

ペブルベッド型高温ガス炉における 高品質・大口径 Si 半導体製造のための中性子照射場の最適化

Optimization of neutron irradiation field

for producing high quality and large scale semiconductor in pebble bed HTGR

*石丸 卓, 高木直行

東京都市大学 原子力安全工学科

本研究の目的はペブルベッド型高温ガス炉を用いて高品質・大口径の Si 半導体製造をするための中性子照射場の最適化であり、中性子輸送モンテカルロコード MVP-2.0 を用いて、中性子照射によって Si インゴット内に生成されるリンの均一度を高めることができる Si 装荷方法などを検討した。

キーワード: 高温ガス炉、核変換、シリコンドーピング

1. 緒言

近年、ハイブリット車の普及などに伴い、世界的に高品質・大口径な Si 半導体(以下、NTD-Si という)の需要が高まってきていて、2030 年の NTD-Si の需要は 1000t/年と推測されている^[1]。

NTD 法は、 $^{30}\text{Si}(n,\gamma)^{31}\text{Si}$ 反応及び、それに続く $^{31}\text{Si}\rightarrow^{31}\text{P}$ の β 崩壊による、従来の方法よりもより均一に Si に P を添加することができる方法である。従来の原子炉を用いた NTD は、Si インゴットの交換の際に運転を止めなければならなかったが、ペブルベッド型高温ガス炉を用い、燃料交換と同じように運転を止めずに Si インゴットの交換を行うことで、高効率で高品質・大口径な Si 半導体が製造できる可能性がある。しかし、今までにそのような研究はほとんど行われてこなかった。よって、本研究ではペブルベッド型高温ガス炉において NTD (Neutron Transmutation Doping)法を用いて高品質・大口径な Si 半導体を製造することを目的とし、中性子照射場の最適化の検討を行った。

2. 計算手法

2013 年まで南アフリカでの建設が検討されていた 400MWt 出力 PBMR^[2]を対象炉心とした。PBMR の炉心は高さ 11m,直径 3.7m であり、中央に直径 2m の黒鉛反射体が備え付けられている。この黒鉛反射体の中に直径 30cm,60cm の二種類 Si インゴットを、1~7 体装荷し、Si 内の P 生成量非均一度(以下、非均一度という)が最も小さい場合の結果を用いて年間可能製造量を算出した。

非均一度 $\leq \pm 4\%$ 、年間 NTD-Si 製造量 $\geq 1000\text{t}$ を成立条件とした。

3. 結果・考察

直径 30cm の Si インゴットを一体のみ装荷したとき、最も非均一度が低く、3.74%であった。設備利用率を 80%としたときの年間 NTD-Si 製造量は 2000t を超えた。

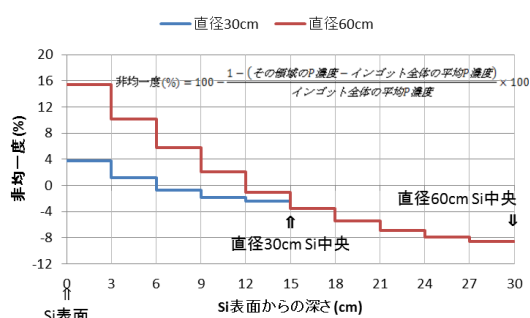


図 1. Si インゴット 1 体装荷時の非均一度

4. 結論

中性子照射場の最適化を行うことで、ペブルベッド型高温ガス炉を用いた NTD-Si の製造が可能である。

参考文献

[1] Myong-Seop Kim; Sang-Jun Park; In-Cheol Lim, Estimation of future demand for neutron-transmutation-doped silicon caused by development of hybrid electric vehicle and its supply from research reactors, Power Electronics and Applications, 2009. EPE '09. 13th European Conference on

[2] Atomica, 南アフリカ PBMR の建設構想, http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=03-03-07-04

*Masaru Ishimaru, Naoyuki Takaki

Department of Nuclear Safety Engineering, Tokyo City University

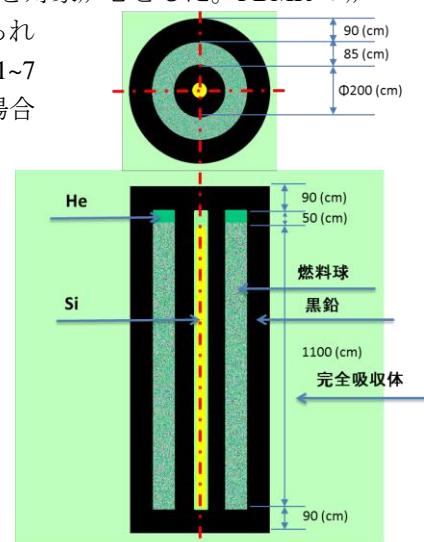


図 2. PBMR の炉心モデル