

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540303

研究課題名(和文) 大強度ビームライン用真空膜およびその冷却機構の研究・開発(2)

研究課題名(英文) Study and development of vacuum window and its cooling mechanism at high intensity beam line (2)

研究代表者

山田 善一 (YAMADA YOSHIKAZU)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授

研究者番号：00200759

研究成果の概要(和文)：大強度の陽子ビームが貫通することで、発熱及び放射化が問題となるビーム膜に関して、チタン二重薄膜と、それを遠隔着脱可能にするピローシールフランジを組み合わせたものを開発・製作すると共に、二重膜の間にヘリウムガスを流して冷却する、という方式を開発・実用化させた。また、ビーム膜の遠隔メンテナンス方法の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：A new beam window system, which has to endure against the heat load and radioactivity due to penetrating high power proton beam, was developed and manufactured by combining a pair of Titanium thin plates and the pillow-seal flanges which enable the system to be remotely attached or removed. The cooling system for the beam window was also developed and put to practical use by flowing Helium gas between the pair of plates. The remote maintenance method of the beam window was also developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：素粒子実験

科研費の分科・細目：物理学 ・ 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：素粒子実験、 加速器、 放射線、 X線、 粒子線、 熱工学、 流体工学

1. 研究開始当初の背景

大強度陽子加速器の一次陽子ビームラインにおいては、ビームラインの真空と標的付近の大気圧とを遮断するビーム膜(あるいはビーム窓)と呼ばれる膜が必要であるが、中心部を大強度の陽子ビームが貫通するので、熱が発生する。従来強度のビームラインにおいては、周辺部を冷却し、金属中の熱伝導により、金属膜の中心部を冷却していたが、例えば J-PARC の 50 GeV ビームライ

ンでは、中心部が数千℃の高温になってしまいうので、より強力な冷却機構が必要となる。そこで、研究代表者は、膜を二重化して、その間を高速のヘリウムガスを流し、膜からヘリウムへの 100 W/m²/K 程度の熱伝達により膜を冷却することで、中心温度を 300℃以下に押えることを提案し、平成18年度～19年度において、科研費基盤研究(C)の補助を受けて、二重膜及び冷却方法の基本設計を終了した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、平成19年度までの研究の成果を生かして、チタン合金製二重膜と、それを遠隔着脱するためのピローシールフランジとを組み合わせ、実際のビームラインで使用できるビーム膜を開発すること、及び、ヘリウムガスを用いたその冷却装置を開発することにある。また、ビーム膜は、ビームが貫通することで高度に放射化し、人間が近づけなくなるので、離れたところからメンテナンス作業を行う必要がある。その遠隔メンテナンス装置や運用方法を確立することも本研究の目的である。

3. 研究の方法

高エネルギー加速器研究機構、英国RAL研究所、カナダ・TRIUMF研究所の技術者と共同して、J-PARCニュートリノビームラインの一次陽子ビームラインの真空系と標的用ヘリウムガス容器を分離するビーム膜に関して、以下の装置を実際に開発し、運用も含めて検討することで、その実用化を行う。

(1) 0.3mm厚のチタン合金製の二重膜

(2) ビーム膜を遠隔着脱するためのピローシールフランジ

(3) ビーム窓の遠隔据付を補助する装置

(4) ビーム膜の遠隔移動を補助する装置

(5) ビーム膜の遠隔分解を補助する装置

(6) ビーム窓を収納するキャスク

(7) ビーム膜を冷却するためのHeガス循環装置

4. 研究成果

(1) 平成20年度

0.3mm厚のチタン合金製の二重膜(図1)と、それを遠隔着脱できるフランジであるピローシールフランジ(図2)とを組み合わせ、実際のビーム膜を実際に製作した(図3)。また、そのビーム膜や周辺遮蔽体の遠隔着脱、遠隔移動の機構の設計・製作を行った。高エネルギー加速器研究機構の多田将氏も加わって、実際にその遠隔着脱・移動機構及びテレビカメラ等を用いて、J-PARCニュートリノビームラインへのビーム膜の遠隔設置を行い、総合的に問題がないことを確認した。また、TRIUMF研究所の提供によるマニピュレータ(遠隔ハンドリング装置)と鉛ガラス窓を用いて、ビーム膜の遠隔メンテナンスの方法の研究を行った。(図4)

また、二重膜の間に2g/sの流速で1気圧のヘリウムガスを流せるヘリウムガス循環装置(図5)を開発し、それを用いて、実際に二重膜の間にヘリウムガスを流す試験を行い、冷却に必要な流量が確保できることを実証した。

(2) 平成21年度

ビーム膜は、いったんビームを通すと高度に放射化する。またそのため、遮蔽体で囲まれており、ビーム膜を取り出すためには、クレーン等を遠隔操作することで、狭い空間を通す必要がある。したがって、その移動の状況を、何らかの方法で遠隔モニターする必要がある。そこで、テレビカメラを周辺に複数設置し、その映像を見ながらクレーンを遠隔操作してビーム窓を移動する、という方法を模擬し、試みた。ガイドする機構を十分事前に準備しておけば、この方法で問題ないことが確認された。また、マニピュレータを用いて、ビーム窓の遠隔操作での分解について、基礎的な試験を行った。また、実際のチタン製二重膜の間にヘリウムガス循環装置でヘリウムガスを循環させ、流量や圧力が設計どおりであることを確認した。

(3) 平成22年度

ビーム窓の遠隔交換装置や、放射化したビーム窓を収納するキャスクの設計を行った。また、研究成果のまとめと報告を行った。平成22年8月、茨城県東海村で開かれた国際研究集会 The II international Neutrino Summer School and NBI 2010 において、研究代表者自身及び協力研究者である高エネルギー加速器研究機構の多田将氏、英国・RAL研究所のChristopher Densham氏、カナダ・TRIUMF研究所のClive Mark氏が講演を行い、世界の関係研究者や大学院生等に対して、研究成果の紹介を行った。



図1 チタン合金製二重膜



図2 ピローシールフランジ



図3 ピローシールフランジ付きビーム窓



図4 マニピュレータと鉛ガラス窓



図5 ヘリウムガス循環装置

5. 主な発表論文等 〔学会発表〕(計4件)

- ① 山田 善一
Introduction to secondary beam line-T2K case
The II international Neutrino Summer School and NBI 2010
2010年8月30日
茨城県東海村
- ② 多田 将
T2K remote system
The II international Neutrino Summer School and NBI 2010
2010年8月30日
茨城県東海村
- ③ Christopher Densham
T2K Beam Window and 2nd Target
The II international Neutrino Summer School and NBI 2010
2010年8月29日
茨城県東海村
- ④ Clive Mark
Remote handling system at TRIUMF/T2K
The II international Neutrino Summer School and NBI 2010
2010年8月30日
茨城県東海村

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 善一 (YAMADA YOSHIKAZU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核
研究所・准教授
研究者番号：00200759

(2) 研究分担者：無し

(3) 連携研究者：無し

(4) 研究協力者

多田 将 (TADA MASARU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核
研究所・助教
研究者番号：00391706

山岡 広 (YAMAOKA HIROSHI)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核
研究所・技師

小池 重明 (KOIKE SHIGEAKI)
高エネルギー加速器研究機構・機械工学セン
ター・技師

Christopher Densham
英国・RAL 研究所・技師

Matthew Rooney
英国・RAL 研究所・技師

Michael Fitton
英国・RAL 研究所・技師

Vishal Francis
英国・RAL 研究所・技師

Clive Mark
カナダ・TRIUMF 研究所・技師

Michael Gallop
カナダ・TRIUMF 研究所・技師

Chad Fisher
カナダ・TRIUMF 研究所・技