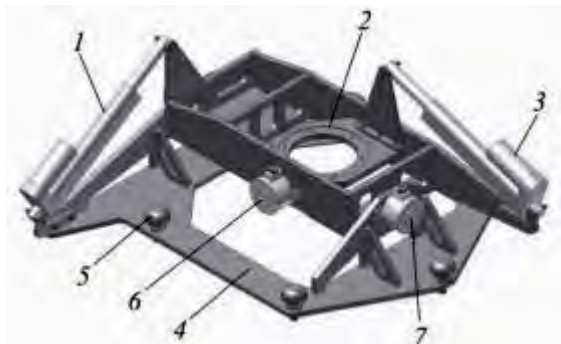


лярным осям. Поворот кольца 2 осуществляется через рычаги при помощи шарнирно установленных линейных актуаторов 1 и 3. Угол поворота считывается при помощи энкодеров, установленных на одних осях с соответствующими рычагами. Ход штока актуатора и плечо рычага рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить углы прокачки $\pm 30^\circ$.



1, 3 – актуатор; 2 – посадочное кольцо для съемочной аппаратуры; 4 – опора; 5 – винт крепления ПН к иллюминатору; 6, 7 – энкодер.

Рисунок 2 – Вариант конструктивного построения ПН «СОВА-2»

На рис. 3 представлены варианты установки НА на макеты ПН «СОВА».

БЭ предназначен для управление работой «СОВА» с помощью специального программного обеспечения (СПО) и обеспечивает включение/выключение аппаратуры, установленной на ПН, подачей команды по интерфейсу USB 2.0 по заданному временному алгоритму и обработку приводами углов наведения по командам оператора или по заранее установленной программе наведения.

БЭ включает в себя: планшетный компьютер (нетбук); контроллер управления системами наведения ПН; контроллер датчиков положения углов отклонения ПН; блок питания двигателей систем сканирования ПН; блок питания контроллеров; блок питания планшетного компьютера.

УДК 621.383.52

КРЕМНИЕВЫЙ ФОТОДИОД С ПРОФИЛИРОВАННЫМ N-I-P ПЕРЕХОДОМ ДЛЯ СЦИНТИЛЯЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Блынский В.И.¹, Лемешевская А.М.², Голуб Е.С.²

¹ГНУ «Институт физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси»,
Минск, Республика Беларусь.

²Филиал НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ»,
Минск, Республика Беларусь

В системах диагностики медицины используются сцинтиляционные устройства, преобразующие рентгеновское излучение в свет, интенсивность которого определяется величиной фототока фотодиода, расположенного за ним.



а – фотоаппарат Nikon 3D, установленный на макет ПН «СОВА-1»; б – система «ВСС», установленная на макет ПН «СОВА-2».

Рисунок 3 – Варианты установки НА на макеты ПН «СОВА»

СПО обеспечивает функционирование, контроль и управление системой «СОВА» в составе СМ РС МКС. Программа контроля и управления «СОВА» выполняет расчет времени пролета над объектом (с учетом допустимых углов съемки) и параметров наведения на объект в реальном времени; учитывает нахождение станции над дневной/ночной стороной; обеспечивает: одновременную работу с несколькими объектами, ручной ввод географических координат объекта, автоматическое включение и наведение НА, сохранение/загрузку объектов на жесткий диск.

При запуске программы производится загрузка ранее сохраненных объектов (при необходимости добавляются новые или удаляются ранее сохраненные объекты съемки) и расчет времени пролета над каждым из объектов списка. При пролете над объектом запускается автоматический расчет углов для наведения ПН «СОВА» и далее запускается съемка объекта.

Основные требования к фотодиоду, используемому в CsJ сцинтилляторах: высокая чувствительность в сине-зеленой области спектра, малые темновой ток и емкость [1].

Общим недостатком кремниевых фотодиодов, сформированных диффузией бора в кремний n -типа, является наличие в приповерхностном слое кремния под оксидом барьерного слоя, препятствующего попаданию в p - n -переход электронов, генерируемых светом в p -области кремния [2]. Фотодиоды на n - p -переходах, сформированные диффузией фосфора или мышьяка, более стабильны в коротковолновой области спектра [3,4]. Их чувствительность при $\lambda < 500$ нм выше чувствительности фотодиодов, сформированных легированием бора в кремниевую подложку n -типа [5].

В работе рассматривается конструкция и спектральная характеристика кремниевого фотодиода с профилированным n - i - p переходом. Его особенностью является высокая чувствительность в видимой области спектра при относительно низкой чувствительности к инфракрасному (ИК) излучению.

Конструкция фотодиода представлена на рис.1 [6].

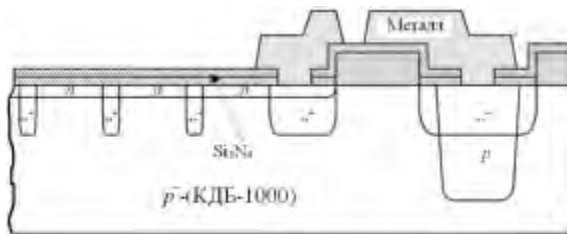


Рисунок 1 – Фрагмент конструкции фотодиода

Фотодиод изготовлен в высокоомной подложке p -типа с удельным сопротивлением 1 кОм·см. Область кремния с электронной проводимостью состоит из двух совмещенных областей. Вначале имплантацией фосфора с последующим отжигом на поверхности кремния создавалась сетка из локальных областей кремния n^+ -типа глубиной 1,2 мкм. Локальные n^+ -области увеличивают сборку переходом электронов, генерируемых квантами коротковолнового света у поверхности кремния. Затем имплантацией мышьяка в поверхность кремния формируется сплошная приповерхностная область кремния n -типа. Ее размеры определяют размеры фоточувствительной области фотодиода - 5×5 мм

Вследствие того, что коэффициент сегрегации фосфора и мышьяка в кремнии > 1 , глубина нефотоактивной зоны у поверхности кремния минимальна. Использование мышьяка обусловлено малым коэффициентом диффузии атомов мышьяка, что позволило сформировать мелкий переход глубиной 0,2 мкм. Близость ионных радиусов кремния и мышьяка позволила снизить механические напряжения в приповерхностной области кремния и таким образом уменьшить количество дефектов возникающих в процессе термообработки при формировании p - n пере-

хода.

По периферии фоточувствительного перехода расположено охранное кольцо, совмещенное с омическим контактом к подложке.

Спектральная характеристика фотодиода представлена на рисунке 2.

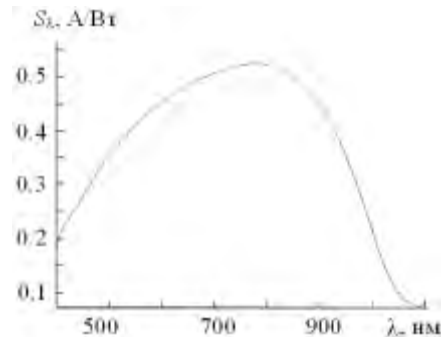


Рисунок 2 – Спектральная характеристика фотодиода

В отличие от традиционных p - i - n фотодиодов (для которых характерно положение максимума спектральной чувствительности в районе 900 нм) в фотодиоде рассматриваемой конструкции максимум спектральной чувствительности смещен в коротковолновую область спектра и расположен у границы видимой и инфракрасной (ИК) области спектра.

Последнее обусловлено как малой диффузионной длиной электронов, генерируемых излучением в подложке, так и высокой чувствительностью в видимой области спектра. В спектральном диапазоне 530-700 нм квантовая эффективность превышает 90 %.

Глубина поглощения фиолетового света с длиной волны $\lambda = 400$ нм в кремнии составляет менее 0,1 мкм [7]. Соответственно, он в основном поглощается в приповерхностном слое кремния, легированном мышьяком. Его дефектность, профиль распределения и влияние поверхностной рекомбинации на границе Si-SiO₂ обуславливают спектральную чувствительности фотодиода у коротковолновой границы видимого диапазона спектра

Глубина поглощения света с $\lambda = 560$ нм в кремнии составляет 1,61 мкм [7], что незначительно превышает глубину легированных фосфором областей. Можно полагать, что коротковолновая граница диапазона высокой квантовой эффективности (530 нм) соответствует свету, глубина поглощения которого не превышает глубины n^+ -области, легированной фосфором, но больше глубины n -области, легированной мышьяком.

Зависимость емкости фотодиода от напряжения смещения представлена на рис.3. Из него видно, что емкость фотодиода в фотогальваническом режиме не превышает 75 пФ.

Темновой ток фотодиода не превышал 0,1 нА (при $U = 10$ мВ). Максимальная спектральная

чувствительность в коротковолновой области наблюдалась при имплантации As дозой 1 – 10 мкКл/см². Эксперимент показал, что, уменьшение дозы As < 1 мкКл/см² приводит к увеличению темнового тока

Увеличение дозы As > 10 мкКл/см² приводит к увеличению дефектности n-слоя, в котором поглощается значительная доля квантов коротковолнового света, и уменьшению чувствительности.

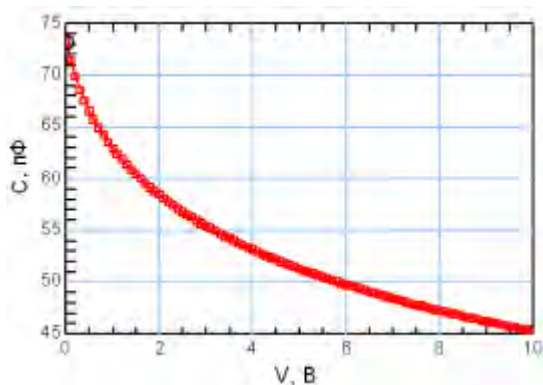


Рисунок 3 – Вольт-фарадная характеристика фотодиода, ($f = 1$ МГц)

Планарная структура фотодиода позволяет реализовать на его основе гибридные линейки и матрицы фотодиодов.

Высокая спектральная чувствительность для зеленого света, малый темновой ток и емкость при большой фоточувствительной площади фотодиода позволяют использовать его в CsI-сцинтилляционных детекторах ионизирующего излучения.

УДК 004.056:061.68

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СКРЕМБЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ РАДИОКАНАЛЬНЫХ ОХРАННО-ПОЖАРНЫХ СИСТЕМ

Бокуть Л.В.¹, Деев Н.А.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

В высотных зданиях, зданиях с массовым пребыванием людей возникающие пожары создают условия, представляющие опасность для их жизни. К зданиям с массовым пребыванием людей относятся следующие: театры, дворцы культуры, кинотеатры, клубы, концертные залы, учебные заведения, общежития, торговые учреждения, административные здания, больницы, выставки, музеи.

Важным элементом технических средств противопожарной защиты являются системы пожарной автоматики, оповещения и управления эвакуацией. Ранее в задачи систем пожарной сигнализации входило только обнаружение первичного очага возгорания, после чего предполагалась практически мгновенная эвакуация. Подходы к построению систем пожарной

1. Tull C. R., Iwanczyk J.S., Patt B.E., Vilkelis G., Eremin V., Verbitskaya E., Strokan N., Pyashenko I., Ivanov A., Sidorov A., Egorov N., Golubkov S., Konkov K. New high sensitivity silicon photodetectors for medical imaging applications // IEEE Transactions on Nuclear Science. - 2003. - Vol.50, N4. Part 1, - P.1225-1228.
2. Добровольский Ю.Г., Рюхтин В.В., Шимановский А.Б. Кремниевые m-i-p фотодиоды для ближней ультрафиолетовой области спектра // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. - 2001. - № 4-5. - С. 44-46.
3. Korde R., Geist J. Quantum efficiency stability of silicon photodiodes // Applied Optics. - 1987. - Vol.26, N24. - P.5284-5288.
4. Canfield L.R., Kerner J., Korde R. Stability and quantum efficiency performance of silicon photodiode detectors in the far ultraviolet // Applied Optics. -1989. - Vol.28, N 18. - P. 3940 - 3943.
5. Thungstrom G., Dubaric E., Svensson B. G. Processing of silicon UV-photodetector // Nuclear Instruments and methods in Physics research. - 2001. - A460, N 1 - P. 165—184.
6. Патент РБ № 7483. Фотодиод / Блынский В И., Лемешевская А. М., Голуб Е. С., Цимбал В. С. - 2011.
7. Бузанова Л. В., Глиберман А. Я. Полупроводниковые фотоприемники, М., Энергия, 1976. - 64 с.

сигнализации меняются. Так, адресные системы пожарной сигнализации позволяют определить не только зону, но и точный адрес сработавшего пожарного извещателя. К недостаткам адресных систем следует отнести отсутствие контроля работоспособности пожарного извещателя.

Адресные системы пожарной сигнализации, использующие аналоговые пожарные извещатели, способны обеспечить контроль за наличием опасных факторов пожара на путях эвакуации, анализ состояния объекта и оперативной выдачи информации о пожаре или о наличии опасных факторов пожара. Аналоговые пожарные извещатели информируют оператора о значениях контролируемых факторов пожара не только до момента формирования сигнала «пожар», но и после этого. Наличие совокупности результатов