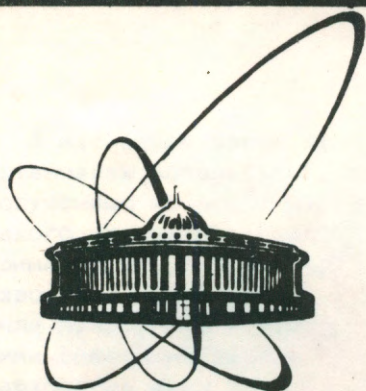


89-204



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Г 697

13-89-204

М.Г.Горнов ¹, Ю.Б.Гуров ¹, Б.П.Осипенко,
О.И.Подкопаев ², А.М.Солдатов ¹,
Я.Юрковски

ПЛАНАРНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ
ИЗ ОСОБО ЧИСТОГО ГЕРМАНИЯ

Направлено в журнал "Приборы
и техника эксперимента"

¹ Московский инженерно-физический институт

² Красноярский завод цветных металлов

1989

В настоящее время за рубежом в различных ядерно-физических установках используются полупроводниковые детекторы /п.п.д./, полученные из особо чистого германия HP Ge. Высокая чистота такого материала - разностная концентрация электроактивных примесей $/N_a - N_d/ \sim 10^{10} \text{ см}^{-3}$ /17/, а также прогресс в производстве кристаллов HP Ge большого диаметра /~40 мм/ позволили приступить к изготовлению светосильных п.п.д. с высокими спектрометрическими характеристиками. Так, в каталогах зарубежных фирм указаны коммерческие образцы коаксиальных детекторов с объемом $\sim 150 \text{ см}^3$ и планарных детекторов толщиной $\sim 10 \text{ мм}$ с чувствительной площадью $\sim 10 \text{ см}^2$ /2/.

На основе HP Ge-детекторов большой площади были созданы многоэлементные спектрометры /3/ заряженных частиц, которые по энергетическому разрешению успешно конкурируют с магнитными. Причем, в отличие от магнитных, они позволяют выполнять прецизионное измерение энергии и идентификацию частиц в широких пределах, что существенно для большого класса физических задач.

Основным преимуществом германиевых телескопов перед кремниевыми /4/ является увеличение детектирующего объема, что расширяет энергетический диапазон при регистрации длиннопробежных частиц и позволяет выполнять сложные прецизионные эксперименты, например, по поиску двойного безнейтринного бета-распада /5/.

В странах-участницах ОИЯИ п.п.д. на основе особо чистого германия с указанными выше параметрами практически не выпускаются, что связано, в первую очередь, с отсутствием качественного исходного материала. Однако сравнительно недавно в СССР на Красноярском заводе цветных металлов /КЗЦМ/ были получены образцы HP Ge с диаметром $\sim 40 \text{ мм}$ и с $/N_a - N_d/ \sim (0.9 \div 4) \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Это позволило приступить к разработке полупроводниковых детекторов с характеристиками на уровне зарубежных аналогов.

Для изготовления п.п.д. применялась известная технология: электронно-дырочные переходы на образцах создавались диффузией лития /6/, а противоположный (р⁺) контакт изготавливался в результате окисления поверхности в смеси $\text{H}_2\text{O}_2:\text{HF}$ /7/ с последующим напылением золота. Наряду с детекторами большой площади ($S = 8 \text{ см}^2$, толщина (W) $\sim 5 \div 7 \text{ мм}$) для проверки ка-

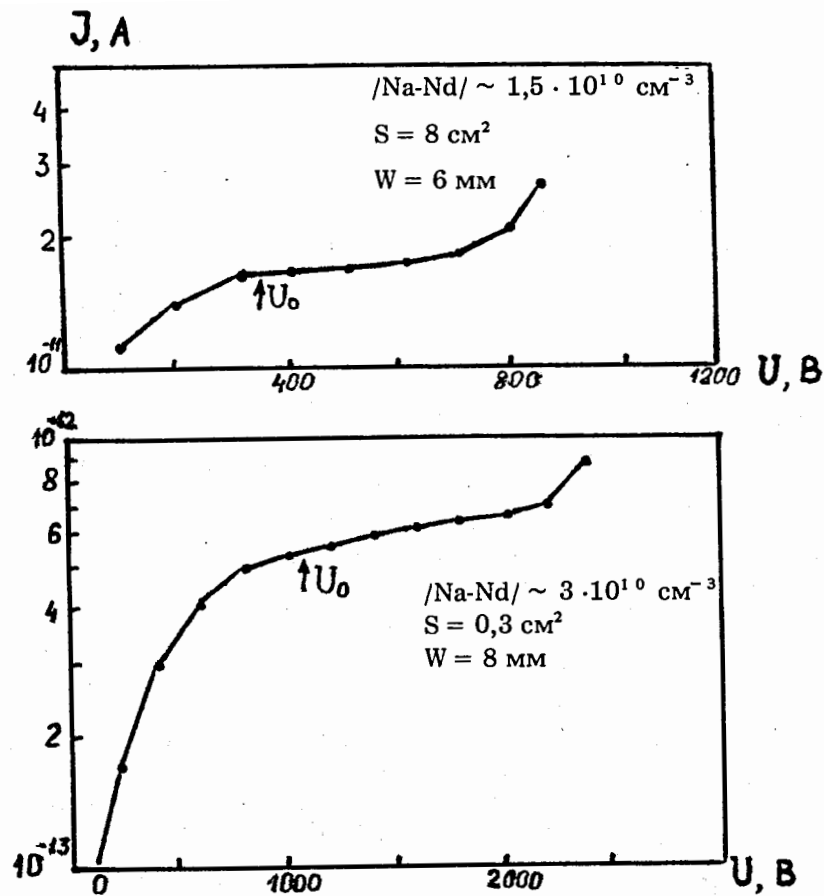


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики детекторов, изготовленных из особо чистого германия.

чества исходного материала были также изготовлены п.п.д. не-большого размера ($S = 0,3 \text{ см}^2$, $W \sim 8 \text{ мм}$), которые используются для спектрометрии мягких γ -квантов и электронов конверсии.

На рис. 1 представлены вольт-амперные характеристики двух образцов разной площади. Исследования показали, что рабочее напряжение детекторов может более чем в два раза превышать напряжение (V_0), которое требуется для того, чтобы "растянуть" чувствительную область на всю толщину образца. Кроме того, как видно из таблицы и рис. 2, энергетические разрешения детекторов оказались близкими к предельно достижимым значениям.

Таблица. Значения энергетических разрешений (ΔE) п.п.д. фирмы ORTEC /колонка 1/2/ и детекторов, изготовленных из HP Ge, выращенного на КЗЦМ /колонка 2/

E_γ	ΔE_γ	
	1	2
$S_{\text{п.п.д.}}$		
$E_\gamma = 5,9 \text{ кэВ}$	165 эВ	165 эВ
$S = 0,3 \text{ см}^2$		
$E_\gamma = 1,3 \text{ МэВ}$	1,8 кэВ	2,1 кэВ*
$S = 8 \text{ см}^2$		

* ΔE определяется электронными шумами предусилителя.

Основным недостатком изготовленных светосильных п.п.д., для применения их в телескопических многослойных спектрометрах, является наличие толстого /~600 мкм/ нечувствительного диффузионного слоя, что, как показано в работе^{/8/}, существенно ухудшает точность измерения энергии частиц. Поэтому для реализации высоких спектрометрических характеристик таких приборов необходимо значительно уменьшить толщины этих слоев. Метод фотостимулированной диффузии^{/8/}, применяемый для получения тонких /~10 мкм/ диффузионных литиевых слоев в кремниевых детекторах, в данном случае непригоден, так как при комнатной температуре со временем происходит быстрое уменьшение концентрации примеси на поверхности германиевых п.п.д., полученных таким способом. С этой точки зрения наиболее предпочтительной является технология изготовления выпрямляющих и омических контактов методом ионной имплантации.

В экспериментах на ускорителях, кроме регистрации длинно-пробежных заряженных частиц, детекторы из HP Ge большой площади могут найти применение в качестве спектрометров рентгеновского и мягкого γ -излучения. Так, один из светосильных п.п.д. на основе HP Ge был использован в многоплечевом полупроводниковом спектрометре^{/4/} для измерения мезорентгеновского излучения, сопровождающего процесс захвата отрицательных пионов. Для примера на рис. 3 представлен спектр излучений пионных атомов Si, полученный с помощью этого детектора. Хорошо выделены линии, соответствующие переходам $4 \rightarrow 3$

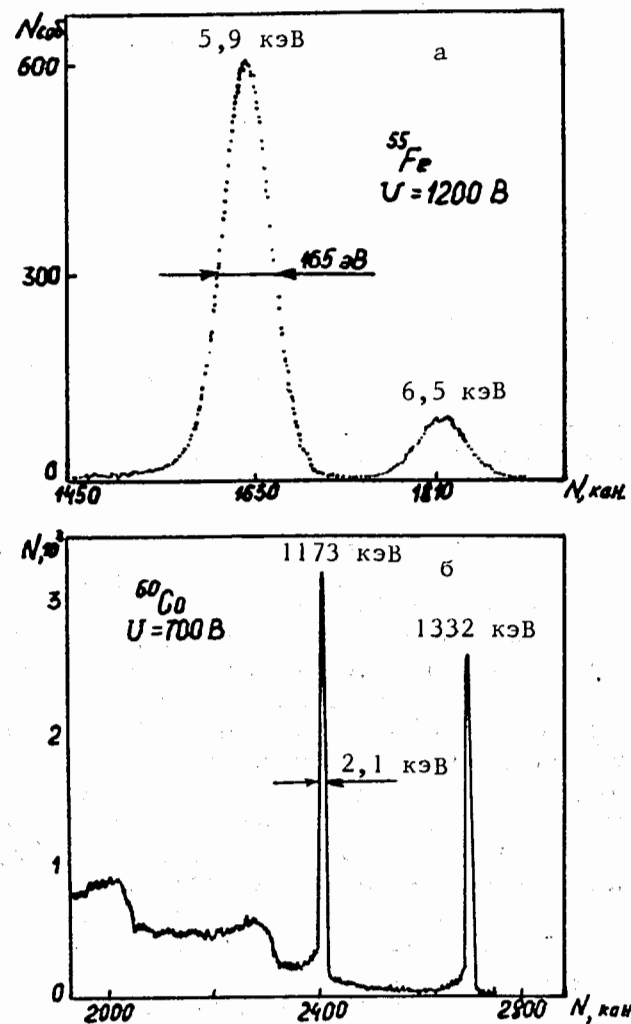


Рис. 2. Спектры γ -излучения, измеренные с помощью п.п.д. из HP Ge с различной чувствительностью площади: а - рентгеновский спектр ^{55}Fe , п.п.д. с $S = 0,3 \text{ см}^2$; б - спектр источника ^{60}Co , п.п.д. с $S = 8 \text{ см}^2$.

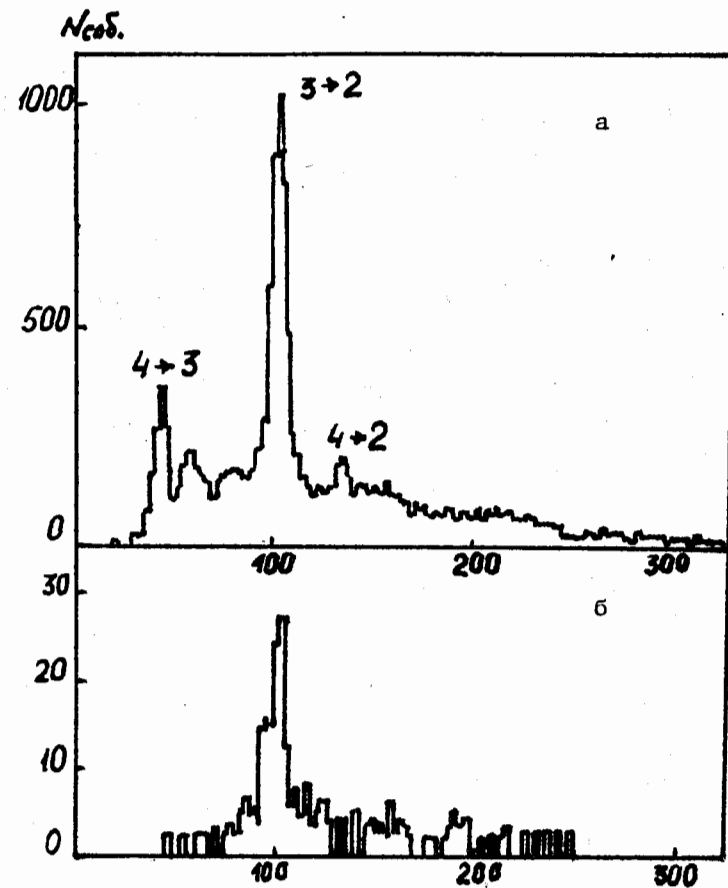


Рис. 3. а - мезорентгеновский спектр, наблюдаемый при остановке p^- -мезонов в Si; б - мезорентгеновский спектр на совпадение с заряженными частицами.

/35,6 кэВ/, $3 \rightarrow 2$ /101,6 кэВ/ и $4 \rightarrow 2$ /137,1 кэВ/. Большая чувствительная площадь п.п.д. позволяет также проводить корреляционные измерения таких γ -квантов на совпадение с заряженными частицами, зарегистрированными кремниевыми телескопами, что демонстрируется на рис. 3б.

Таким образом, показано, что изготавливаемый в настоящее время на КЗЦМ HP Ge может служить материалом для получения п.п.д. с параметрами, близкими к уровню лучших коммерческих образцов.

В заключение следует отметить, что совершенствование разработок п.п.д. из HP Ge также важно для создания новых классов приборов, например, таких, как твердотельные время-проекционные камеры [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Hall R.N., Soltys T.Y. - IEEE Trans. Nucl. Sci., 1971, v.NS-18, p.160.
2. Nuclear Instruments and Systems. Catalog EG&G ORTEC. 1986-1987, p.3.
3. Рип Ж. и др. - Атомная техника за рубежом, 1981, №11, с.35.
4. Горнов М.Г. et al. - NIM, 1984, v.225, No.1, p.42.
5. Вылов Ц. и др. - Сообщение ОИЯИ Р6-84-554, Дубна, 1984.
6. Голиков В.М. и др. - Препринт ОИЯИ 13-83-669, Дубна, 1983.
7. Ewins J., Llacer J. - NIM, 1972, v.98, p.461.
8. Горнов М.Г. и др. - ПТЭ, 1988, №1, с.57.
9. Giorgi M.A. - NIM in Phys. Res., 1984, v.225, p.593.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 марта 1989 года.