

令和 4 年 5 月 26 日現在

機関番号：82110

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22339

研究課題名(和文) 高しきい値反応を利用した高速応答気体電離箱型ビームロスモニターの開発

研究課題名(英文) Development of a gas ionization type beam loss monitor with fast response using high threshold reaction

研究代表者

山口 雄司 (Yamaguchi, Yuji)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 J-PARCセンター・研究職

研究者番号：10882970

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：ビームロスモニターは、大強度加速器施設の安定な運転において重要な役割を担う。本研究では、大強度パルスビームを供給する加速器施設において、粒子生成標的からの生成粒子に由来するバックグラウンド(BG)に影響されないビーム損失検知を可能にすることを目的として、新しい検知方法を使用したロスモニターの設計検討、製作及び性能試験を実施した。性能試験により開発したロスモニターの、BG事象に影響されないビーム損失検知への適用可能性を示唆する結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、高精度実験を展開する大強度加速器施設の、より安定した運転に必要なビームロスモニターの研究開発である。ビーム損失検知における課題の解決のため、新しい検知方法を採用したロスモニターを開発し、性能試験によりその適用可能性を示唆する結果を得た。本成果は、大強度加速器施設を利用した様々な分野の実験の効率的な遂行に貢献し、広範な分野における研究の発展に寄与し得る。また、新しい放射線検出器として原子核物理実験への応用も期待される。

研究成果の概要(英文)：Beam loss monitors play an important role in stable operation of high-power accelerator facilities. In this study, a loss monitor which applies a new detection method was designed and tested to make it possible to detect beam losses without being affected by background from a particle production target. The results of the loss monitor test imply the applicability of the developed loss monitor.

研究分野：放射線計測

キーワード：ビームロスモニター 高しきい値反応 バックグラウンド事象 大強度加速器施設

1. 研究開始当初の背景

大強度加速器施設は、高出力のパルスビームを提供することで、原子力工学や物質・生命科学、素粒子・原子核物理学といった幅広い分野に関して高効率・高精度の研究を実現できる。より高出力のビームを提供するために、海外では新しい施設の建設が進められており、日本でも既存の施設における第二ターゲットステーションの建設等が検討されている。

一方で、高出力のビームを扱う施設での問題は、ビームの損失による加速器機器の損傷・放射化であり、想定外のビーム損失から機器等を保護するのに有効な手段としてビームロスモニターが用いられる。ビームロスモニターは、ビーム損失によって生じる二次粒子を検出するが、粒子生成標的の近くでは標的での生成粒子がバックグラウンド(BG)として検出される。既存のロスモニターではビーム損失とBGに起因した検出信号を識別することが困難なため、BGに影響されないビーム損失検知が可能なロスモニターが求められる。

2. 研究の目的

本研究では、ビーム損失とBGを識別できるロスモニターを開発して、正確なビーム損失の検知を可能にすることを目的とする。ビーム損失とBGの識別には高速の陽子・中性子がロスモニターに到達するまでの飛行時間の違いを利用することが有効と考えられることから、具体的には次の2点の調査を目的とする。

- (1) 高速陽子・中性子の選択的な検出方法の適用可能性を確かめる。
- (2) 新型ロスモニター信号の時間応答を調べ、ビーム損失とBGの識別に必要な速い応答性であることを確かめる。

3. 研究の方法

2. で示した(1),(2)の目的を達成するため、まず、開発するロスモニターの設計検討、製作等を実施した。設計検討においては、高速陽子・中性子の選択的な検出に必要なビスマス薄膜の適当な厚さを見積もった。放射線の輸送や核反応を記述できるシミュレーションコードを利用して、薄膜の厚さの増加に対する検出感度の変化を求めた。設計検討に基づき、ロスモニターとして気体電離型検出器を製作した。

製作後、ロスモニターの性能試験を実施した。性能試験では、実際に加速器のビームを使用し、ビーム損失により発生する粒子を検出することで、ビスマス薄膜を用いたしきいエネルギーの高い反応(高しきい値反応)によるビーム損失検知の実証を試みた。開発したロスモニターと既存のロスモニターを用いて、同じ条件の下で粒子を検出し、両ロスモニターからの信号の波高分布を取得、比較した。また、ロスモニターからの信号の波形をオシロスコープで観測し、波形の立ち上がり時間を調べた。

4. 研究成果

高しきい値反応を用いたビーム損失の検知は、これまでに前例がない方法のため、検出感度に影響するビスマス薄膜の適当な厚さを調べておく必要がある。図1に、ビスマス薄膜の厚さを変えた場合のロスモニターの計数の変化をシミュレーションによって計算した結果を示す。ロスモニターに陽子を入射した場合(黒点)と中性子を入射した場合は、どちらもビスマス薄膜を厚くすると計数は増加し、厚さ5 μm以上でほぼ変化しなくなることがわかる。この結果から、ビスマス薄膜を使った高しきい値反応を利用する場合には、厚さ5 μm以上の薄膜を使うことで効率よく検出器を動作させることができることが明らかとなった。

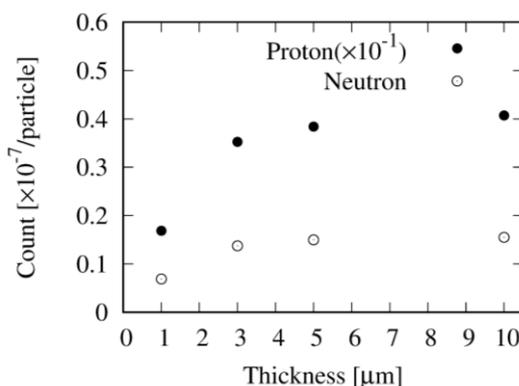


図1 ロスモニター計数のビスマス薄膜の厚さ依存性

次に、ビスマス薄膜を設置したロスモニターを製作し、高しきい値反応によるビーム損失検知の実証のための性能試験を実施した。図2に、開発したロスモニター(赤線)と既存のロスモニター(黒線)からの信号の波高分布を示す。開発したロスモニターは、既存のロスモニターと同様の信号を出力するのに加えて、高しきい値反応によって生成するエネルギーの高い重イオンを検出して信号を出力するため、波高の高い成分が観測されることが期待される。図2の赤線と黒線を比較すると、開発したロスモニターの波高分布において波高の高い成分が観測されている。この結果は、高しきい値反応に起因した検出信号の取得を示唆するものであり、ビーム損失の新しい検出方法が期待通りに機能し得るとい

う BG に影響されないビーム損失検知において重要な知見となる。

また、BG に影響されないビーム損失検知に必要な応答性であることを確かめるため、性能試験では開発したロスモニターの時間応答も調査した。図 3 に、オシロスコープで観測したロスモニターからの信号の波形の一例を示す。典型的な波形の立ち上がり時間は、20 ns 程度であった。この結果から、ビーム損失と損失点から 15 m 以上離れた地点からの BG との識別を期待でき、開発したロスモニターが、実用を想定した地点における BG に影響されないビーム損失検知に必要な時間応答を有することがわかった。

以上の成果は、大強度加速器施設における BG に影響されないビーム損失検知への開発したロスモニターの適用可能性を示唆するものである。また、本成果により大強度加速器施設だけでなく、原子核物理実験での新しい放射線検出器としての応用も期待される。

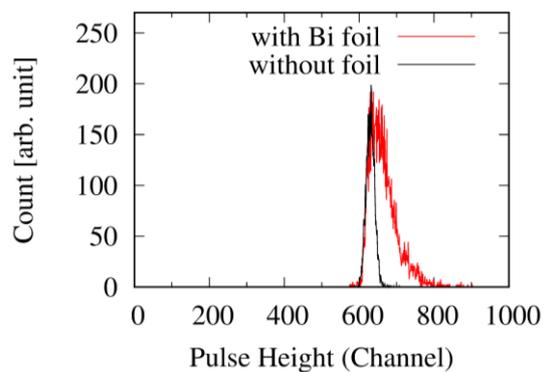


図 2 ロスモニターからの信号の波高分布

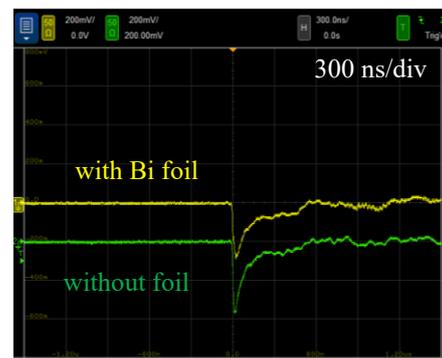


図 3 ロスモニターからの信号の波形

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山口雄司, 明午伸一郎, 大井元貴, 原田正英, 羽賀勝洋
2. 発表標題 高しきい値反応を利用したJ-PARCミュオン標的の近傍のビームロスモニター
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------