

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

<p>研究課題名 和文：CTA 小型望遠鏡用カメラの開発 英文：Development of camera for CTA small-sized telescopes</p>
<p>研究代表者 名古屋大学 宇宙地球環境研究所・教授・田島 宏康 参加研究者 名古屋大学 宇宙地球環境研究所・助教・奥村 暁、院生 M2・中村 裕樹、院生 M2・朝野 彰、院生 M1・Anatolii Zenin、茨城大学 理学部・准教授・片桐 秀明、院生 M1・三浦 智佳、京都大学 大学院理学研究科 物理学第二教室・准教授・窪 秀利、東京大学 宇宙線研究所・教授・手嶋 政廣、甲南大学 理工学部 物理学科 宇宙粒子研究室・准教授・山本 常夏、東海大学 理学部物理学科・教授・西嶋 恭司、広島大学 大学院理学研究科 物理科学専攻 高エネルギー宇宙研究室・教授・深沢 泰司、助教・高橋 弘充、広島大学 宇宙科学センター・准教授・水野 恒史</p>
<p>研究成果概要</p> <p>本研究では、CTA 小口径望遠鏡の一つである Gamma-ray Cherenkov Telescope (GCT) のカメラに使用するシリコン光電子増倍素子(SiPM)とその信号処理回路をマックスプランク核物理研究所やエルランゲン大学と共同で開発している。</p> <p>SiPM では、クロストークとよぶ現象によって入射光子数より大きな光子数を出力することで、光子数の少ないバックグラウンドをガンマ線シャワーの現象と間違えてしまうことが問題となる。夜光のレートが高い CTA では、クロストークによる偶発的トリガーが性能低下の原因となるため、光検出効率 (PDE) を維持しながらクロストークを抑制した SiPM の開発が主要な課題となっている。また、クロストークを極力抑制するため、動作電圧を下げると光検出効率が低下してしまうため、動作電圧の最適化も必要となる。</p> <p>小口径望遠鏡の pre-production で GCT カメラに使用する SiPM の選定に向けて、採用</p>
<p>Figure 1 consists of two line graphs. The left graph plots Optical Crosstalk Rate [%] on the y-axis (0 to 25) against Over Voltage [V] on the x-axis (0 to 10). It shows five data series: LCT5-3050 Epoxy 100 μm #1, 2 (red circles), LCT5-3050 Epoxy 300 μm #665, 666 (purple diamonds), LCT5-3050 Silicone 450 μm #965, 966 (green triangles), LVR2-6050 No coating #14, 15 (blue squares), and LVR2-7050 No coating #11 (black squares). All series show an increasing trend of crosstalk rate with over voltage. The right graph plots Optical crosstalk rate (%) on the y-axis (0 to 2) against Distance (mm) on the x-axis (0 to 20). It shows four data series for different SiPM sizes: 500 μm (red circles), 310 μm (magenta squares), 200 μm (blue triangles), and 100 μm (black squares). All series show a sharp decrease in crosstalk rate as distance increases, with the 100 μm series showing the lowest crosstalk rate at larger distances.</p>
<p>図 1: (左) 異なる保護樹脂厚をもった SiPM のクロストークの超過電圧依存性。 (右) 異なる保護樹脂厚をもった SiPM の近接ピクセルへのクロストークの距離依存性。</p>

候補製品の特性測定の中で、クロストークが保護樹脂を介して発生することに着目し、図 1(左)に示す通り保護樹脂が厚いほどクロストークを低減できることを発見した。しかし、図 1(右)に示す通り保護樹脂が厚いほど近接ピクセルへのクロストークが増加する点に問題がある。したがって、さらにクロストークを低減できる保護樹脂をなくす方向で開発を進めることにした。

一方で SiPM の開発と並行してカメラ信号処理系の較正方法の確立にも取り組んでいる。2017 年度は、波形記録回路の時刻ずれ、SiPM のクロストーク、ゲイン特性の較正法をモジュールレベルで確立した。本較正法の特徴は、現地での較正を前提とし、較正していない光源を用いてゲイン較正を可能にしている点である。図 2(左)は、較正していない光源を用いたゲイン較正結果と別の方法で較正した結果の比較である。図 2(右)は、本研究の較正結果と別の方法との差の光電子数依存性である。本研究では、高いゲインで測定しているため 120 光電子程度以上では、飽和の影響が出ているが、実際のゲインではさらに高い光電子まで測定できる。

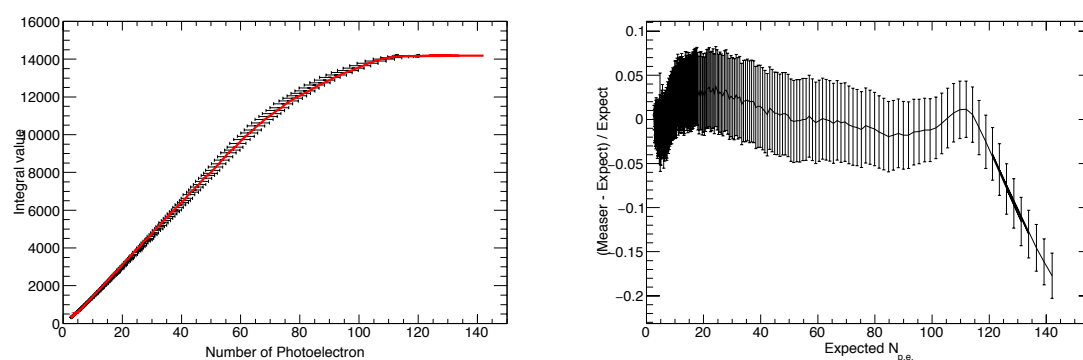


図 2: (左) 較正していない光源を用いて得た波形積分値と光電子数の関係。赤線はフィルターの減衰率から推定した入射光量から推定される光電子数、黒のデータ点が本研究の較正手法で得られた光電子数を示す。(右) 本研究の較正手法で得られた光電子数と推定される光電子数の差の光電子数依存性。