎 ^{#A)}, 廣瀬靖 ^{B)}, 花房宏明 ^{C)}, 原山勲 ^{D)}
Daiichiro Sekiba ^{#A)}, Yasushi Hirose ^{B)}, Hiroaki Hanafusa ^{C)}, Isao Harayama ^{D)}
^{A)} UTTAC and Institute of Applied Physics, University of Tsukuba
^{B)} Department of Chemistry, Tokyo Metropolitan University
^{C)} Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
^{D)} Japan Atomic Energy Agency

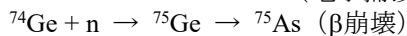
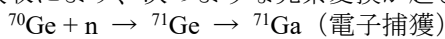
Abstract

Rutile-type germanium dioxide (r-GeO₂) is a potential material to be an ambipolar ultra-side bandgap semiconductor. In general, the introduction of n- and p-type dopants during the thin film growth of r-GeO₂ is difficult. Therefore, the neutron transmutation doping with JRR-3 is expected to be a potential method to overcome the difficulty. A pure Ge wafer was inserted into JRR-3, and then the transmutations were monitored by ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy). While the productions of As and Ga were observed, their amount showed significant deviation from the simulations. Further investigations are necessary to determine the effective transmutation cross-sections.

Keyword: neutron transmutation doping, ultra-wide bandgap semiconductors

1. はじめに

ルチル型二酸化ゲルマニウム (r-GeO₂) は第一原理計算 [1] により両極性超ワイドギャップ半導体になりうる材料として期待されているが不純物が十分に活性化した例はない。不純物周囲の酸素を欠損させるなどして局所的構造を作る方がエネルギー的に安定だからである。そのため結晶成長中の不純物導入は現実的ではない。そこで結晶成長後の中性子元素変換 [2] が有効と考えた。Ge には安定な同位体が 5 つあるが、豊富なものは ⁷⁰Ge (20.52%)、⁷²Ge (27.45%)、⁷⁴Ge (36.53%) の 3 つである。熱中性子の吸収により、次のような元素変換が起きる。



Ga と As はそれぞれ p 型不純物と n 型不純物となる。片方の不純物をマジョリティにするには結晶成長時に同位体エンリッチしたターゲットが必要となるが、今回はフィージビリティ・スタディーとして純粋な Ge 上はを JRR-3 に導入し、JRR-3 の熱中性子分布でも元素変換が起きるかどうかを調べた。

2. 実験方法および結果

Ge 上は 0.075 g をアルミニウムカプセルに入れ、水力照射設備により炉に挿入した。過去の文献 [2] と同様に 25 分間の照射を行った。2 週間後に広島大学に移送し、管理区域内にて ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy) 測定を行った。溶媒には王水を用いた。半減期の短い ⁷⁵Ge から生成される ⁷⁵As は照射 2 週間後に観察できたが、⁷¹Ga は照射から 3 ヶ月後に検出下限を上回り、 7.7×10^{18} particle/cm³ となった。同時に測定した ⁷⁵As は 2.0×10^{19} particle/cm³ であった。今後はより精密な変換断面積とダメージ断面積を定量していく。

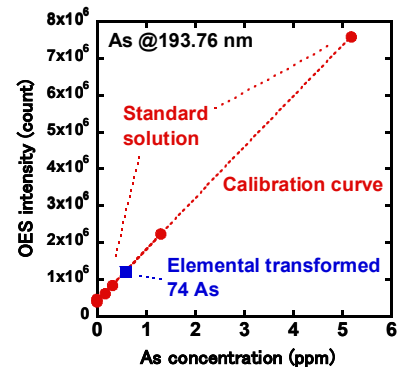


Figure 1. The calibration of As concentration.

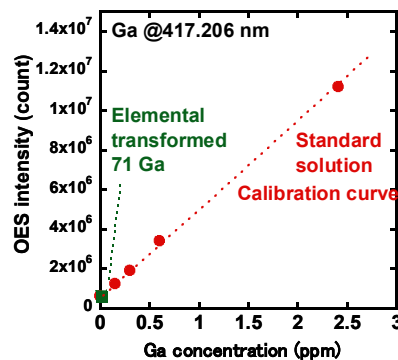


Figure 2. The calibration of Ga concentration.

参考文献

- [1] S. Chae, J. Lee, K.A. Mengle, J.T. Heron, E. Kioupakis, Appl. Phys. Lett. 114 (2019) 102104.
- [2] K.M. Itoh *et al.* Appl. Phys. Lett. 64 (1994) 2121.