

核融合ブランケットにおけるトリチウム発生量実時間測定手法の開発

Development of a real-time measurement for tritium generation rate for fusion blanket system

*小林真^{1,2}、吉橋幸子³、小川国大^{1,2}、磯部光孝^{1,2}、神尾修治¹、藤原大¹、瓜谷章³、長壁正樹^{1,2}

¹核融合研、²総研大、³名大

ダイヤモンド検出器はブランケットにおける高速中性子束密度やトリチウム発生量の実時間測定のための有用なモニタとして期待される。本研究では単結晶 CVD ダイヤモンド検出器をリチウム材料と組み合わせ、中性子照射環境下で発生する高エネルギートリトンの直接測定を実施した。波形弁別と粒子輸送計算によりトリチウム発生量の定量手法について評価した。

キーワード：中性子、ブランケット、ダイヤモンド検出器

1. 緒言

核融合炉ブランケットでは、高速中性子の減速・遮蔽、トリチウムの増殖、熱の取り出しといった役割を有する。特にトリチウム発生量のモニタは核融合炉の定常運転及び安全性の観点から重要である。ダイヤモンド検出器は高エネルギー中性子計測だけでなく、表面に塗布したリチウム化合物と熱中性子との ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ 反応により生成するトリトン及びアルファ線といった高エネルギー荷電粒子を直接測定することで、トリチウム発生量を実時間に定量評価することが可能である。一方、ダイヤモンド検出器はガンマ線にも感度を有するため、高エネルギー荷電粒子とガンマ線の弁別測定が必須となる。本研究ではパルス波形弁別に基づくコードを発展させ、トリチウム発生量実時間測定手法の定量評価を可能とした。

2. 実験方法

ダイヤモンド検出器表面にフッ化リチウム箔を設置し、京都大学複合原子力科学研究所の研究用原子炉 KUR の E-3 ポートにて、熱中性子照射を熱中性子束 $2.7 \times 10^5 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ で 10 分間行った。

高エネルギー荷電粒子入射において、電子正孔対はダイヤモンド表面近傍にのみ生成する。一方、ガンマ線により生成する電子正孔対は、ダイヤモンド内に広く分布する。この差異により、高エネルギー荷電粒子では矩形パルス波形が、ガンマ線では三角形状パルス波形が得られる。パルス波形弁別では、パルスの立ち上がりからある一定時間までの電荷(Q_{fast})と、パルスの全電荷(Q_{total})を用い、電流値の減衰が速いガンマ線に起因するパルスと、矩形的で半値幅の大きい高エネルギー荷電粒子に起因するパルスを弁別した。

3. 結果・考察

図は、横軸に $Q_{\text{fast}}/Q_{\text{total}}$ を、縦軸に Q_{total} とした際の度数分布を示す。全電荷が約 2500 と約 1200 付近で度数頻度が高い。前者は ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ で発生する反跳トリトン、後者は反跳アルファ線に起因するパルスと同定された。また、 ${}^{60}\text{Co}$ 等のガンマ線源で得られたパルスについて同様の波形弁別を実施し、 $Q_{\text{fast}}/Q_{\text{total}}$ が大きい領域の度数頻度が高くなったことを確認し、波形弁別が適切に実行されていることが示された。

本発表では放射線輸送計算を実施し、本手法のトリチウム発生量の測定効率について評価する。

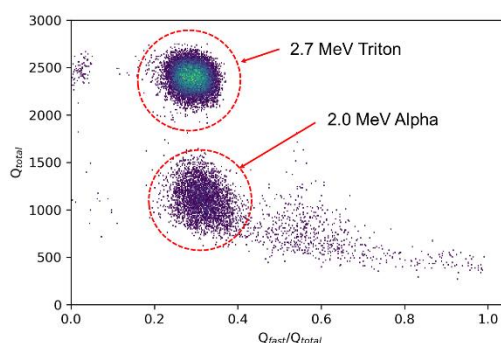


図 波形弁別により得られたアルファ線
及びトリトンの度数分布

*Makoto Kobayashi^{1,2}, Sachiko Yoshihashi³, Kunihiro Ogawa^{1,2}, Mitsutaka Isobe^{1,2}, Shuji Kamio¹, Yutaka Fujiwara¹, Akira Uritani³, Masaki Osakabe^{1,2}

¹NIFS, ²SOKENDAI, ³Nagoya Univ.