

GLD カロリメータの読み出しに用いる光検出器 MPPC の開発研究

200720458 須藤 裕司

指導教員 金 信弘

ILC と GLD カロリメータ

International Linear Collider (ILC) 計画とは、ヒッグス粒子精密測定、トップクォークの精密測定、超対称性粒子など標準理論を超える物理現象の探索を目的とした、TeV エネルギー領域での電子・陽電子衝突型線形加速器実験計画である。

ILC の検出器として、Global Large Detector (GLD) と呼ぶ検出器を日本・アジアが中心となって設計している。GLD では反応によって発生するジェットのエネルギーを精度良く再構成するために、Particle Flow Algorithm を用いる。そのため、カロリメータ内で個々の粒子の識別が必要となり、カロリメータは良く細分化され、全チャンネル数は 1 千万を超える。

GLD カロリメータはサンプリング型で、電磁カロリメータ部はストリップ構造のシンチレータと W 吸収体を積層する。1 ストリップの大きさは $4 \times 1 \times 0.2 \text{ cm}^3$ で、波長変換ファイバー (WLSF) を用いて読み出す。小さなファイバー径 (1mm)、膨大なチャンネル数、加えて 3T 磁場中に設置されるため新たな光検出器の開発が必要となった

MPPC

GLD に適した、新しい光検出器として MPPC (Multi Pixel Photon Counter) の開発研究を浜松ホトニクス社、KEK、大学グループが協力して行っている。

MPPC は半導体光検出器で $1 \times 1 \text{ mm}^2$ の受光面を持ち、アバランシェ増幅する多数のピクセル型フォトダイオードからなる。現在 pixel size が 25, 50, 100 μm の 3 種類の MPPC があり、印加電圧は 60~80V と低い電圧で十分な増倍率が得られる。

測定項目

今回は、エネルギー測定範囲の最も広い 1600 pixel の MPPC の基礎特性の測定をして GLD カ

ロリメータの要請を満たすか評価し発表した。

測定項目は MPPC の増倍率、ノイズ発生率、クロストーク率、光子検出効率、recovery time, response curve である。

LED 光を MPPC に照射すると ADC 分布は、図 1 のようになる。

増倍率は 1 光電子 (p.e.) 当たりの出力電荷を ADC で測定し求めた [図 2]。

ノイズ発生率は、MPPC に光を当てない状態で 0.5p.e. の閾値を超えたシグナル数を計数して求めた [図 3]。

クロストーク率は 1.5p.e. の閾値を超えたシグナル数と、0.5p.e. の閾値を超えたノイズとの割合から求めた。

光子検出効率は光電子増倍管 R1924 を基準とし、MPPC との応答の比から求めた。

recovery time は一度出力した pixel が数 ns 後に再出力した信号の大きさの比から求めた。

response curve は LED を用いて入射した光信号の時間幅に対する変化、及び印加電圧依存性を調べた。

結果

主な結果をまとめると (印加電圧に依存)

- 増倍率 $10^5 \sim 10^6$
- ノイズ発生率 50~400kHz
- クロストーク率 1~30%
- 光子検出効率 5~17%
- recovery time ~4ns
- response curve 時間幅に依存、印加電圧に依らない

増倍率、ノイズ発生率、クロストーク率、光子検出効率はほぼ満足できるが、ピクセル数を増やして応答線形性を向上させる必要がある。また、recovery time が短いので、response curve の研究が不可欠である。

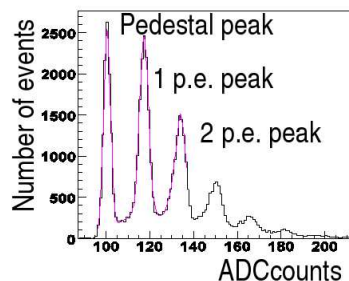


図 1: ADC 分布

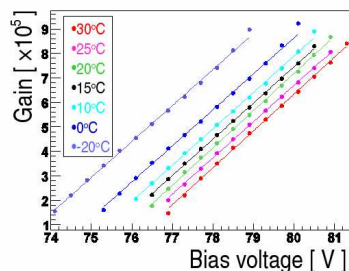


図 2: 増倍率

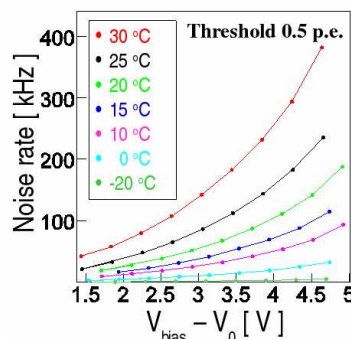


図 3: ノイズ発生率