

研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2007～2010
課題番号：19540278
研究課題名(和文) APDを用いたシンチレーティングタイル・ファイバー型カロリメーターの試作
研究課題名(英文) A prototype of a scintillating-tile and fiber calorimeter using APDs
研究代表者
吉田 拓生 (TAKUO YOSHIDA)
福井大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：30220651

研究代表者の専門分野：高エネルギー物理学
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：素粒子実験、カロリメーター

1. 研究計画の概要

素粒子実験で高エネルギー粒子のエネルギーを測るために用いられるシンチレーティングタイル・ファイバー型カロリメーターでは、カスケードシャワー発生時のシンチレーティングタイルの発光が、タイルの中に埋め込まれた波長変換用光ファイバーの中で波長変換され、そのままファイバーを通して外に引き出される。通常、この光は光電子増倍管で読み出されるが、本研究の目的は、この光を、光電子増倍管よりもはるかに高い量子効率を持つ「アバランシェフォトダイオード (APD)」で読み出し、これによってカロリメーターの性能向上を図ることができるかを明らかにすることである。このため、シンチレーティングタイル・ファイバー型カロリメーターの雛形を試作し、その受光素子として APD を用いた場合と光電子増倍管を用いた場合のそれぞれの場合でカロリメーターの性能評価を詳しく行い、比較検討する。

2. 研究の進捗状況

2007年度(初年度)に、まず、本研究で用いる APD の性能評価を詳しく行い、十分な S/N 比が得られることを確認した。次に、種々のシンチレーティングタイルや WLS ファイバーの中から本研究に適した発光量の多いものを選択するため、実際に種々のサンプルに荷電粒子を照射し、最も発光量の多くなるタイルとファイバーの組み合わせを決定した。また、吸収材(鉛板)やシンチレーティングタイルの形状などについて、シミュレーションによるエネルギー分解能の計算などを行い、試作するカロリメーターの構造設計を行った。

2008年度には、前年度に設計した雛形電磁カロリメーターを作製し、宇宙線 μ 粒子 (MIP) がカロリメーターを貫通したときのエネルギー損失 (dE) に対する分解能を、光電子増倍管と APD のそれぞれを用いて測定したところ、光電子増倍管では 31%、APD では 27% となり、APD を用いた方が良い分解能が得られることが分かった。なお、ここでは APD はまだ冷却せず、室温中で用いた。

2009年度には、APD を冷却することによって APD のノイズを低減させ、それによってカロリメーターのエネルギー分解能をさらに向上させることができるか否かを調べる実験を開始した。APD 冷却装置の調整に手間取ったため、APD の光電子増倍率 (Gain) を 50 という比較的小さい値に固定したときの測定しかできなかった。この Gain では、エネルギー分解能は温度によらずほぼ一定になることが予測され、測定の結果もそのとおりになった。2010年度には、冷却によってエネルギー分解能の向上が期待される Gain 100 以上の領域で系統的に測定を行い、最もエネルギー分解能が良くなる Gain と温度を求める実験を行う予定である。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

(理由)

当初の予定どおり、初年度に雛型カロリメーターの設計を行い、次年度にはその製作を完了し、性能評価のための実験を開始することができた。さらに 3 年目に当たる 2009 年度末までに、従来の光電子増倍管よりも APD を用いた方が良い分解能が得られるという結論が得られた。

4. 今後の研究の推進方策

APD を室温中で用いた場合で、既に、従来の光電子増倍管よりも APD を用いた方が良い分解能が得られるという結論が得られたが、APD を冷却することによって、APD のノイズを低減させ、それによってカロリメーターのエネルギー分解能をさらに向上させることができる可能性がまだあるので、今後はその可能性を追求する。カロリメーターのエネルギー分解能を APD の Gain と温度の関数として測定し、最も高分解能が得られる Gain と温度の組み合わせを見出す。

5. 代表的な研究成果

(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 7 件)

- ① T. Aaltonen, S.H. Kim, T. Yoshida, 他 580 名 (574 番目), Search for Supersymmetry with Gauge-Mediated Breaking in Diphoton Events with Missing Transverse Energy at CDF II, Phys. Rev. Lett. 104 巻, 1 号, 011801-1 ~8, 2010, 査読有り
- ② T. Aaltonen, S.H. Kim, T. Yoshida, 他 600 名 (593 番目), Searched for Associated Production of the Standard-Model Higgs Boson in the All-Hadronic Channel, Phys. Rev. Lett. 103 巻, 22 号, 221801-1 ~8, 2009, 査読有り

[学会発表] (計 5 件)

- ① 井上博貴, 吉田拓生, 小森亮太, 川口達紀, 北村真吾, 本田善徳, APD によるカロリメーターのエネルギー分解能向上, 2009 年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会, 2009 年 12 月 5 日, 金沢大学
- ② 奥村容子, 吉田拓生, 井上博貴, 山口光司, 吉村香, APD を用いた雛型カロリメーターの作製とその性能評価, 2008 年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会, 2008 年 11 月 29 日, 福井大学
- ③ 井上博貴, 吉田拓生, 奥村容子, 山口光司, 吉村香, カロリメーターの光量増加に有効な反射材の研究, 2008 年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会, 2008 年 11 月 29 日, 福井大学
- ④ 石川直樹, 吉田拓生, 奥村容子, 林幸治, カロリメーターのエネルギー分解能向上の研究, 2007 年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会, 2007 年 12 月 1 日, 富山県立大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]

ホームページ

<http://serv.apphy.u-fukui.ac.jp/~yoshida/calorim/calorim.htm>