

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 drift-tube detector 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オンからはガンマ線が放射されることがあり、ミュ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た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.

Machining and assembling drawings were prepared, and appropriate parts were selected. The main aluminum body 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' の存在が予測されている。その発見において、高エネルギーミュ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、前方のミュオンスペクトロメータの性能向上が鍵となる。重い Z' になるほど崩壊から対生成されるミュ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測定器のミュオンスペクトロメータ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おり、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、電子が同心円状に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オンの飛跡を捉えることができる。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ことに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的设计を行う。この試作機ではメカニカルな観点の主眼となる。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 부품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。

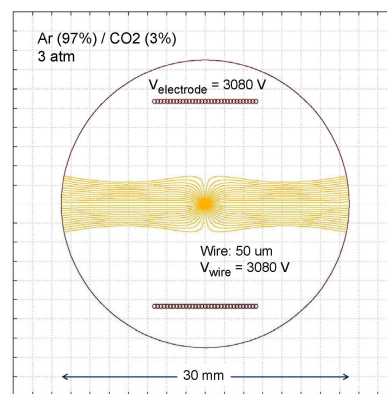


図1 内径 30 mm のチューブと電場整形電極をもった構造における電気力線

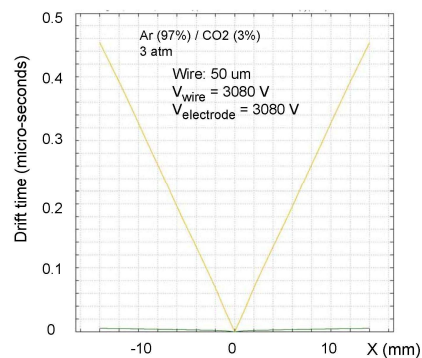


図2 飛跡位置とドリフト時間の相関

試作機の各 부품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)。

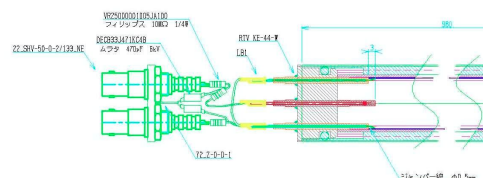


図3 高電圧供給側端部の組立図

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：4 0 1 5 1 7 2 4

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし