perature, total ozone, and tropospheric weather systems. // Geophysics Research Lett., 1994, v 21., p 1203 –1206.

- А.Г. Светашев, Ю.И. Атрашевский, А.Н. Красовский, В.Ю. Станкевич. Предварительные результаты восстановления ОСО по результатам наземных измерений спектрального распределения освещенности УФ составляющей солнечной радиации. // Сахаровские чтения 2009: Экологические проблемы XXI века. Материалы 9-ой Международной научной конференции, 21-22 мая 2009 г., с.305.
- 4. *Stamnes K. et al.*, Derivation of total ozone abundance and cloud effects from spectral irradiance measurements. // Applied Optics, 1991, Vol. 30, No. 30, p. 1 − 15.
- 5. *Kylling A., Mayer B.*, LibRadtran, library for radiative transfer calculations, Edition 1.0, December, 2001.
- 6. Гущин В.П., Виноградова Н.Н. Суммарный озон в атмосфере. Л.: Гидрометеоиздат, 1983, 241 с.
- 7. «Атмосфера. Справочник» под ред. Ю.С. Седунова. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, 510 с.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ АЛМАЗА

В.Н. Угневенок

Алмаз обладает рядом преимуществ по сравнению с другими полупроводниковыми материалами: большая ширина запрещенной зоны, высокие подвижности носителей заряда, радиационная, химическая и температурная стойкость. Благодаря уникальным свойствам этого материала сфера применения алмазных детекторов ионизирующих излучений достаточно широкая и разнообразная. Ниже приведены наиболее перспективные области их использования [1, с.45].

Таблица

Свойства апмаза	Область применения АЛ
Тканеэквивалентность	Дозиметрия рентгеновского и у-
	излучения в радиологии и медицине
Высокая радиационная стойкость	Регистрация нейтронов и мощных
	потоков импульсного ү-излучения
Высокая термостойкость	Регистрация ядерных излучений при
	высоких температурах
Малые собственные шумы	Регистрация низкоэнергетических
	ядерных излучений
Высокая химическая стойкость	Регистрация ядерных излучений в
	агрессивных средах
Низкая чувствительность к ү-	Регистрация ионизирующих излуче-
излучению	ний на фоне сильного у-излучения

Сфера применения алмазных детекторов

Основная цель использования алмазов в электронике — это создание высокотемпературных радиационно-стойких приборов, способных обеспечить высокий уровень характеристик и работать в экстремальных условиях.

В электронном приборостроении, как правило, применяются алмазы типа IIa, характеризующиеся малым содержанием азота, не превышающем значение 10¹⁸ см⁻³ [2, с.15]. Однако, не каждый такой кристалл пригоден для создания спектрометрического детектора ионизирующего излучения, поэтому кристаллы требуемого качества отбирают. Кроме того, применение природного алмаза ограничивается его высокой стоимостью и широким разбросом фотоэлектрических характеристик от кристалла к кристаллу. Поэтому для изготовления детекторов ионизирующих излучений большой практический интерес представляет синтетический алмаз. Контроль процесса синтеза дает надежду на получение кристаллов с заданными характеристиками, удовлетворяющими спектрометрическому применению.

Целью данной работы является исследование спектрометрических характеристик детекторов на основе синтетического алмаза, полученного методом высоких температур и высоких давлений (НРНТ-метод).

Для исследований были приготовлены экспериментальные образцы детекторов, представляющие собой плоскопараллельные пластины алмаза толщиной 0,2-0,3 мм, с нанесенными на обе поверхности контактами. В качестве контактов использовались напыленные металлические слои ванадия и алюминия и слой, легированный бором. Комбинация контактов, напыленный металл на одной стороне пластины и легированный бором слой с противоположной стороны, позволяет получить инжектирующий контакт при положительном смещении, подаваемом на легированный слой.

Экспериментальные образцы облучались α-частицами Pu-239 и Am-241 с энергиями 5,5 и 5,45 МэВ, соответственно. При воздействии излучения в алмазе происходит ионизация и создаются носители заряда. Под действием приложенного напряжения электроны и дырки собираются на электродах, создавая сигнал, считываемый зарядовым усилителем. После дополнительного усиления сигнал подается на амплитудный анализатор, где происходит непосредственно формирование спектра, который записывается в памяти персонального компьютера и отображается на мониторе в режиме реального времени. Всего было исследовано более 30 образцов.

На рисунке 1 приведено амплитудное распределение импульсов от α частиц Pu-239, записанное с помощью одного из эксперементальных образцов детектора. Освещение α-частицами проводилось со стороны металлического контакта, к которому прикладывалось положительное смещение в 200 В. Контактная область на противоположной поверхности была легирована бором, и к ней прикладывалось отрицательное смещение, обеспечивающее запирающий контакт.

Как видно из рисунка, спектр характеризуется широким разбросом значений амплитуды сигнала. На кривой амплитудного распределения отсутствует какой-либо максимум, что не позволяет проводить оценки значений энергии падающих частиц. Такой вид спектра характерен для большинства исследованных экспериментальных образцов с напыленными металлическими контактами на обеих поверхностях. Он может быть обусловлен неоднородным распределением фотоэлектрических характеристик синтетического алмаза и (или) проявлением поляризации.

Возникновение электрической поляризации при облучении ионизи рующими частицами является одним из наиболее существенных недостатков алмазных детекторов. Поляризация появляется вследствие захвата ловушками носителей заряда, движущихся к противоположным электродам под действием приложенного электрического поля, в результате чего амплитуда импульсов и эффективность счета падают со временем.

Для устранения поляризации используют инжекцию носителей заряда противоположного знака, которые нейтрализуют заряды, захватываемые ловушками [1, с.42-43]. На рисунке 2 приведен спектр α-частиц Pu-239, записанный тем же детектором, что и спектр, приведенный на рисунке 1, но с противоположной полярностью приложенного напряжения. К легированному бором слою приложено положительное смещение, обеспечивающее инжекцию дырок.

При использовании инжектирующего контакта спектр α-частиц изменился. На нем появилось два выраженных максимума, наличие которых



Рис. 1. Спектр α-частиц Ри-239, снятого при использовании запирающего контакта

свидетельствует о существовании двух областей в кристалле, собирающих различное количество зарядов от монохроматического источника α-частиц. Кроме того, ширина пиков достаточно велика, что говорит о неоднородности фотоэлектрических характеристик кристалла в пределах этих двух областей. Хотя спектрометрические характеристики далеки от удовлетворительных значений, можно утверждать, что применение инжектирующего контакта позволяет убрать проявление поляризации.

Таким образом, создание детектора на основе синтетического алмаза является непростой задачей, прежде всего из-за высокой неоднородности синтетических кристаллов.

В тоже время кристаллы «спектрометрического» качества существуют. В качестве примера на рисунках 3 и 4 приведены спектры α-частиц Ат-241 и Ra-226, записанные с помощью образца № 9837-3 при использовании инжектирующего контакта.

На рисунке 3 на кривой амплитудного распределения виден четко сформированный максимум с относительно высокими эффективностью счета и энергетическим разрешением, составляющим 17 %. Следует отметить, что современные промышленные детекторы на основе природного алмаза имеют энергетическое разрешение менее 4 % [3]. Несмотря на большую разницу в значениях энергетического разрешения, структура спектра позволяет говорить о возможности проведения последующей работы над данным кристаллом с целью улучшения спектрометрических характеристик.

На рисунке 4 приведен спектр Ra-226, записанный с помощью того же экспериментального образца, что и спектр на рисунке 3. В излучении изотопа Ra-226 присутствуют α-частицы с энергиями: 7,687, 6,002, 5,49, 5,305, 4,72 МэВ. Как видно из рисунка детектор регистрирует 5 пиков, связанных с частицами разных энергий.

К сожалению, синтезировать алмаз с заданными характеристиками в настоящее время не представляется возможным. Поэтому при создании спектрометрических детекторов на основе синтетического кристалла существует ряд проблем. Следовательно, необходимо, как и в случае с природным алмазом, проводить отбор исходного сырья и далее, при не-



Рис. 2. Спектр α-частиц Ри-239, снятого при использовании инжектирующего контакта

обходимости, улучшать характеристики детекторов при помощи инжектирующего контакта.

На данный момент дать однозначный ответ на вопрос о том, какие характеристики можно ожидать от детектора на основе НРНТ-алмаза и целесообразно ли его применять при создании спектрометрического детектора, дать невозможно. Пока эта проблема остается нерешенной и требует тщательного продолжения исследований.



Литература

- 1. *Козлов С.Ф.* Алмаз в электронной технике // Сб.ст./ Отв.ред. В.Б. Квасков. М.: Энергоатомиздат, 1990. С.34–56.
- 2. Бокий Г.Б., Г.Н.Безруков, Ю.А. Клюев Природные и синтетические алмазы. М.: Наука, 1986, с.15
- 3. http://www.ural-almaz.com.ru/product2.html

МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА НАНОГРАНУЛ FECOZR И СПИН-ЗАВИСИМОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ В ОКИСЛЕННЫХ НАНОКОМПОЗИТАХ FECOZR-AL₂O₃

Ю. А. Федотова, Ю. В. Касюк, И. А. Свито, А. А. Максименко, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников

Интерес к исследованию гранулированных нанокомпозитов (ГНК) «металл-диэлектрик», содержащих гранулы ферромагнитного сплава (FeNi, FeCoZr и др.) в диэлектрической матрице (SiO₂, Al₂O₃ и др.), связан с возможностью их применения для создания магниточувствительных устройств (сенсоров), эксплуатируемых при высоких частотах. Преимущество использования данных материалов заключается в оптимальном сочетании достаточно высоких значений электросопротивления р, малых значений коэрцитивности H_c и высоких значений магнитосопротивления $\Delta \rho / \rho = (\rho(B) - \rho_0) / \rho_0$ [1]. Однако для практического применения таких ГНК необходимо исследование соответствующих физических свойств, которые зависят от ряда факторов: химического состава диэлектрической матрицы и металлических наночастиц, соотношения металлической и диэлектрической фаз в нанокомпозите, магнитной структуры наногранул, состояния границы раздела между наногранулами и матрицей [2]. В данной работе представлено исследование взаимосвятранспортных, магнитных и магнитотранспортных свойств ГНК ЗИ