

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНИЕВЫХ И АЛМАЗНЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ

А. В. Ермакова¹, М. С. Русецкий¹, Н. М. Казючиц¹,
Г. Ф. Стельмах¹, В. В. Сикорский¹, А. С. Шуленков²

¹Белорусский государственный университет, Kazuchits@bsu.by

²УП «Минский НИИ радиоматериалов»

ВВЕДЕНИЕ

Регистрация ультрафиолетового (УФ) излучения фотоприемниками на основе кремния или арсенида галлия осложняется необходимостью экранирования или фильтрации излучения видимого диапазона. Этому недостатка лишены «солнечно слепые» фотоприемники на основе более широкозонных материалов, таких как карбид кремния, нитрид галлия, алмаз. УФ фотоприемники из природного алмаза выпускаются рядом предприятий, в частности ЗАО «УралАлмазИнвест» [1]. Для их производства используются специально отобранные безазотные кристаллы алмаза типа IIa, которые очень редко встречаются в природе. Авторы работы [2] провели исследования характеристик УФ фотоприемников на основе поликристаллических алмазных пленок, выращенных по CVD технологии на кремниевых подложках. В целом удовлетворительные характеристики этих фотоприемников в УФ диапазоне ограничиваются рекомбинацией неравновесных носителей заряда на границах зерен. Кроме того, они обладают чувствительностью в видимой части спектра.

Целью нашей работы была оценка чувствительности УФ фотоприемников, изготовленных из синтетических монокристаллов алмаза производства РУП «Адамас-БГУ».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Синтетические монокристаллы алмаза были выращены методом температурного градиента в интервале температур 1750–1800 К и давлении 5,4–5,5 ГПа в Fe-Ni расплаве с использованием беспрессовых аппаратов высокого давления типа «разрезная сфера» (БАРС) [3]. Из кристаллов вырезались пластинки толщиной 300–400 мкм, в обе поверхности которых были имплантированы ионы бора для формирования контактных слоев. На тыльной поверхности пластинок был создан сплошной контакт, а на освещаемой – две встречно-штырьевые системы контактов. Аналогичным образом были приготовлены контрольные образцы фотоприемников на основе природных кристаллов типа IIa. Регистрация фототока проводилась в режиме фотопроводимости между тыльным и одним из контактов на освещаемой поверхности. Напряжение смещения составляло 30 В. На рис. 1 приведено схематическое изображение и фотография экспериментального образца алмазного фотоприемника.

Спектральная чувствительность алмазных фотоприемников сопоставлялась с характеристиками кремниевого фотодиода фирмы Hamamatsu (серия S1336-BQ), обладающего повышенной чувствительностью в ультрафиолетовой области и предназначенного для прецизионной фотометрии и аналитических приборов [4].

Для регистрации спектральной чувствительности исследуемых фотоприемников использовалась автоматизированная установка на базе решеточного монохроматора с линейной дисперсией 2,4 нм/мм. Диапазон спектральных измерений составлял



Рис. 1. Схематическое изображение и фотография экспериментального образца алмазного фотоприемника

200–350 нм. Источником света являлась дейтериевая лампа ДДС-30 мощностью 30 Вт.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) алмазных образцов в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы регистрировались с помощью дозиметра ДКС-АТ5350 производства НПУП «Атомтех».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты измерения спектральной чувствительности кремниевого и алмазных фотоприемников представлены на рис. 2. Как видно из рисунка, чувствительность алмазных фотоприемников в УФ области сравнима или даже выше, чем чувствительность кремниевого фотоприемника. Оба алмазных фотоприемника обладают узкой рабочей зоной в УФ области с максимумом чувствительности на длине волны 221 нм. При увеличении длины волны амплитуда сигнала падает, достигая уровня шумов в окрестности 230 нм. Сигнал кремниевого фотоприемника растет на участке 200–230 нм и далее, с ростом длины волны остается примерно на одном уровне. При

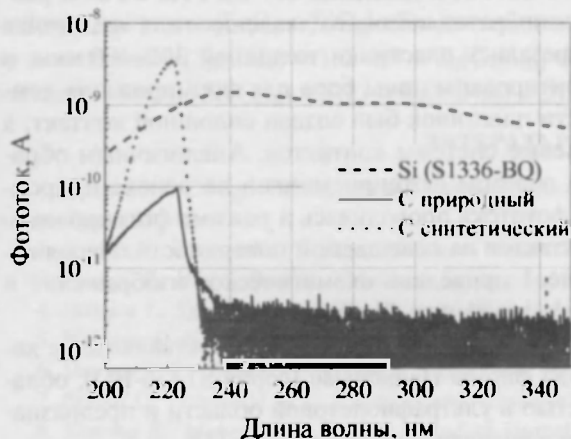


Рис. 2. Спектры фототока кремниевого и алмазных фотоприемников, записанные при одинаковых условиях регистрации

одних и тех же условиях регистрации чувствительность алмазного фотоприемника на основе синтетического сырья оказалась приблизительно в 40 раз выше, чем у фотоприемника из природного алмаза.

Следует отметить, что в коротковолновой части спектра кремниевый фотодиод характеризуется большей чувствительностью, чем алмазные фотоприемники, для которых наблюдается резкий спад сигнала с уменьшением длины волны. Это, вероятно, обусловлено высокими значениями скорости поверхностной рекомбинации в

экспериментальных образцах алмазных фотоприемников, для уменьшения которой не было применено никаких специальных мер.

Используя абсолютные значения спектральной чувствительности кремниевого фотодиода [4], мы определили абсолютную чувствительность алмазных фотоприемников в максимуме сигнала. При напряжении смещения 30 В она составила 0.013 и 0.458 А/Вт, соответственно, для фотоприемников из природного и синтетического сырья.

На рисунке 3 представлены ВАХ фотоприемника на основе синтетического алмаза, записанные в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы ДДС-30. ВАХ образцов из природного сырья имеют практически такой же вид, отличаясь только величиной фототока.

Результаты показывают, что чувствительностью алмазных фотоприемников можно управлять, варьируя величину и полярность напряжения смещения. Значения фототока, при увеличении напряжения смещения от 30 В до 100 В, у алмазных фотоприемников возрастают на порядок. Как следует из [5], увеличение сигнала фотопроводимости можно ожидать вплоть до значений напряженности электрического поля 1 В/мкм. При более высоких полях сигналы в алмазных детекторах выходят на насыщение.



Рис. 3. Вольт-амперные характеристики фотоприемника на основе синтетического алмаза в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы ДДС-30

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чувствительность алмазных фотоприемников на участке длин волн 200–225 нм сравнима или даже выше, чем чувствительность кремниевого фотоприемника для прецизионной фотометрии с повышенной чувствительностью в ультрафиолетовой области.

Фотоприемники на основе синтетических монокристаллов алмаза, выращенных при высоких температуре и давлении, могут иметь более высокую чувствительность, чем фотоприемники на основе природных безазотных алмазов типа IIa.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ural-almaz.com.ru/>
2. Benmoussa A., Hochedez J. F., Schmutz W. K. et. al. Experimental Astronomy. 2003. Vol. 16. P. 141–148.
3. Пальянов Ю. Н., Малиновский И. Ю., Борздов Ю. М. и др. // ДАН СССР. 1990. Т. 315. № 5. С. 1221.
4. <http://hamamatsu.com/>
5. Природные алмазы России. Под ред. В. Б. Кваскова. М.: Полярон, 1997. 304 с.