

Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна

1952/83

13-83-35

18/4-83

Б.Амов, А.Джаков, Б.П.Осипенко,
Е.Пенця, В.Г.Сандуковский

РАДИАЛЬНЫЙ КРЕМНИЕВЫЙ
ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ
ЛИНЕЙНЫЙ ДЕТЕКТОР
С ИМПЛАНТИРОВАННЫМ РЕЗИСТОРОМ

Редактор Т.Я.Жабицкая. Макет Н.А.Киселевой.
Набор В.С.Румянцевой, Н.И.Коротковой.

Подписано в печать 04.02.83.
Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 0,5.
Тираж 365. Заказ 32464.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1983

Определенный интерес для экспериментальной физики представляют однокоординатные полупроводниковые детекторы с радиальной позиционной чувствительностью. В работах ^{1,2/} сообщалось о таких приборах, основным недостатком которых - нелинейный радиальный отклик, если используется однородный резистивный слой. Получение линейного отклика детектора возможно, если использовать градиентный резистивный слой, при котором проводимость слоя будет пропорциональна радиусу ($\rho \propto r$). Для устранения радиальной нелинейности возможно изготовление детекторов дискретного типа, у которых съем сигнала производится с концентрических контактов, расположенных с определенным шагом, но такой путь технологически труден, он предъявляет высокие требования к внешней электронике.

В ^{3/} описан кремниевый позиционно-чувствительный детектор с линейным радиальным откликом. Резистивный слой детектора изготовлен методом низкотемпературной диффузии лития с градиентом температуры диффузии вдоль радиуса образца. Настоящая работа показывает возможность изготовления подобного детектора с имплантированным резистивным слоем.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТЕКТОРА. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК

Для того, чтобы иметь линейный отклик радиального детектора, необходимо, чтобы сопротивление резистивного слоя линейно менялось вдоль радиуса, то есть $dR = \text{const} \cdot dr$. Это означает, что в формуле $dR = \rho \frac{dr}{2r w}$ / w - эффективная глубина имплантации/, описывающей изменения сопротивления слоя вдоль радиуса круглого образца, отношение

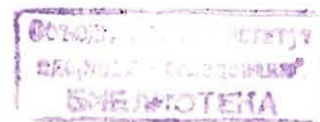
$$\rho / r = \text{const} . \quad /1/$$

Известно, что поверхностная проводимость ρ в случае имплантации обратно пропорциональна дозе D внедренных ионов, то есть

$$\rho = \text{const} / D . \quad /2/$$

Из /1/ и /2/ следует

$$D = \text{const} / r .$$



/3/

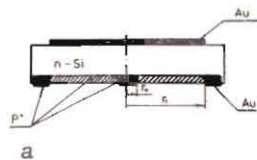
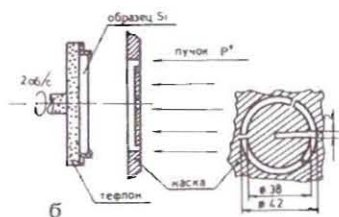


Рис.1. Структура /а/ радиального детектора и схема /б/ проведения имплантации.



Такое распределение дозы внедренных ионов можно получить, если проводить облучение вращающегося образца через маску, имеющую щель необходимой формы. Обозначим через a ширину щели на некотором радиусе r , тогда

$$\frac{D}{D_0} = \frac{a}{2\pi r}, \quad /4/$$

где D - доза в точке r вращающегося образца, D_0 - доза в случае неподвижного образца.

Из /3/ и /4/ следует условие $a = \text{const}$, то есть щель маски должна иметь постоянную ширину вдоль радиуса /в нашем случае - 2 мм/. На рис.1 показаны структура радиального детектора / $r_0 = 2$ мм; $r_1 = 19$ мм/ и схема имплантации ионов фосфора в образец.

Детекторы изготавливались из n -кремния с удельным сопротивлением ~ 6 кОм см. Размеры пластин: диаметр 44 мм, толщина 550 мкм. Образцы перед имплантацией обрабатывались по технологии изготовления поверхностно-барьерных детекторов. Внедрение ионов фосфора проводилось с помощью имплантатора ИЛУ-4 в ИЯИЭ БАН /София/. Доза D_0 составляла $4 \cdot 10^{14}$ см $^{-2}$, энергия внедряемых ионов - 18 кэВ. Доза на кольцевых контактах резистивного слоя /радиусы контактов r_0 и r_1 / увеличивалась до 10^{16} см $^{-2}$ при энергии ионов 8 кэВ.

Отжиг образцов проводился в вакууме при температуре 380 °C в течение 15 минут. После отжига резистивный слой защищался кислотостойким материалом. Для создания p - n перехода проводилось травление и формирование поверхности образца с последующим напылением на нее золота. В целях повышения надежности омических контактов резистивного слоя кольцевые контакты имели шлифованную поверхность, на которую наносилось золотое покрытие. Последней стадией изготовления была упаковка образцов. В итоге детекторы имели активную площадь 11,3 см 2 . Сопротивление по постоянному току между кольцевыми контактами резистивного слоя составляло 16 кОм. Большинство образцов имели обратный ток $0,5 \pm 1,0$ мкА при напряжении смещения 150 В.

Измерение линейности позиционного разрешения проводилось с помощью источника α -частиц ^{241}Am , попадающих на детектор через коллиматор, имеющий отверстия диаметром 1 мм, расположенные вдоль радиуса с шагом 2,5 мм.

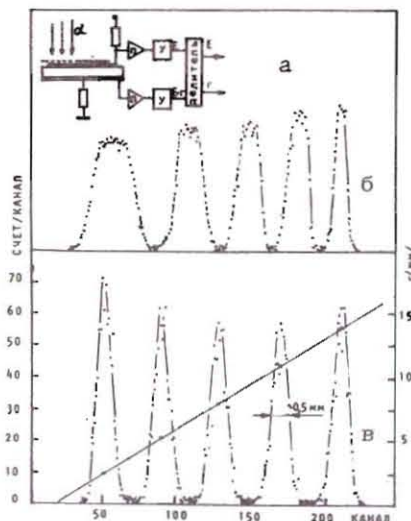


Рис.2. Измерение линейности и позиционного разрешения: а - схема измерения; б - спектр α -частиц ^{241}Am , полученный с помощью детектора, имеющего однородный резистивный слой; в - спектр α -частиц, полученный с помощью детектора, имеющего резистивный слой с градиентом проводимости вдоль радиуса.

Схема измерения показана на рис.2а. Из полученного спектра α -частиц /рис.2в/ видно, что детектор, изготовленный по вышеописанной технологии, дает линейный радиальный отклик /нелинейность позиционного сигнала $< 1\%$ /. На

рис.2б для сравнения представлен спектр, полученный с помощью детектора, имеющего имплантированный однородный резистивный слой.

В заключение следует отметить, что описанный метод получения с помощью имплантации линейных радиальных детекторов исключает литий /имеющий anomalously большой коэффициент диффузии/ из технологии изготовления подобных детекторов /3/. Исключение лития позволяет применять более высокотемпературную обработку кристаллов. Это открывает возможность проведения пассивации поверхности детекторов, т.е. изготовления позиционно-чувствительных радиальных детекторов с высокой надежностью и стабильностью параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Owen R.B., Awcock M.L. IEEE Trans.on Nucl.Sci., 1968, NS-15, p.290.
2. Feuerstein A., Kalbitzer S. Nucl.Instr. and Meth., 1973, 109, p.601.
3. Бельцаж Е., Осипенко Б.П., Сандуковский В.Г. ОИЯИ, 13-82-91, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 января 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
Д1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Амов Б. и др. 13-83-35
Радиальный кремниевый позиционно-чувствительный линейный детектор с имплантированным резистором

Описан кремниевый позиционно-чувствительный детектор с линейным радиальным откликом. Резистивный слой детектора изготовлен методом имплантации ионов фосфора с градиентом дозы внедренных ионов вдоль радиуса образца. Использовался p-кремний с удельным сопротивлением ~6 кОм.см. Радиус активной области детектора равен 19 мм. Нелинейность позиционного отклика ≤1%. Дано сравнение с позиционным детектором, имеющим имплантированный однородный резистивный слой.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Amov B. et al. 13-83-35
A Radial Silicon Position Sensitive Linear Detector with Implanted Resistor

Silicon position sensitive detector with linear response is described. The resistive layer of the detector is obtained with the phosphor implantation. The dose of the implanted ions has a gradient along the sample radius. The n-type silicon with resistivity 6 kOhm is used. The radius of the active area of the detector is 19 mm. The nonlinearity of the detector position response is ≤1%. The mentioned above detector is compared to the detector with a homogeneous resistive layer.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.