СОЛНЕЧНО-СЛЕПЫЕ ДАТЧИКИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО АЛМАЗА 2а-ТИПА

В. А. Шепелев, А. А. Алтухов, В. С. Фещенко

ООО «ПТЦ "УралАлмазИнвест"»

Введение

Датчики излучения в диапазоне спектра УФ-С (длины волн короче 280 нм) уже длительное время вызывают большой научный и практический интерес [1]. Это связано с тем, что отсутствие солнечного излучения на поверхности Земли в этом диапазоне (см. рис. 1) обуславливает отсутствие естественного фона, что, в свою очередь, позволяет без помех обнаруживать такие искусственные источники излучения, как пламя, коронные разряды, выстрелы артиллерии, запуски ракет и другие источники излучения данного диапазона.

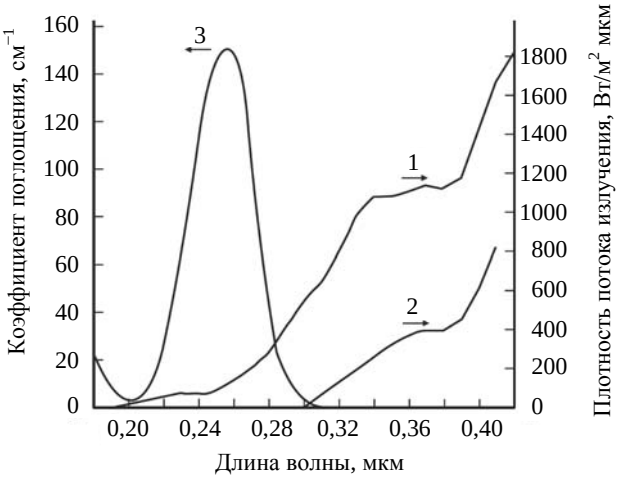

Рис. 1. Приблизительный спектр УФ-излучения Солнца: 1 – вне земной атмосферы; 2 – на поверхности Земли на уровне океана при высоте Солнца 45° в ясную безоблачную погоду; 3 – спектр поглощения света озоном

В то же время создание датчиков, работающих в этом диапазоне спектра, связано с рядом трудностей. Как правило, широко распространенные полупроводниковые материалы, используемые для изготовления фоточувствительных датчиков, имеют максимум чувствительности в видимой области спектра (не обладают «солнечной слепотой»), что сводит на нет преимущества от использования УФ-С диапазона спектра. Вследствие этого «солнечно-слепые» датчики излучения создаются, как правило, с использованием датчиков УФ-излучения и «солнечно-слепых» фильтров. Так как пропускание оптических фильтров в УФ-С диапазоне спектра составляет 7−10 %, то и так низкая чувствительность кремниевых датчиков на «хвостах» фоточувствительности снижается до недопустимых во многих применениях пределов.

Характеристики некоторых распространенных датчиков УФ-излучения приведены в таблице.

Основные характеристики датчиков УФ-излучения

Тип датчика	Спектральный диапазон, нм	Токовая чувствительность		Быстродействие, нс
		значение, А/ВТ	при длине волны, нм	
Cs_2Te, фотоэлемент	200…350	0,02	254	<100
GaP, фотодиод	190…550	0,03	254	$(0,1…3)\cdot10^4$
Si, фотодиод	190…1100	0,1	254	$10…10^3$
Si, лавинный фотодиод	200…1100	4	200…400	1…20
алмазный	190…280	0,13	220	2

Использование для этих целей широкозонных полупроводников сталкивается с технологическими трудностями получения и изготовления датчиков на их основе. Как правило, они обладают большой физической твердостью и химической инертностью, что существенно затрудняет формирование в них фоточувствительных структур общепринятыми методами и напыление электродов.

В связи с вышеизложенным, разработка, изготовление и исследование УФ-датчиков на основе широкозонного полупроводникового алмаза являются актуальными.

Солнечно-слепые датчики ультрафиолетового излучения

Для изготовления солнечно-слепых датчиков ультрафиолетового излучения мы использовали природный алмаз 2а-типа [2]. Алмазы 2а-типа отличаются от других типов алмазов относительно малым содержанием примесей азота и обладают следующими классификационными признаками: отсутствие ИК-поглощения в однофононной области (волновое число 900…1500 см$^{-1}$), ярко выраженный край фундаментального поглощения в УФ-диапазоне вблизи 225 нм, коэффициент теплопроводности близок к

20 Вт/см·К. Алмазы этого типа редки, и их содержание, например в якутских месторождениях, не превышает 1−2 % при массе кристаллов не менее 0,1 карата [2].

Спектральный диапазон фоточувствительности данных УФ-датчиков позволяет называть их солнечно-слепыми, поскольку солнечное излучение диапазона УФ-С поглощается в атмосфере в основном благодаря поглощению излучения озоном. На рис. 1 приведены спектральные плотности солнечного излучения в УФ-диапазоне [1].

Для настоящей работы использовались УФ-датчики с двумя различными структурами, разработанными в «Производственно-технологическом центре "Урал-АлмазИнвест"».

Первую структуру (рис. 2) условно можно назвать сэндвичеобразной благодаря технологии последовательного создания слоев металлов на передней и задней сторонах алмазной пластины, что видно из рис. 3. Полупрозрачный слой платины на передней пластине выполняет роль переднего электрода и обладает достаточным пропусканием в спектральной области чувствительности УФ-датчиков на основе алмазов 2а-типа. Алюминиевая точка на слое платины служит промежуточным звеном для точечной сварки проволоки от контактной площадки корпуса до структуры датчика. Алюминиевый слой на задней стороне пластины выполняет роль заднего электрода.

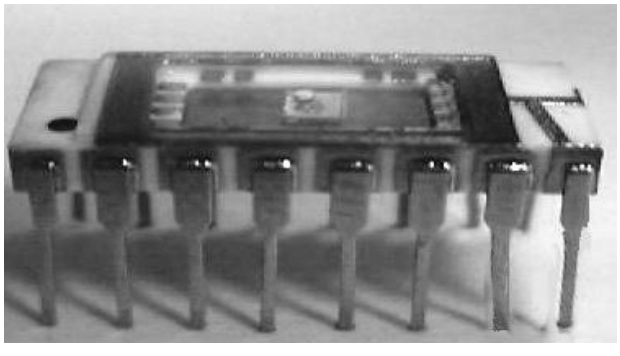

Рис. 2. Внешний вид «сэндвичеобразного» УФ-датчика

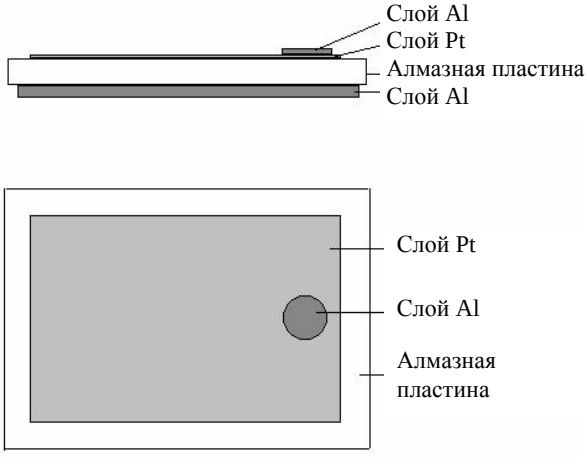

Рис. 3. Схематическое изображение слоев металлов на используемой алмазной пластине для «сэндвичеобразного» УФ-датчика

Вторая структура (рис. 4), структура с «торцевыми» электродами, представляет собой припаянную алмазную пластину к небольшой печатной плате через серебряные электроды. При этом передняя и задняя стороны алмазной пластины остаются чистыми.

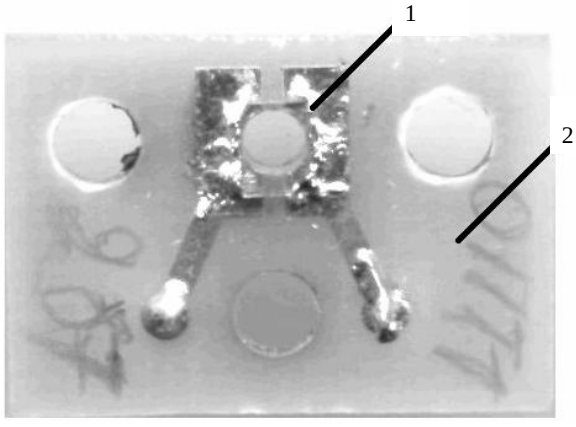

Рис. 4. Внешний вид УФ-датчика с «торцевыми» электродами на алмазной пластине: 1 – фоточувствительная алмазная пластина, 2 – печатная плата

Исследования датчиков

Для определения рабочего спектрального диапазона были сняты спектральные характеристики фоточувствительности алмазных УФ-датчиков обоих типов – «сэндвичеобразного» и с «торцевыми» электродами.

При измерениях подавались различные значения напряжения смещения. Полученные относительные спектральные характеристики, нормированные на одно значение для каждого образца, представлены на рис. 5, 6.

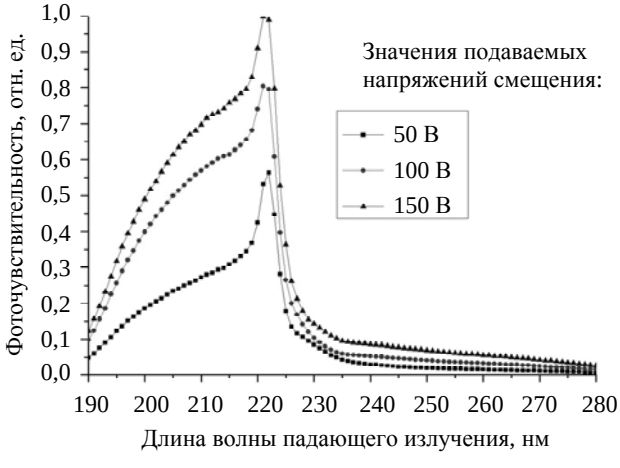

Рис. 5. Относительные спектральные характеристики фоточувствительности «сэндвичеобразного» алмазного УФ-датчика, полученные при подаче различных значений напряжения смещения. Представленные значения нормированы на максимальное значение фоточувствительности для спектра, полученного при напряжении смещения 150 В

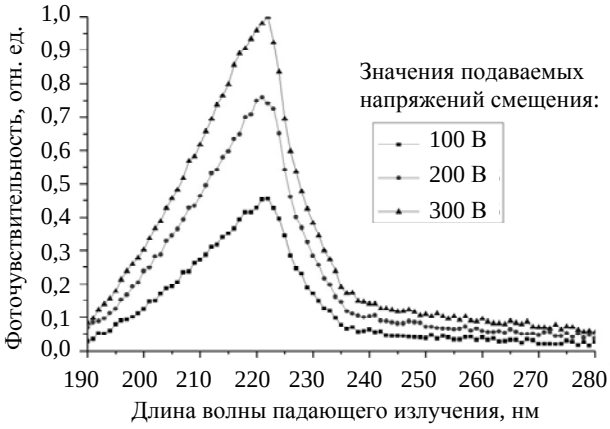

Рис. 6. Относительные спектральные характеристики фоточувствительности алмазного УФ-датчика с «торцевыми» электродами, полученные при подаче различных значений напряжения смещения. Представленные значения нормированы на максимальное значение фоточувствительности для спектра, полученного при напряжении смещения 300 В

Конструкция датчиков с «торцевыми» электродами такова, что расстояния между электродами существенно больше аналогичных расстояний для «сэндвичеобразного» датчика, что приводит к относительно малым напряженностям электрических полей, достигаемым при одинаковых напряжениях смещения. Малые значения напряженности электрических полей для датчиков с «торцевыми» электродами приводят к относительной малой фоточувствительности. Также следует отметить, что различия в характере поверхностных эффектов также приводят к различиям выходных фотосигналов. Особенности влияний поверхностей на фоточувствительность связаны с направлением прикладываемого напряжения смещения. В случае «сэндвичеобразных» датчиков напряжение смещения направлено перпендикулярно освещаемой поверхности, и, следовательно, эффективней удаляет носители от нее, не давая им рекомбинировать.

Выводы

1. Разработаны и изготовлены датчики УФ-излучения на основе алмаза 2а-типа в ООО «ПТЦ "УралАлмазИнвест"». Созданные УФ-датчики являются «солнечно-слепыми» и не требуют оптических фильтров для обеспечения солнечной слепоты.

2. Разработанные и созданные датчики разделяются на два типа по способам нанесения электродов на алмазную пластину.

3. Варьирование способами нанесения электродов на алмазную пластину и параметрами внешних электронных цепей (подаваемым напряжением смещения) позволяет скорректировать выходной сигнал и форму спектральной характеристики фоточувствительности.

Литература

1. Бланк Т. В., Гольдберг Ю. А. Полупроводниковые фотоэлектропреобразователи для ультрафиолетовой области спектра // ФТП. 2003. Т. 37. Вып. 9.

2. Природные алмазы России / Под ред. В. Б. Кваскова. М.: Полярон, 1997.