

соответствует энергетическому разбросу аннигиляционных  $\gamma$ -квантов  $\Delta E/E = 6\%$ .

Для правильного учета вклада тормозного излучения позитронов в тех же условиях измерялся спектр тормозного излучения на пучке электронов с параметрами, идентичными параметрам позитронного пучка. Фон тормозного излучения при энергии 700 МэВ в отсутствие мишени на пучке электронов и позитронов составлял в обоих случаях величину менее 0,5%.

Спектральное распределение  $\gamma$ -квантов в области энергий 200—1000 МэВ измерялось с помощью спектрометра полного поглощения на базе кристалла КРС-6 [2]. Методика измерения спектров  $\gamma$ -квантов и калибровки спектрометра моноэнергетическими электронами описана в работах [2, 3]. Улучшенный вариант этого спектрометра позволил получить энергетическое разрешение 13% при энергии 1 ГэВ.

Для получения истинного спектра аннигиляционных  $\gamma$ -квантов измеренный спектр  $\gamma$ -квантов от позитронов обрабатывался методом [4], позволяющим исключить искажения, вносимые энергетическим разрешением спектрометра (рис. 2). Энергия (720 МэВ) и степень монохроматичности аннигиляционного пика (7%) находятся в хорошем согласии с расчетами по формулам (1)

и (2). При имеющемся в настоящее время на ускорителе тока позитронов ( $I_{e^+} = 8 \cdot 10^{-10}$  А) интенсивность монохроматического излучения равна нескольким  $\gamma$ -квантам в секунду. Увеличение тока позитронов в 10—30 раз позволит начать физические эксперименты на монохроматических  $\gamma$ -квантах высокой энергии с использованием пузырьковых и искровых камер.

Поступило в Редакцию 4/IX 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буляк Е. В. и др. В сб.: Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика высоких энергий и атомного ядра. Вып. 5 (7). Харьков, изд. ХФТИ, 1973, с. 66.
2. Гришаев И. А. и др. Там же, вып. 1 (4). Харьков, изд. ХФТИ, 1972, с. 87.
3. Гришаев И. А. и др. «Укр. физ. журн.», 1974, т. 16, с. 866.
4. Дорошенко Г. Г., Зайтов А. М., Тараско М. З. Прикладная ядерная спектроскопия. Вып. 3. М., Атомиздат, 1972, с. 233.

УДК 539.1.074(55):621.382

О некоторых свойствах детекторов ядерного излучения на основе полупроводящего арсенида галлия

АЗИМОВ С. А., БУККИ С. М., МУМИНОВ Р. А., ЩЕБИОТ У. В.

Широкое применение полупроводниковых детекторов ядерного излучения в науке и технике требует не только совершенствования детекторов на основе классических полупроводниковых материалов как германий и кремний, но и разработки детекторов на основе других полупроводников, например арсенида галлия, теллурида кадмия и др. Применение арсенида галлия в качестве материала для детекторов  $\gamma$ -излучения должно привести к увеличению эффективности гамма-детекторов по сравнению с кремниевыми благодаря высокому атомному номеру ( $Z = 32$ ) и расшире-

нию диапазона рабочих температур по сравнению с германиевыми из-за большой ширины запрещенной зоны ( $E = 1,4$  эВ). Такие детекторы могли бы сочетать достоинства кремния по большой ширине запрещенной зоны и германия по высокому атомному номеру [4].

В настоящей работе обсуждаются детекторы на основе полупроводящего монокристаллического арсенида галлия с удельным сопротивлением  $10^7 - 10^8$  Ом·см. Монокристаллы арсенида галлия разрезали на пластины толщиной от 200 до 400 мк, которые после резки

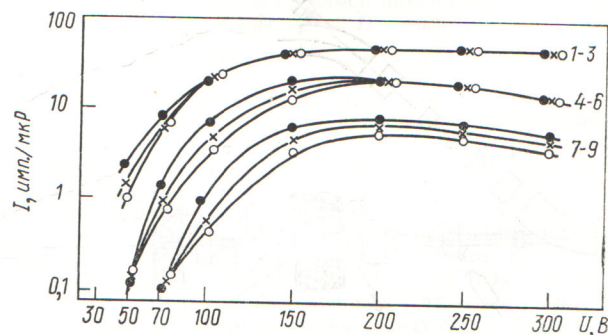
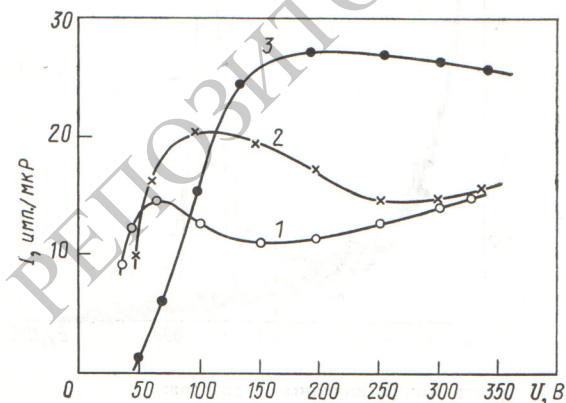


Рис. 2. Зависимость чувствительности от напряжения при различных порогах дискриминации и разных временах формирования сигнала:

1—3; 4—6; 7—9 —  $E_{\text{пор}} = 50; 70$  и  $100$  кэВ соответственно;  $\times, \bullet, \circ$  — 0,1; 0,2 и 0,5 мкс

Рис. 1. Зависимость чувствительности GaAs-детекторов от напряжения при  $E_{\text{пор}} = 50$  кэВ,  $\tau = 0,2$  мкс

шлифовали, затем механически полировали алмазной пастой с размером зерна 0,1 мк и травили в полирующем травителе, состоящем из смеси азотной кислоты, перекиси водорода и воды. После этого на обе стороны пластины методом распыления золота в вакууме нанесли металлические контакты и пластины монтировали в корпусы с коаксиальным выводом. Таким образом были приготовлены образцы рабочей площадью 1,25 см<sup>2</sup> и толщиной 100, 200 и 300 мк.

Исследования электрофизических характеристик показали, что зависимости тока от напряжения незначительно отличаются от линейной и не меняются при изменении полярности подаваемого постоянного напряжения. Такой вид вольт-амперных характеристик позволяет представить полупроводниковые детекторы из полужизлирующего GaAs в виде гомогенных кристаллических счетчиков с равномерным распределением электрического поля по всей толщине кристаллов. Дополнительным подтверждением этому является независимость электрической емкости от приложенного смещения в широком диапазоне частот (60 Гц — 1 МГц) и равенство ее геометрической емкости, т. е. вычисленной по формуле плоского конденсатора.

Для определения качества изготовленных детекторов измерялась чувствительность по  $\gamma$ -излучению. Собственные шумы детекторов отсекались интегральным дискриминатором. На рис. 1 показана зависимость чувствительности GaAs-детекторов с толщиной образцов  $W = 100, 200$  и  $300$  мк (кривые 1—3 соответственно) от напряжения. На рис. 2 показана зависимость чувствительности от напряжения для детектора с толщиной 300 мк, измеренная при различных порогах дискриминации и разных временах формирования сигнала. Видно, что чувствительность GaAs-детекторов возрастает с увеличением толщины, однако имеет немонокристаллическую зависимость от напряжения: начиная с некоторой величины напряженности поля ( $E = 5,5 \div 7$  кВ/см)

чувствительность уменьшается, достигает минимума при  $E = 15 \div 18$  кВ/см, а затем медленно начинает возрастать. Такой ход чувствительности качественно совпадает с кривой зависимости скорости электронов от поля для высокоомного арсенида галлия [2] и объясняется особенностью строения зоны проводимости GaAs.

Сравнение полученных характеристик детекторов из полужизлирующего арсенида галлия с теоретическими расчетами показало, что эффективность счета детекторов по  $\gamma$ -излучению в несколько раз ниже расчетной. Расхождение между теорией и экспериментом объясняется, по-видимому, несовершенством структуры GaAs, малым временем жизни носителей в исходном материале.

Таким образом, применение полужизлирующего арсенида галлия с реализуемыми в настоящее время параметрами не позволяет получить счетные детекторы, имеющие близкую к расчетной эффективность регистрации  $\gamma$ -излучения; усовершенствование структуры монокристаллов GaAs может увеличить эффективность регистрации  $\gamma$ -излучения и обеспечить преимущество детекторов из полужизлирующего арсенида галлия перед Si(Li)-детекторами излучения [3].

Поступило в Редакцию 4/XI 1974 г.

В окончательной редакции 19/IX 1975 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cappelani F., Restelli G. Semiconductor Detectors. Amsterdam, 1968, p. 365.
2. Левинштейн М. Е., Шур И. С. «Физика и техника полупроводников», 1971, т. 5, вып. 9, с. 1791.
3. Акимов Ю. К. и др. Полупроводниковые детекторы ядерных частиц и их применение. М., Атомиздат, 1967.

**Всесоюзный государственный проектный и научно-исследовательский институт по проектированию научно-исследовательских институтов, лабораторий и научных центров Академии наук СССР и АН союзных республик**

#### ГИПРОНИИ АН СССР

выпустил в свет в 1975 г. книгу «ЗДАНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ АН СССР», цена 39 коп.

В 1976 г. будут выпущены книги: «ЗДАНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ. ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ АН СССР», объем 17 п. л., ориентировочная цена 1 р. 20 к.

«РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ», объем 8 п. л., ориентировочная цена 90 коп.

В 1977 г. будет выпущена книга «ЗДАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ», объем 14 п. л., ориентировочная цена 1 р. 10 к.

Книги предназначены для ученых и инженеров, работающих в области проектирования, строительства и эксплуатации зданий для научных исследований, а также для студентов, ведущих курсовое и дипломное проектирование. Они выпускаются изд-вом «Наука», отличаются хорошим полиграфическим исполнением и снабжены большим числом иллюстраций. Их можно приобрести за наличный расчет и по заявкам, оформленным подписью руководителя предприятия и главного бухгалтера.

**Заявки направлять по адресу: Москва [117333, ул. Губкина, д. 3, ГИПРОНИИ АН СССР, ОНИП.**