

平成 30 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：次世代暗黒物質探索実験の検出器構造研究
英文：Detector structure study for future direct dark matter search experiment

研究代表者 安部 航
参加研究者

研究成果概要

○ RI測定感度の向上とR13111 の精密な RI測定

これまで測定が難しかったよりサイズの大きなサンプルの測定（特に光電子増倍管等）とより高感度での測定を可能にするため、低バックグラウンド Ge 検出器についてシールド構造を改造、外部からのバックグラウンドの低減を行い感度向上を行った。サンプルを設置する内部空間を同時に拡大し、大型のサンプルの測定が可能になると共に、一度に測定できるサンプル量を大幅に増やすことでも測定感度が向上できるようになった。

組み立てが終わった光電子増倍管 R13111は 3インチタイプの大型のものであり、これまで一度に2本ずつしか測定できていなかった。そのため十分な感度での測定は行われておらず、基本的に組み立て前の部品の段階での測定をもとにその RI について見積もってきた。実際に組み立てられる段階で放射性不純物が含まれてしまう可能性が否定できないため、最終的に組み立てたものに対する高い感度での測定は重要な確認事項として残ってしまっていた。

今回の Ge 検出器の改造により、R13111について、一度に13本の測定を行うことが可能となり、組み立て後のものについて十分な感度で測定を行うことが可能となった。

以前の2本での測定では R13111 一本あたり

U系列中流 3.14 \pm 0.982mBq

Th系列 <1.62 mBq (上限値)

40K <29.9 mBq (上限値)

60Co <0.860 mBq (上限値)

という測定結果で、上限値が非常に誤差の大きな不十分な数字だったものが、この改造後の検出器での13本での測定では

U系列中流 0.38 \pm 0.07mBq

Th系列 0.29 \pm 0.06 mBq

40K <1.39 mBq (上限値)

60Co 0.22 \pm 0.05 mBq

となり、一桁程度感度が向上、部品ごとに測定した結果とも矛盾しない結果となり、実際に使用される完成後のものでの RI確認という成果を達成することができた。（2つの測定で用いた R13111は同じものではないため、測定結果は完全には一致しない。）

○ R13111の性能評価、問題点の洗い出し。

実際に製作された R13111 について性能評価を行い、問題点の洗い出しを行った。

動作環境となる、キセノン雰囲気中で液体キセノン温度まで冷却を行い、信号増幅率やノイズといった基本性能の評価を行い、それらの性能に問題がないことが確認できた一方で、試験時にキセノンが PMT 内部にリークする問題が見つかった。

PMT 内部にリークしたキセノンガスはそこで電離され、信号測定時にアフターパルスの発生源となる。冷却を繰り返すことでリーク量、アフターパルスの頻度が増大し、最終的には電圧をかけられない状態になるものも確認された。

この R13111 は現在の XMASS-I 実験で使用している R10789 をベースに開発されたものであるが、R10789 ではこの問題は発生していない。一方で、少し構造が異なる、LUX、XENON1t、PandaX で使用されている構造形状が似ている低バックグラウンドPMTの R11410 でも同様なキセノンリークが報告されている。

これらの PMT の共通な構造と異なる構造について検討を行い、石英窓と金属胴体部とをつなぐアルミシール部分はその原因の候補と現在考え調査を進めている。

純度の異なるアルミを用いて光電子増倍管を製作、原因を確定させるとともに、純度を変えることで問題を解決するができないか試験を行っている。これまでに、99.85% 10本、99.999% が9本、99.99% 9本試験を行ったが、詳細についてまだ調査を進めている段階である。また本数についても少ないため、今後さらに多数のものについて試験を行う予定である。

整理番号 B02