

# シリコン半導体検出器を用いたリアルタイム熱中性子検出器

## A Real-Time Thermal Neutron Detector Using Silicon Sensor

\*高田 真志<sup>1,2</sup>, 松本哲郎<sup>2</sup>, 布宮智也<sup>3</sup>, 田中浩基<sup>4</sup>, 増田明彦<sup>2</sup>, 渡邊優作<sup>1</sup>, 中村尚司<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup>防衛大学校, <sup>2</sup>産業技術総合研究所, <sup>3</sup>富士電機株式会社, <sup>4</sup>京都大学原子炉実験所, <sup>5</sup>東北大学サイクロトロンラジオアイソトープセンター

P型シリコン半導体中に含まれるボロン不純物を用いた, 熱中性子捕捉療法( BNCT )の熱中性子照射量をリアルタイムに計測する手法を考案し, この検出原理の可能性を MCNP6 モンテカルロシミュレーションコードで評価した. この検出器の応答関数が壁効果によりひずまない利点を有することも分かった.

**キーワード:** 熱中性子, シリコン半導体センサー, ボロン捕獲反応, モンテカルロシミュレーション, 熱中性子捕捉療法

### 1. 緒言

熱中性子捕捉療法(BNCT)における熱中性子照射量の計測は照射時間の決定やビームの安定性確保の点で重要である. 現在, 熱中性子の計測は金の放射化法, 電離箱検出器, さらに<sup>6</sup>LiFシンチレーション検出器などを利用する方法がある. 今後, BNCTの普及により, 中性子ビームに混在する $\gamma$ 線成分の補正や複雑な測定系が不要な簡便な熱中性子を検出方法が必要になると考えられる.

### 2. 熱中性子測定器の概略

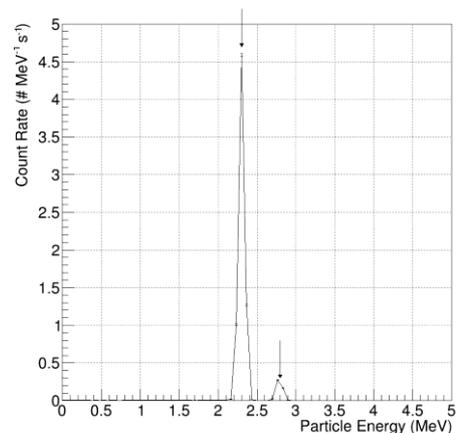
取り扱いが容易な熱中性子測定器として, P型シリコン半導体に含まれるボロン不純物を利用することに着目した. 測定原理は, このボロンの熱中性子捕獲反応により生成されたアルファ線とリチウム原子核を検出することで, 熱中性子を検出するものである. これらの生成2次粒子がシリコン中で完全に止まるため他の熱中性子検出器などで生じる壁効果による応答関数のひずみを無視できる. また核反応のQ値で決まる生成粒子のエネルギーが2.3 MeVと高いため,  $\gamma$ 線による影響も受けにくい利点がある.

### 3. シミュレーション

本検出器の応答関数をモンテカルロシミュレーションコード(MCNP6)を用い, 中性子センサーにリアルタイム中性子個人被ばく線量計のシリコン素子を, 中性子線源に熱中性子, 産業技術総合研究所所有黒鉛パイル内の熱中性子照射場や京都大学原子炉実験所のBNCT治療中性子場を想定してシミュレーションした. 中性子捕獲断面積は, ENDF-B/VIIを用いた.

### 4. 結果と考察

右図にシミュレーションした検出器の応答関数の結果を示す. 本検出器は $\alpha$ 粒子と<sup>7</sup>Li粒子の両粒子を同時に検出するため, 矢印で示した2.3, 2.8 MeVのピークが生成された. またこの急峻なピーク成分により壁効果は無視できることも確認できた. 今後, この応答関数の妥当性を熱中性子ビーム実験で検証していく.



\*Masashi Takada<sup>1,2</sup>, Tetsuro Matsumoto<sup>2</sup>, Tomoya Nunomiya<sup>3</sup>, Hiroki Tanaka<sup>4</sup>, Akihiko Masuda<sup>2</sup>, Yusaku Watanabe<sup>1</sup>, and Takashi Nakamura<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup>National Defense Academy, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>3</sup>Fuji Electrical Co. Ltd.,

<sup>4</sup>Research Reactor Institute, Kyoto Univ., <sup>5</sup>Cyclotron Radioisotope Center, Tohoku Univ.