

PERFORMANCE AND APPLICATIONS OF SILICON PHOTOMULTIPLIERS FOR DETECTING PARTICULATE RADIATIONS

G. S. M. Ahmed^{a,1}, P. Bühler^b, J. Marton^b, M. N. H. Comsan^c

^a Al-Azhar University, Cairo

^b Stefan Meyer Institute for Subatomic Physics, Austrian Academy of Sciences, Vienna

^c Nuclear Research Centre, Atomic Energy Authority, Cairo

Traditional neutron detection technologies are limited in terms of sensitivity, compactness, and response time. In such detection systems, PMTs have been the dominant option. Instead of the traditional PMTs, SiPMs offer high sensitivity, compact size, and fast response time. In the current study, SiPM principles of operation, as well as its most important characteristics, such as noise rate, gain, and response time, have been investigated and discussed. Furthermore, we are proposing a technique for neutron detection based on a converter material placed on/in a scintillating medium where the induced light due to neutron interaction is read out with SiPMs. Such a technology enables the development of low-cost compact detector developments. The detector we are going to illustrate makes use of four SiPM devices, which were attached directly to the ends of a well-polished organic scintillator. This allows choosing events that are strictly coincident between the two sides of the scintillator, reducing erroneous counts. The current study revealed that, in order to optimize SiPM gain ($\geq 10^6$), timing performance (≤ 100 ps), and low dark count (noise rates $\leq 10 \mu\text{A}$), control of the temperature and operating voltage is essentially important. In the current study, the best achieved time resolution was ~ 50 ps at 0°C and 1 V over-voltage. The study addresses the neutron detector design considerations, components, assembly method, and the preliminary detector prototype test in lap using beta particles emitted from the available strontium-90 radioactive isotope. Test results revealed that our detector prototype was able to detect and distinguish between different energy β^- particles with good detection efficiency.

Традиционные технологии регистрации нейтронов ограничены с точки зрения чувствительности, компактности и времени отклика. В таких системах регистрации доминирующим вариантом были фотоэлектронные умножители (ФЭУ). В отличие от традиционных ФЭУ кремниевые фотоумножители (SiPM) обладают высокой чувствительностью, компактными размерами и быстрым временем отклика. В данном исследовании изучаются и обсуждаются принципы работы SiPM, а также их важнейшие характеристики, такие как уровень шума, коэффициент усиления и время отклика. Кроме того, предлагается технология регистрации нейтронов на основе материала-преобразователя, помещенного в сцинтиллирующую среду, где индуцированный свет, вызванный взаимодействием нейтронов, считывается с SiPM. Такая технология

¹E-mail: gsmoawad@hotmail.com; gsmoawad@azhar.edu.eg

позволяет создавать недорогие компактные детекторы. В детекторе, который будет иллюстрироваться, используются четыре SiPM-устройства, которые прикреплены непосредственно к торцам хорошо отполированного органического сцинтиллятора. Это позволяет выбирать события, строго совпадающие с двух сторон сцинтиллятора, что снижает количество ошибочных отсчетов. Проведенное исследование показало, что для оптимизации коэффициента усиления SiPM ($\geq 10^6$), временных характеристик (≤ 100 пс) и низкого уровня темнового сигнала (уровень шума $\leq 10 \mu\text{A}$) принципиально важным является контроль температуры и рабочего напряжения. В данном исследовании наилучшее временное разрешение достигнуто на уровне ~ 50 пс при температуре 0°C и напряжении 1 В. Рассматриваются конструктивные особенности нейтронного детектора, компоненты, метод сборки, а также описано предварительное испытание прототипа детектора на коленах с использованием бета-частиц, испускаемых доступным радиоактивным изотопом стронций-90. Результаты испытаний показали, что авторский прототип детектора способен обнаруживать и различать β^- -частицы различных энергий с хорошей эффективностью обнаружения.

PACS: 29.40.Mc; 29.40.-n

Received on August 12, 2024.