

平成22年 5月27日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19540299

研究課題名（和文） 将来実験のための大口径 EBCCD の開発研究

研究課題名（英文） Research and development of a large aperture EBCCD for future experiments

研究代表者

鈴木 州（SUZUKI ATSUMU）

神戸大学・理学研究科・助教

研究者番号：20243298

研究成果の概要（和文）：新しく開発された口径10cmのElectron Bombardment CCD (EBCCD) について基本性能を測定した結果、ゲインはかける高電圧に対して-12kVまで良い線形性を示し、その時のゲインは2400であった。空間分解能は250 μ mで、入力光に対する出力信号の線形性は、同種の光検出器であるImage Intensifier Tube (IIT) よりも良いことがわかった。プラスチックシンチレータとの組み合わせで宇宙線検出に成功し、素粒子実験における実用性が示された。

研究成果の概要（英文）：Basic performances were measured for the newly developed large aperture Electron Bombardment CCD (EBCCD). Its gain shows good linearity as a function of applied high voltage up to -12kV, where the gain is 2400. The spatial resolution was 250 μ m, and the linearity between the input and output was very good and better than that of an Image Intensifier Tube (IIT) which is the same kind of photosensor as an EBCCD. Cosmic rays were detected by this EBCCD with a plastic scintillator, which shows a practical use of this EBCCD in particle physics experiments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：素粒子実験

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：EBCCD, IIT

1. 研究開始当初の背景

EBCCDは、光電面で発生した光電子を高電圧で加速し、CCDに入射させ増幅する光検出器である。これまでも製作され、実験に使用されたりすることはあったが、いずれも小

口径でゲインも不十分であった。そのため、前段に蛍光体出力を持つ旧来の大口径IITを組み合わせて有効面を大きくすると同時にゲインを補うという使われ方をしてきた。だが、旧来のIITは蛍光体出力面やMCP (Micro

Channel Plate) を使用しているために、時間分解能は蛍光板の残光時間で、光量測定精度は蛍光板や MCP による増倍の揺らぎで制限されていた。したがって、加速された電子を直接 CCD に打ち込むため増倍による揺らぎは小さいという EBCCD の特長が生かされず、本質的な改善につながっていなかった。

ファイバー検出器をマルチアノード光電子増倍管を用いて読み出す方式も行われていたが、この方法は、増倍による揺らぎが小さいという点で前述の改善課題については解決できているものの、1本あたりで読み出せるチャンネル数が桁違いに制限され、位置分解能を犠牲にせざるを得ないという状況であった。

このように、1本で多チャンネルを読み出せるような大口径で、単段でも十分なゲインをもつ EBCCD が非常に望まれていたため、本研究を行うに至った。

2. 研究の目的

本研究で扱った EBCCD は、単段で 1 光電子レベルの光を捉えることができるくらい十分なゲインを有し、かつ、光電面直径 10 cm という大口径のものである。その基本性能として、空間分解能、入出光に対する出力信号の線形性などを測定し、さらに、粒子検出器との組み合わせで実際の実験で使用可能かどうかを検討することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 空間分解能

様々な間隔のラダーパターンチャートを用い、どの間隔のものまで判別できるかを測定する。もう 1 つの方法として、蛍光板に貼り付けた銅箔パターンに放射線源 ^{241}Am からの X 線や γ 線を照射し、その画像から銅箔パターンの間隔がどこまで認識できるかという方法で測定する(図 1)。

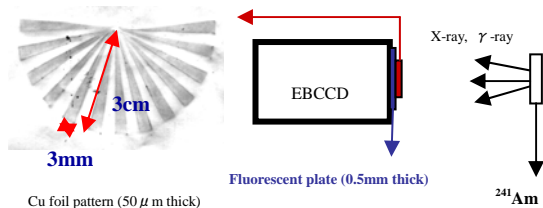


図 1

(2) 入出力間の線形性

青色 LED からの光を、強度を変えながらシンチレーティングファイバーを通じて EBCCD に照射し、入射光強度に対して出力がどのように変化するかを測定する。入射光強度は光電子増倍管によってモニターする(図 2)。同じ測定を IIT についても行い、両者の入出力間線形性を比較する。

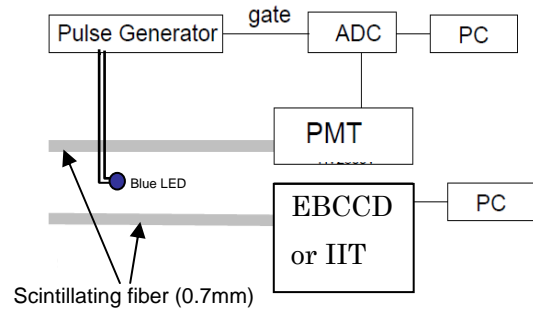


図 2

(3) 実際の実験での使用例

図 3 に示すような直径 0.7mm のシンチレーティングファイバーを束ねたブロックを使い、宇宙線 μ 粒子の観測を試みる。

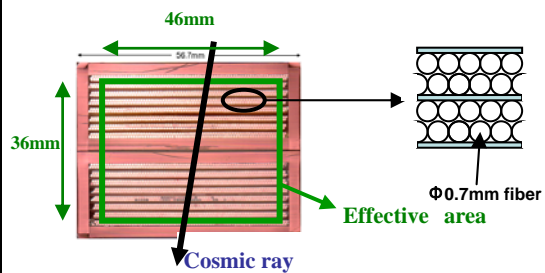


図 3

上記のシンチレーティングファイバーブロックでは 2 次元飛跡しか見ることができないが、同様の観測をプラスチックシンチレータ塊についても行い、3 次元の飛跡が捉えられるかどうかを調べる。

4. 研究成果

(1) 空間分解能

様々な間隔のラダーパターンチャートを用いてその画像の輝度分布を調べた結果、2 line pairs/mm まで陰影の区別が出来た(図 4)。これにより、空間分解能は、250 μm 以下であると言える。

また、蛍光板上の銅箔パターンに放射線源からの X 線、 γ 線を照射した測定でも同様の結果が得られた(図 5)。

(2) 入出力間の線形性

EBCCD への入力光の強度を変えながら出力信号の大きさの変化を調べた所、非常に良い線形性が得られた。また、同様の測定を IIT に対しても行い、EBCCD と比較した結果、期待通り EBCCD の方が良い線形性を示すことがわかった(図 6)。

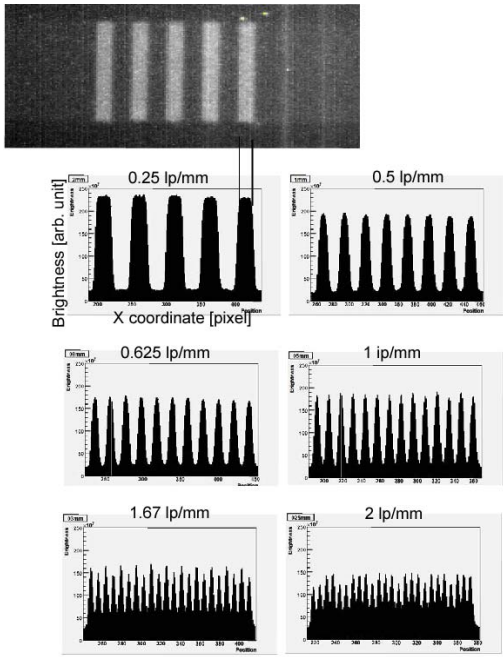


図 4

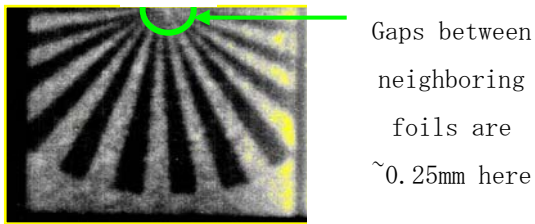


図 5

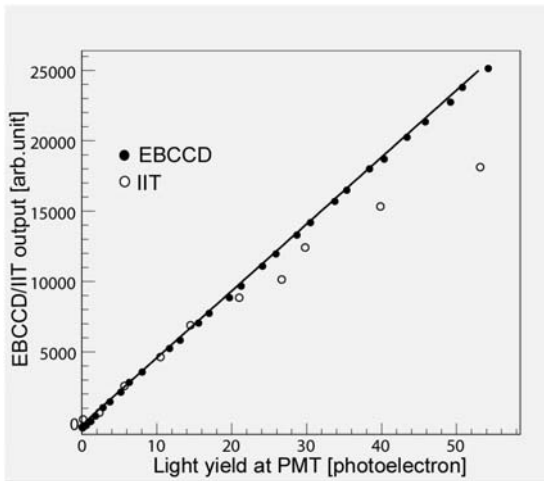


図 6

(3) 実際の実験での使用例

シンチレーティングファイバブロックを通過する宇宙線 μ 粒子の観測を試みた所、その飛跡を捉えることができた (図 7)。同様のことをプラスチックシンチレータ塊でも行い、やはり飛跡を得ることができた。

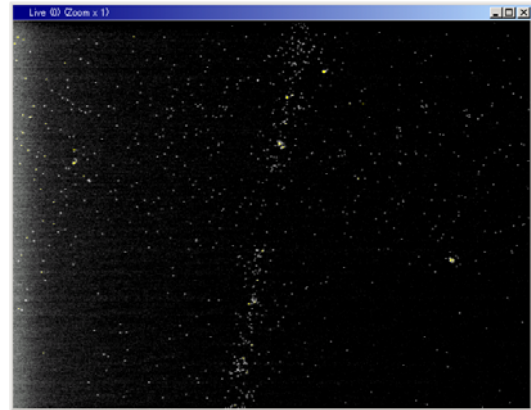


図 7

前述の観測はどちらも宇宙線の飛跡を横から捉えたものであるが、EBCCD を真上に向けた観測も行った。光電面から離れるほど画像がぼやけることを利用して、宇宙線飛跡を 3 次元的に捉えることを試みた。その結果、図 8 のような画像が得られ、宇宙線の飛跡が 3 次元的に捉えることができた。

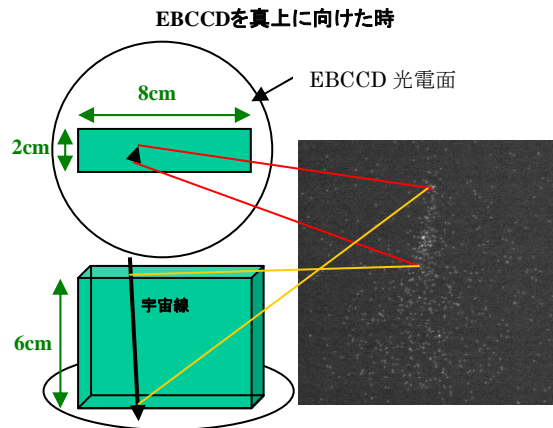


図 8

(4) 今後の展望

新しく開発された口径 10cm の EBCCD は、これまでにない大口径で、多チャンネルの読み出しが行える。ゲインも十分に大きく、1 光電子レベルの光が検出可能である。測定の結果、空間分解能も $250 \mu\text{m}$ 以下と十分に小さく、入出力間の線形性も非常に良い。実用例として、シンチレーティングファイバブロックやプラスチックシンチレータ塊を通過する宇宙線が観測できた。

このように、本研究で扱った EBCCD は、粒子実験分野において、今後非常に有用な光検出器であると言える。特に、従来の IIT より優れた入出力間線形性によって、エネルギー損失 ($-dE/dX$) の違いを利用した粒子識別の向上などが期待される。

また、プラスチックシンチレータなど一

緒に用いて中性子照射による反跳陽子が観測できれば、X線では検査できない材料のイメージングが期待されるなど、粒子実験以外にも広く用途を見出すことができる。

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1件)

① ”Performance of the Large Aperture EBCCD”, A. Suzuki, S. Aoki, J. Haba, M. Sakuda, and M. Suyama
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research-A (査読有り)に掲載予定。

[学会発表] (計4件)

- ① 鈴木州、青木茂樹、幅順二、作田誠、須山本比呂、「大口径EBCCDの性能」、日本物理学会、2010年3月23日、岡山大学
- ② 鈴木州、青木茂樹、幅順二、作田誠、須山本比呂、「Novel Large Aperture EBCCD”, Vienna Conference for Instrumentations 2010, 2010年2月17日、ウィーン工科大学
- ③ 鈴木州、青木茂樹、幅順二、作田誠、須山本比呂、「Performance of the Large Aperture EBCCD”, New Development for Instrumentation of Photosensors '08, 2008年6月17日、Axis Les Vain (フランス)
- ④ 鈴木州、青木茂樹、幅順二、作田誠、須山本比呂、「大口径EBCCDの開発」、日本物理学会、2009年9月24日、北海道大学

[図書] (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 州 (SUZUKI ATSUMU)
神戸大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：20243298

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

青木 茂樹 (AOKI SHIGEKI)
神戸大学大学院・人間発達科学研究科・教授
研究者番号：80211689

