

波長変換ファイバーY-11シートを用いたACの 宇宙線ミュオンによる検証実験

2016年3月27日

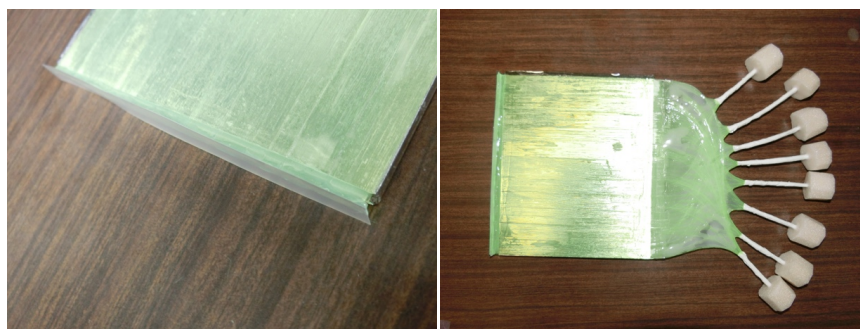
概要

シリカエアロゲルを用いたチェレンコフ検出器をエアロゲルチェレンコフ検出器と呼び、識別粒子の速度しきい値の要求に応えるために屈折率を1.003~1.26の範囲で任意に決定できる利点をもつことが知られている。波長変換ファイバーを用いたライトガイドを用いることで磁場中でもPMTで動作し、設計の自由度が向上する。ファイバーを縞状にした方式は、エアロゲルの下流直後に波長変換ファイバーシートを設置した設計で、応答したストリップの本数から粒子識別する。宇宙線ミュオンをエアロゲルに通過させ、チェレンコフ光を波長変換ファイバーで読み出す測定から、平均光電子数分布および反応ストリップ数のエアロゲル厚さ依存性を調べ、実用性について評価した。

1. 波長変換ファイバーシート作成

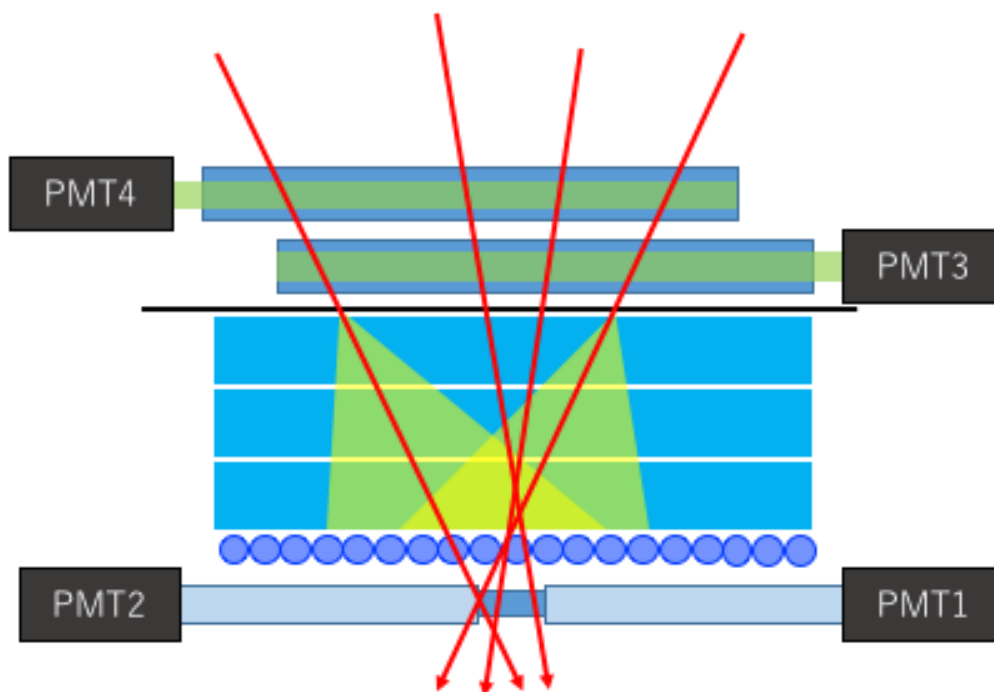
波長変換ファイバーをエアロゲルの下流直後に置き、荷電粒子が通過したファイバーはおそらく反応し、チェレンコフ放射した場合粒子が通過しなかったファイバーも反応する。つまり、応答したファイバー本数をしきい値にした粒子識別装置を提案する。ファイバーは縞状にして1~8chのストリップを連番で繰り返すことでPMTのチャンネル数を節約した。ファイバーシートの仕様は以下に示す。

1. Y-11(300)MJ: 直径0.2 mm、計560本
2. 1層片側読み出し、反対側はアルミマイラー(3M:ESR140X160S)を垂直に接続
3. 有効面積: 100 mm × 100 mm
4. 70本1ストリップ: 80本のうち10本ずつ割り振り7箇所から結う
5. PMT読み出し部分: 8個
6. 下地はアルミホイル: 反射光を再吸収する目的



3. セットアップ

宇宙線ミュオンをシンチレーション検出器で検出し、その軌道上にシリカエアロゲルと波長変換ファイバーを設置する。使用するシリカエアロゲルは屈折率 1.045、波長 400 nm の可視光に対して 45 mm の透過長をもつ。シリカエアロゲルはサイズ 90 mm×90 mm×10 mm のタイル状で 3 枚重ねて厚さ 30 mm の輻射体とした。シリカエアロゲルの下流に波長変換ファイバーシートを設置し、読出部に光電子増倍管(PMT: R9880U-210)を接続した。シリカエアロゲル上流にはアルミホイルを置き空気チェレンコフ光の影響を受けないようにできるだけ反射した光をファイバーへ返せる設計をした。同様にアクリルからのチェレンコフ光の読み出しも測定した。



3.2. データ収集回路設計

トリガー信号は PMT 1~4 が同時に応答した事象を用いる。PMT から出力されるアナログ信号はディバイダーで分岐され、一方はディスクリミネータで NIM 規格の論理信号に変換されコインシデンスによって AND 演算され、他方は 30~50 ns ほど遅延され CAMAC ADC の各チャンネルに入力される。コインシデンスからの出力信号を CAMAC ADC Gate に入力し、信号が High である時間におけるそれぞれアナログ信号の積分値をデジタル値に変換 (Analog Digital Convert)する (図 3 を参照)。

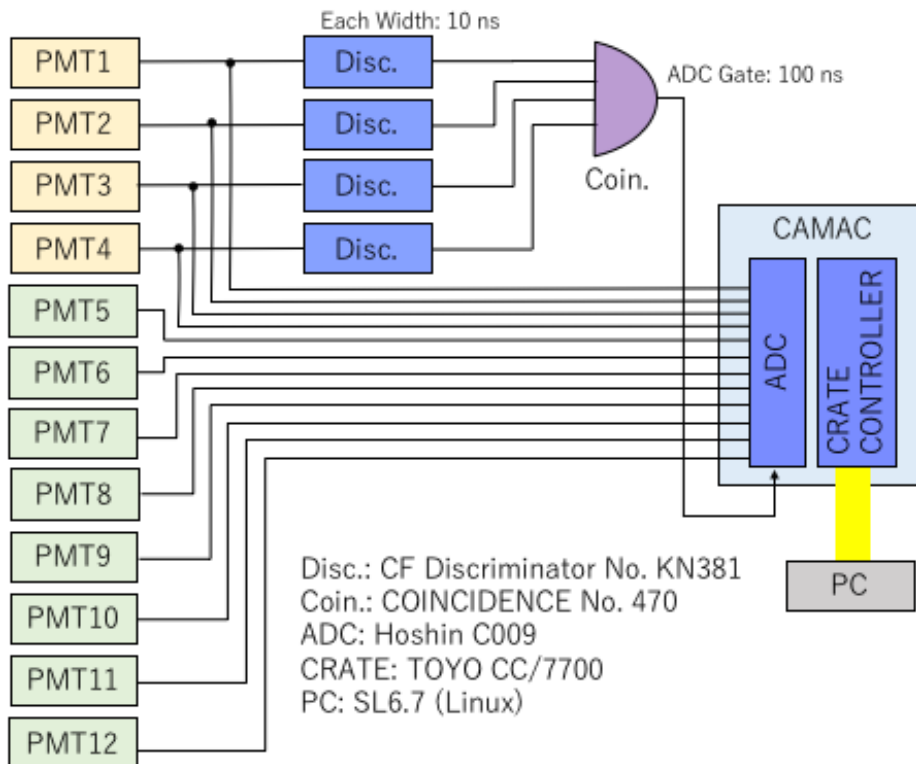
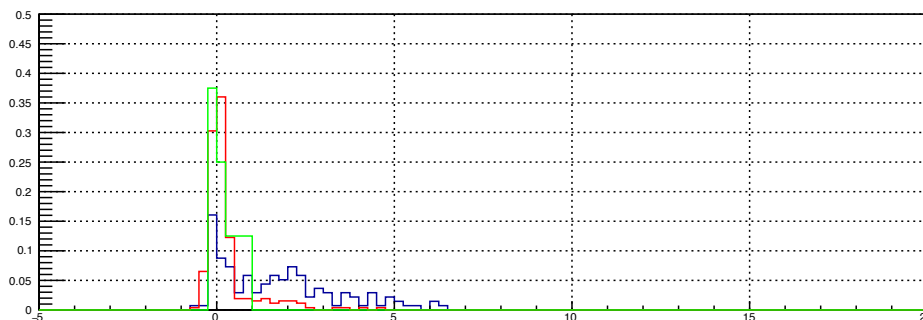


図 3. データ収集回路図

4.3. 結果：チェレンコフ光による光電子数

図 4 に全光電子数分布を示す。赤がエアロゲルなし、緑は屈折率 1.05 で厚さ 30 mm のエアロゲルチェレンコフ、青が屈折率 $n=1.5$ で厚さが 25 mm のアクリルチェレンコフをそれぞれ示す。平均光電子数はエアロゲルがない場合 0.27 p.e.、 $n=1.05$ のエアロゲルでは 0.23 p.e.、アクリルの場合 1.7 p.e.であった。前回の B-3 と比較して、反射板を敷いて、ファイバーの反対側に反射板を取り付けても光電子数が少ないということは B-3 の方がチェレンコフ光の収集効率が高いことを示す。ただ、どちらにしても収集効率が低いのは否めない。



4.4. 粒子識別能力評価

粒子識別はファイバーが何本反応したかで決定する仕様だ。図 6 に反応したファイバー本数の分布を示す。エアロゲルがない場合平均 0.15 本、アクリルの場合平均 1.07 本反応したと観測された。

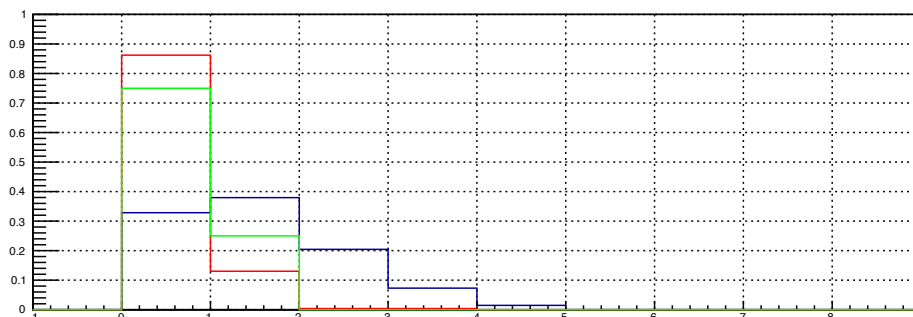


図 5. AC with WLSF の反応ファイバー本数分布

5. 考察とまとめ

B-3 に引き続き、Y-11 のシートでも宇宙線を用いてエアロゲルチェレンコフ光の WLSF 読み出しの実証実験を行った。シートの下地には反射板を設置し、ファイバーの方末端には反射板を取り付けて光量を少しでも稼いだ。屈折率 1.05 でのチェレンコフ光では全然読み出しが確認できず、仕方ないのでアクリルを用いて観測した。推定 212 個のチェレンコフ光が放出して平均 1.7 p.e. 読み出されたことを示すので収集効率およそ 0.8% だ。

この結果からでは諦めムードが強い。ファイバー層が 1 層だから吸収仕切れないチェレンコフ光が多く存在し、つまり層を増やせば収集効率が向上するはず。B-3 でも同様にアクリルで観測して大量のチェレンコフ光で収集効率を見るべきだろう。今後の予定としては一旦波長変換を用いたチェレンコフ光読み出しに関しては凍結して東北大学ビームテストに向けた準備に移ろうと考えている。

ビームテストでは FOREST AC のための設計を決めるための測定がメインで、サブにファイバートラッカーの検証実験を走らせるらしい。それと同時並行で LEPS II AC の開発もやるのかな。