

Изучение характеристик кремниевого лавинного фотодиода для применения в детекторах частиц.

Кравченко Сергей

Московский Физико-Технический Институт
Институт Физики высоких Энергий

28 ноября 2013 г.

Содержание

- 1 Введение.
- 2 Описание SiPM. Коротко.
- 3 Схема установки
- 4 Основные источники шума.
- 5 Методика и измерения.
- 6 Вывод

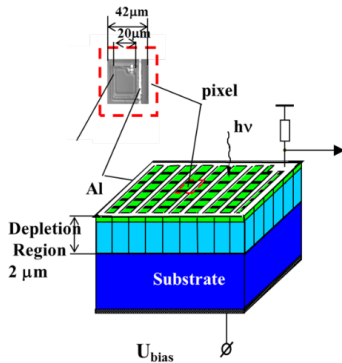
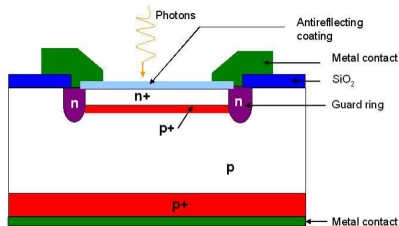
Постановка задачи

Исследование характеристик СРТА 151-30:

- напряжение лавинного усиления (breakdown voltage)
- частота теплового шума
- перекрестная оптическая связь
- зависимость параметров от температуры



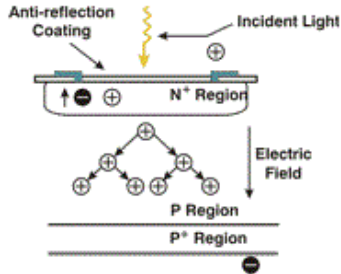
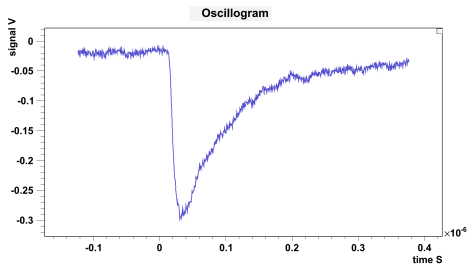
Строение и принцип работы SiPM



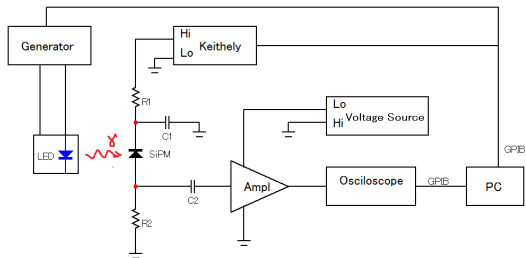
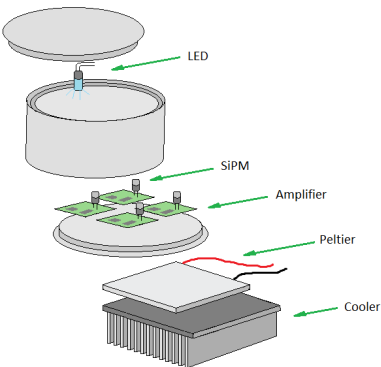
- матрицы пикселей 1000mm^{-2}
- низкое рабочее напряжение 27 V
- коэффициент лавинного усиления 10^6
- Гейгеровский режим

Строение и принцип работы SiPM

- сигнал отдельного пикселя аналоговый
- суммарный сигнал логический
- длительность определяется временем развития лавины и последующей рекомбинацией носителей



Установка



Основные блоки установки:

- светоизолированная коробка с SiPM и быстрым светоизлучающим диодом (LED)
- усилитель сигнала SiPM
- цифровой осциллограф
- цифровой генератор для поджига LED и в качестве триггера

Источники шума.

Причины возникновения шума:

- тепловой шум
 - не превосходит 1 фЭ сигнал
 - частота меняется в пределах $10 \div 1000 \text{ kHz}$
 - зависит от напряжения смещения
- перекрестная оптическая связь
 - вторичные фотоны генерируются во время развития лавины
 - ухудшает разрешение
 - зависит от напряжения смещения

Напряжение лавинного усиления

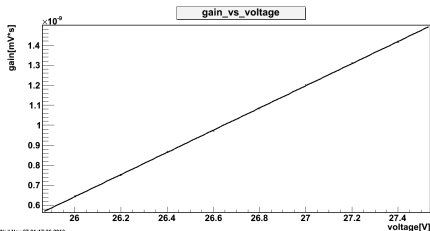
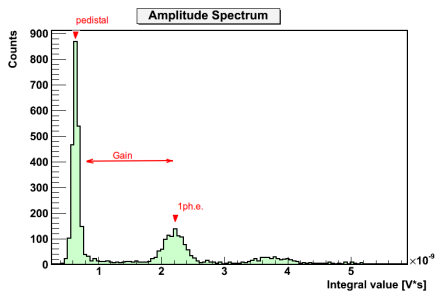
3 метода:

- по зависимости коэффициента лавинного усиления от напряжения обратного смещения

$$gain_{pixel} = \frac{Q_{pixel}}{e} = C_{pixel} \frac{U_{bias} - U_{breakdown}}{e}$$

- с помощью ВАХ
- по зависимости частоты шумов от напряжения обратного смещения

Коэффициент лавинного усиления



$gain_{pixel}$ найден из
проинтегрированного сигнала
SiPM:

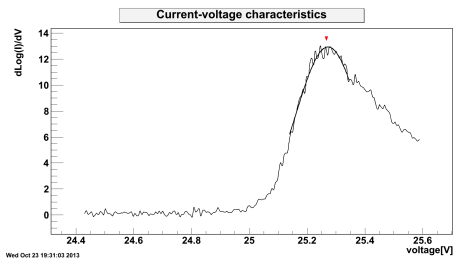
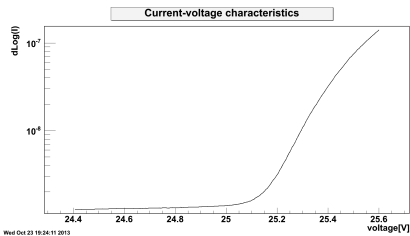
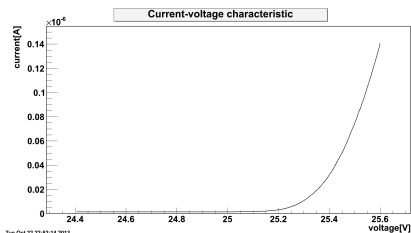
$$\int \frac{U}{50\Omega} \cdot dt = K \cdot e \cdot gain_{pixel}$$

Типичные значения:

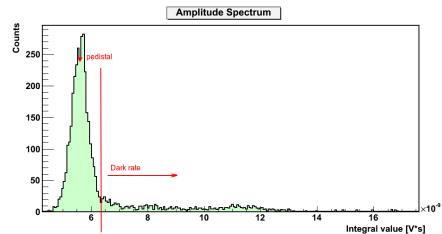
$$\frac{d gain_{pixel}}{dV} \sim 1 \cdot 10^4$$

$$U_{breakdown} \sim 25 V$$

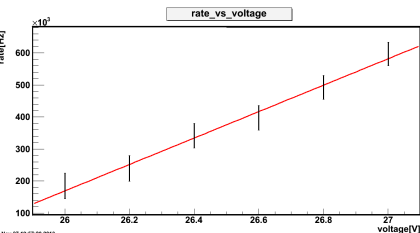
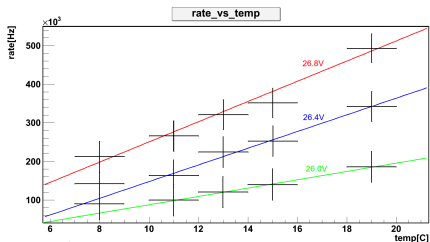
BAX



Тепловой шум



Зависимость частоты шумов от температуры:



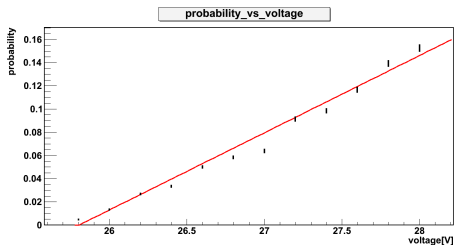
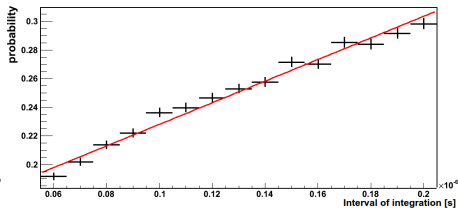
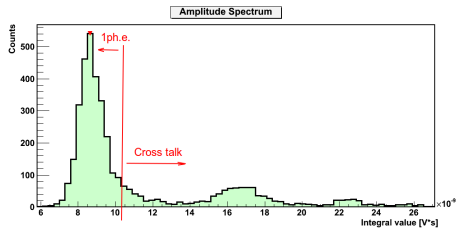
Типичные значения:

Для 26.0 V $\rightarrow 11 \frac{\text{kHz}}{\text{degree}}$

Для 26.4 V $\rightarrow 21 \frac{\text{kHz}}{\text{degree}}$

Для 26.8 V $\rightarrow 26 \frac{\text{kHz}}{\text{degree}}$

Перекрестная оптическая связь



Вывод

Таким образом:

- разработан метод для нахождения $U_{breakdown}$
- изучена зависимость теплового шума от напряжения смещения и температуры
- найдена вероятность перекрестной оптической связи

Последний слайд

Спасибо за внимание!

Таблица $U_{breakdown}$

№ SiPM	$U_{breakdown}(gain)$	$U_{breakdown}(CVC)$	$U_{breakdown}(rate)$
1	25.0	25.3	25.6
2	24.6	24.9	25.4
3	24.8	24.9	25.2
4	24.5	25.4	25.9
5	25.8	26.3	—
6	24.8	24.8	—
7	25.6	25.8	—
8	24.8	25.0	—
9	24.6	25.1	—
10	24.8	25.1	—
11	24.5	24.8	—