

D-D 核融合反応を用いた小型中性子源における中性子フルエンス率の向上及び 2.45MeV 中性子の半導体への影響

Improvement of neutron fluence rate in a small D-D fusion neutron source and effects of 2.45MeV neutrons on semiconductors

清水 尚輝¹, 加藤 雅之¹, 井野 陽介¹, 中嶋 杏奈¹, 中村 耀¹, 渡部 政行²

Naoki Shimizu¹, Masayuki Kato¹, Yoske Ino¹, Anna Nakajima¹, Hikaru Nakamura¹, Masayuki Watanabe²

日大院量子¹, 日大量科研²

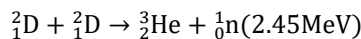
QST-Nihon Univ¹, IQS-Nihon Univ²

1. 研究背景と目的

航空機が飛行する 1 万メートル程度の高高度や国際宇宙ステーションが運用する宇宙空間では、地上に比べ放射線の線量が高い。加えてその放射線の持つエネルギーも高いため、航空機等に搭載された半導体や機器にも影響を与える恐れが高い。本研究室では特に、航空機が飛行する 1~3 万メートル程度の高度において線量が最も高い宇宙放射線である中性子線に着目し、その半導体への影響を調べることを目的として研究を行っている。本講演では小型中性子源の出力性能向上及び中性子の半導体への影響に関して調べた実験結果について報告する。

2. 2 次宇宙放射線としての中性子

宇宙放射線が大気や地球磁場と衝突した際に、その相互作用によって中性子が発生し、2 次宇宙放射線として地上に到達する。2 次宇宙放射線としての中性子の特性としては、数 eV のエネルギーを有する中性子線が最も多く、そのエネルギーを中心に広く分布している。本研究では重水素の原子核同士を衝突・融合させる D-D 核融合反応を用いた小型中性子源の開発を行っている。以下に D-D 核融合の核融合反応式を示す。



この核反応で発生する中性子のエネルギーは約 2.45 MeV であり、高速中性子に分類される。また、この中性子は 2 次宇宙放射線としての中性子のエネルギーに近いことを確認している。

3. 実験装置および実験内容

本研究では、慣性静電閉じ込め方式核融合(IECF)を応用した小型 D-D 核融合型中性子源の開発を行っている。

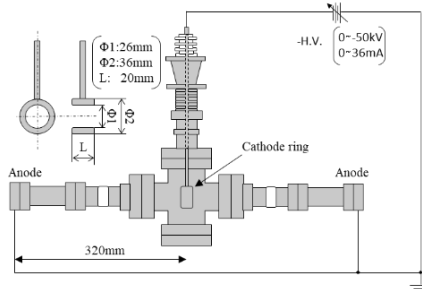


Figure1 Experimental device and setup

実験では、リング状陰極に高電圧を印加することで陰極付近にグロー放電を発生させる。グロー放電中の重水素原子核はリング陰極に向かって加速され、リング陰極の中心を通過する。通過した重水素原子核は再度リング陰極に加速され、結果的にビーム状の放電が形成される。印加電圧が-10kV 以上の条件で重水素同士の核融合が生じ、2.45MeV の中性子がほぼ等方的に放出される。実験では、この核融合反応で発生した 2.45MeV の高速中性子を、半導体の一種である D フリップフロップ回路に照射することで半導体を含んだ電子回路への影響を調査した。

4. 実験結果とまとめ

リング陰極への印加電圧を-10~-35kV、放電電流 4,6,8,10mA の条件で実験を行い、中性子フルエンス率を計測した。

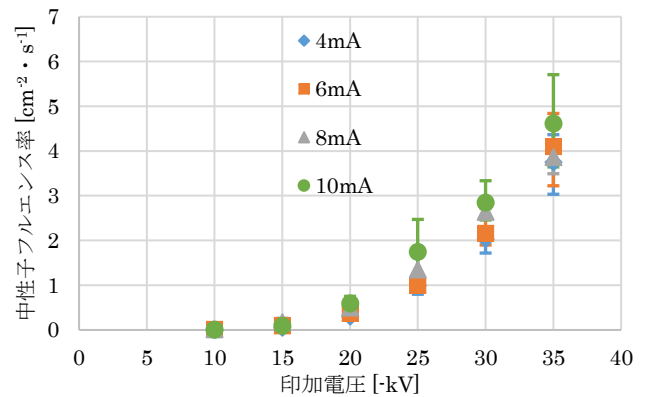


Figure2 Neutron fluence rate in high voltage range

リング陰極に印加する電圧の増加に対して中性子フルエンス率が増加することが確認できる。中性子フルエンス率の最大は距離 80cm の位置において $5.71\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。現在、中性子フルエンス率の増加を目的として、放電電流は 14mA、印加電圧は-45kV の条件で実験を行っており、その結果を報告する。また、中性子線を D フリップフロップ回路の半導体に照射した際の、誤動作の有無等についても報告する。

5. 参考文献

- [1] 文部科学省 宇宙線被ばく線量の測定法 第2-4号
- [2] Advances in Space Research Volume 32, Issue 1, 2003