科学研究費助成事業 研究成果報告書



平成 26 年 6月13日現在

機関番号: 82118 研究種目:基盤研究(C) 研究期間:2011~2013

課題番号: 23540355

研究課題名(和文)高ルミノシティLHCに向けた整形電場付ドリフトチューブの開発研究

研究課題名(英文)Research and development of a drft-tube detctor with field-shaping electrodes for the high-luminosity LHC

研究代表者

岩崎 博行(IWASAKI, HIROYUKI)

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・教授

研究者番号:40151724

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文): 高エネルギーのミューオンからはガンマ線が放射されることがあり、ミューオン飛跡の近傍に複数の飛跡が付随するということがある。簡便な電場整形電極付ドリフトチューブ検出器により、もとのミューオン飛跡を検出できることを検討した。また、そのアイデアにもとづき試作機の研究開発を行った。加工図面および全体の組立て図面を仕上げ、チュープチェンバーの試作機を製作した。試作機のドリフトチューブ胴

加工図面および全体の組立て図面を仕上げ、チューブチェンバーの試作機を製作した。試作機のドリフトチューブ胴体はアルミ押出し成型で製作した。試作機では、Ar/CO2混合ガス雰囲気中で、HV = 3.5 kV を印加し、電流が 2 nA以下であることを確認した。今後はビームを用いての性能試験を行うことを計画している。

研究成果の概要(英文): High-energy muons sometimes emit gamma-rays, which cause multi-hits near the original muon tracks. It was examined that a drift-tube detector with simple field-shaping electrodes could find the muon tracks. Research and development of a detector was performed based on the idea.

Indicate that a first table detector was performed based on the idea.

Machining and assembling drawings were prepared, and appropriate parts were selected. The main aluminum b ody of the prototype detector was formed by a hollow extrusion processing. The high-voltage test was applied for the prototype detectors. The leakage current was less than 2 nA at 3.5 KV with Ar/CO2 environment. Performance tests with using beam is under consideration.

研究分野: 数物系科学

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: 粒子測定技術 ミューオン検出器

1.研究開始当初の背景

標準模型を超える物理では種々な Z'の存在が予言されている。その発見において、高エネルギーミューオンの運動量測定はその質量と崩壊幅を測定する際に決定的な役割を演じる。また、その角分布の測定は模型を峻別する上で特に重要である。角分布の違いは前方において顕著になることから、前方のミューオンスペクトロメーターの性能の方に対鍵となる。重い Z'になるほど崩壊から対生成されるミューオンの横運動量はより大きくなり、ガンマ線放射の確率が増大する。

平成32年ころにLHCのルミノシティをアップグレードすることが計画されており、より重い Z'発見の可能性が広がる。そのためには、ガンマ線放射を伴う高横運動量ミューオンの位置測定に十分に対応できるよう検出器を改良することは非常に有効である。

2. 研究の目的

ATLAS測定器のミューオンスペクトロメーターの精密飛跡検出器は、直径3cmの円筒ドリフトチューブで構成されている。構造が簡単であり大面積を覆うには適してあり、超伝導空芯トロイド磁石を用い、横運動量が1 TeV のミューオンに対し12%の分解能を出すことができる。ただし欠点は多数の荷電粒子が入射する場合には、円筒状の電場であるため各々の粒子の飛跡点を出すことが難しいことである。

現在のミューオン読出システムは多重ヒットに対応しているので、電子が同心円状ドリフトするのを飛跡と垂直方向にのみドリフトするようにすれば、多数のヒットがある環境でも真のミューオンの飛跡を捉えのなとができる。しかしドリフトチューブの数は膨大であるので、通常の多数の勾配電極をもったエレクトロードで整形電場を作るるとは避ける必要がある。簡便な電場整形電極付ドリフトチューブの有効性の検討とその試作機開発が本研究の目的である。

3.研究の方法

高エネルギーミューオンによる電磁シャワーのシミュレーションは、Geant4 ベースのプログラムを使い、ドリフトチューブの2トラック分離能力への要求値を求める。得られた要求値実現のスタディには CERN で開発された Garfield を用いて行う。

シミュレーションのスタディを基に、ドリフトチューブ試作機の設計を行う。この 試作機ではメカニカルな観点が主眼となる。 エレクトロードの変形を抑え、出来るだけ 物質量を減らさなければならない。また、 どのようにドリフトチューブの回転方向の 位置決めするかも重要な課題であり、その 検討を行う。

絶縁体も含めた電極部の設計および各部 材の選択と合わせ、各部品の図面と組立図 面を作成する。最終年度には整形電場付ド リフトチューブの試作機を製作する

4.研究成果

簡単な電場整形電極を持つ円筒チューブ 検出器の開発では、円筒内部に取り付ける電 極の位置と幅の最適値を求めた(図1)。図 2にはその場合の飛跡位置とドリフト時間 の相関を示した。ほぼ直線とすることが出来 ることが分かる。

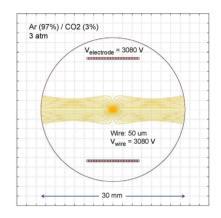


図1 内径 30 mm のチューブと電場整形電極を もった構造における電気力線

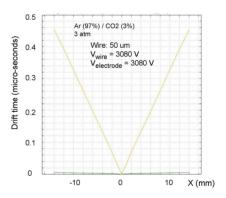


図2 飛跡位置とドリフト時間の相関

試作機の各部品の設計とそれらの加工図面および全体の組立て図面を作成した(図3~図5)。

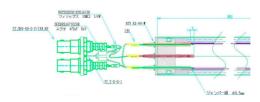


図3 高電圧供給側端部の組立図

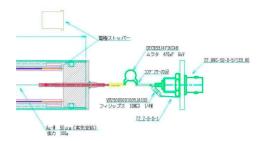


図4 信号読出側端部の組立図

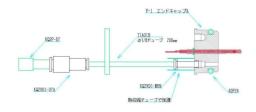


図5 高電圧供給側のガス入口部分の組立図

ドリフトチューブ検出器の本体部分のアルミチューブはアルミ押出し成型で製作した(写真1)。円筒内部の上下にあるT字部分に電場整形用の電極が取り付けられる。T字箇所の外周部には外部からこのT字サポート位置が分かるようにV字の溝が掘られている。



写真1 加工前のアルミチューブ断面

円筒内部に取り付ける内部電極サポート は当初押出し成形を考えたが、試作機は少数 であることから機械加工とすることとした (写真2)。

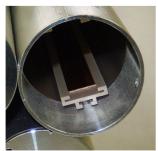


写真 2 アルミチュープ内に取り付けられた電場整形用電極

円筒両端に取り付けるエンドプラグも機械加工で製作した(写真3)。内部電極の薄

銅板からは、センスワイヤーのフーィドスルーと同様に、但し内径の大きい、フィードスルーを通して外部のコネターへと接続する方法を採用した。電場整形用電極の電圧はセンスワイヤと同一電圧で十分な整形電場を作ることができるが、試作機では独立に電圧をかけられるようにした。



写真3 エンドプラグ

試作機では主に胴体部が 1 m の検出器を製作した。但し全体の構造が分かるように 0.4 m のものも製作した。写真 4 は短い 0.4 m 長検出器の全体像である。写真 5 と 6 はその両端部の写真である。端部の写真では、内部が見るように保護カバーははずされている。



写真4 ドリフトチュー検出器の全体(ガス入出チューブは外されている)



写真 5 高電圧供給側の端部(内部が見るように保護力バーははずされている)



写真6 信号読出側の端部(内部が見るように保護カバーははずされている)

製作した試作機は、Ar/CO2 混合ガス雰囲 気中で、HV = 3.5 kV を印加し、全ての試作 機で暗電流が 2 nA 以下であることを確認した。今後はビームを用いての性能試験を行うことを計画している。

5 . 主な発表論文等 (研究代表者、研究分担者及び連携研究者に は下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 0 件)

[図書](計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕 ホームページ等 なし

- 6.研究組織
- (1)研究代表者

岩崎 博行 (Iwasaki Hiroyuki) 高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子 核研究所・教授 研究者番号:40151724

- (2)研究分担者 なし
- (3)連携研究者 なし