

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Г р е х о в И.В., О т б л е с к А.Е. // ЖТФ. 1984. Т. 54. В. 9. С. 1787-1792.
- [2] В а р л а м о в И.В., О с и п о в В.В. // ФТП. 1969. Т. 3. В. 7. С. 950-958.
- [3] Г о р б а т ю к А.В. Динамика и устойчивость быстрых регенеративных процессов в структурах мощных тиристорov. Препринт ФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР - 962, Ленинград, 1985, с. 10-17, 51-57.
- [4] Б а р а н е н к о в А.И., О с и п о в В.В. // Микроэлектроника. 1972. Т. 1. В. 1. С. 63-72.
- [5] К е р н е р Б.С., О с и п о в В.В. // Микроэлектроника. 1974. Т. 3. В. 1. С. 9-22.
- [6] Д е р м е н ж и П.Г., П р и х о д ь к о А.И., П о г а п ч у к В.Б. // Электротехническая промышленность. Сер. 05. Обзорн. информ. 1987. В. 4. С. 1-68.
- [7] Г р е х о в И.В., Л и н и й ч у к И.А. Тиристоры, выключаемые током управления. Л.: Энергоатомиздат, 1982, с. 37-42.
- [8] А я з я н Р.Э., Г р е х о в И.В., Л и н и й ч у к И.А. // Радиотехника и электроника. 1975. Т. 20. В. 10. С. 2225-2227.
- [9] P u r w i n s H.-G., R a d e h a u s C., B e r k e m e i e r J. // Z. Naturforsch. A: A Journal of Physical Sciences. 1988. V. 43a. P. 17-29.
- [10] К е р н е р Б.С., О с и п о в В.В. // Микроэлектроника. 1985. Т. 14. В. 5. С. 389-407.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
9 января 1989 г.

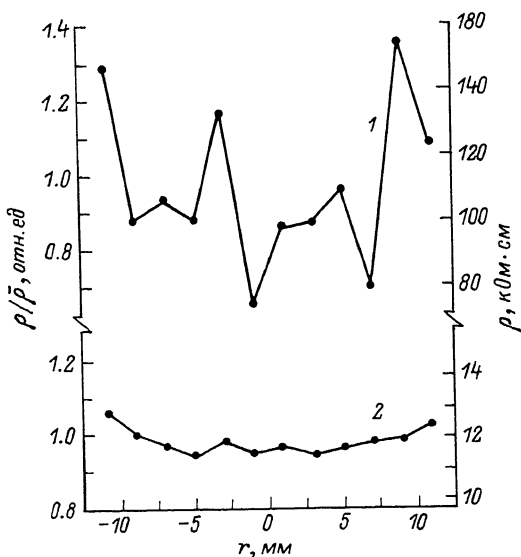
Письма в ЖТФ, том 15, вып. 6
05.2; 06.2; 12

26 марта 1989 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНО- БАРЬЕРНЫХ ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ГАММА-ЛЕГИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

В.В. З а б л о ц к и й, Н.А. И в а н о в,
С.И. Л а ш а е в

Одним из факторов, оказывающих существенное влияние на качество полупроводниковых детекторов (ППД) ионизирующих излучений, особенно детекторов с большой площадью рабочей поверхности, является однородность электрофизических свойств исходного материала. В настоящее время для улучшения объемной однородности



Профили радиального распределения удельного сопротивления на торцевой поверхности монокристалла кремния: 1 – до ядерного легирования, 2 – после ядерного легирования.

величин удельного сопротивления и концентрации носителей заряда в монокристаллах диаметром до 100 мм успешно используется метод ядерного легирования [1]. В ряде работ (см., например, [2, 3]) была показана перспективность применения нейтронно-легированного кремния (НЛК) *p*-типа проводимости для изготовления различных типов ППД с высоким энергетическим разрешением. Данная работа посвящена изучению возможности создания поверхностно-барьерных ППД на основе кремния *p*-типа проводимости, легированного акцепторной примесью алюминия методом ядерных реакций под действием гамма-квантов [4].

Для изготовления поверхностно-барьерных детекторов применяются, как правило, материалы с удельным сопротивлением – ρ свыше 1 кОм·см [5]. При получении гамма-легированного кремния (ГЛК) *p*-типа проводимости с такими номиналами удельного сопротивления в настоящей работе в качестве исходного использовался кремний *p*-типа с $\rho > 40$ кОм·см и *p*-типа с $\rho > 1$ кОм·см. Выбор исходных материалов обусловлен тем обстоятельством, что ядерное легирование позволяет снизить разброс величин удельного сопротивления $\delta\rho$ до уровня нескольких процентов при обеспечении степени легирования $G = \frac{N_{пр}}{N_{исх}} = 4-5$ [1], где $N_{исх}$, $N_{пр}$ – концентрации примеси соответственно в исходном материале и образованной в результате ядерного легирования.

Облучение исходного кремния тормозными гамма-квантами с максимальной энергией 35 МэВ проводилось на ускорителе электронов

№ слитка	Диаметр, мм	Тип проводимости	$R_{исх}$, Ом × см	$R_{ГЛК}$, Ом × см	$\delta\rho$, %	Параметры ППД					
						$S \approx 0.5 \text{ см}^2$			$S \approx 5 \text{ см}^2$		
						$I_{од\rho}$, мкА	R_{α} , кэВ	R_0 , кэВ	$I_{од\rho}$, мкА	R_{α} , кэВ	R_0 , кэВ
1	30	p	40000 85000	11000 15000	~5	0.5	19	15	0.8	35	18
2	60	n	1000 1500	1000 1200	<5	0.05	15.5	12	-	-	-

„Факел“ ИАЭ им. И.В. Курчатова. Путем формирования равномерных полей тормозного излучения [6] обеспечивалась неоднородность распределения концентрации образованных атомов алюминия по сечению и длине облучаемого монокристалла не более 3 и 10 % соответственно. В результате измерений профилей распределения удельного сопротивления с помощью 4-х зондовой методики установлено, что величины разброса $\delta\rho$ на торцевых поверхностях монокристаллов ГЛК не превышают 5 %. На рисунке показаны профили радиального распределения ρ на торце одного из монокристаллов кремния до и после ядерного легирования. Основные параметры исходного и гамма-легированного кремния приведены в таблице.

В соответствии с технологией, описание которой приведено в работе [7], на основе ГЛК были изготовлены детекторы с малой ($S \approx 0.5 \text{ см}^2$) и большой ($S \approx 5 \text{ см}^2$) площадью рабочей поверхности. Значения обратных токов при смещении 200 В и температуре 293 К - $I_{од\rho}$ и энергетических разрешений (R_{α} - полное и R_0 - собственное (за вычетом шума)) этих детекторов представлены в таблице. Наилучшее собственное энергетическое разрешение ($R_0 = 12 \text{ кэВ}$) при регистрации α -частиц с энергией 5.5 МэВ от радиоактивного источника Pu^{238} было получено для детекторов с $S = 0.5 \text{ см}^2$ из кремния с удельным сопротивлением $\sim 1 \text{ кОм}\cdot\text{см}$. Необходимо отметить, что имеются определенные резервы улучшения энергетического разрешения поверхностно-барьерных детекторов на основе ГЛК за счет снижения шумов перехода и уменьшения толщины входного окна, которая в настоящей работе составляла около $40 \text{ мкг}\cdot\text{см}^{-2}$.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что гамма-легированный кремний может быть применен для изготовления поверхностно-барьерных детекторов с энергетическим разрешением, сравнимым с разрешением лучших промышленных детекторов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Смирнов Л.С., Соловьев С.П., Стась В.Ф., Харченко В.А. Легирование полупроводников методом ядерных реакций. Новосибирск: Наука, 1981. 182 с.

- [2] Бишофф Л. // ФТП. 1985. Т. 19. В. 2. С. 2118-2121.
- [3] Афанасьева Н.П., Строкан Н.Б., Вербичка Е.М., Шокина Е.В., Еремин В.К. Препринт ЛИЯФ АН СССР, № 1187. Л.: 1986. 29 с.
- [4] Заблоцкий В.В., Иванов Н.А., Космач В.Я., Леонов Н.Н., Остроумов В.И. // ФТП. 1986. Т. 20. В. 4. С. 625-628.
- [5] Von Ammon W., Herzer H. // Nucl. Instrum. and Meth. Phys. Res. 1984. V. A226. N1. P.94-10
- [6] Ковалев В.П. Вторичные излучения ускорителей электронов. М.: Атомиздат, 1979. 198 с.
- [7] Заблоцкий В.В., Иванов Н.А., Лашаев С.И., Соловьев С.М. Тезисы докладов XXXУШ Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Баку: 1988 С. 548.

Поступило в Редакцию
18 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 6
06.3; 07; 12

26 марта 1989 г.

ИЗМЕРЕНИЕ ПИКОСЕКУНДНЫХ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК В МАЛОМОДОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ

О.С. Вавилова, В.И. Малюгин

Широко используемые в настоящее время методы определения дисперсионных характеристик оптических волокон (ОВ) сталкиваются с трудностями измерения очень малых временных задержек [1]. В этой связи представляют интерес чисто оптические методы, которые позволяют получить высокое временное разрешение порядка 0.03 пс на коротких образцах ОВ, но предполагают использование сложной оптической интерферометрической схемы с последующим восстановлением импульсного отклика голографическим способом [2].

Предлагаемый в нашей работе метод измерения отличается тем, что исследуемое ОВ рассматривается как одноплечевой интерферометр, в котором функцию опорного пучка выполняет одна из модовых групп, распространяющихся в ОВ [3]. В основе метода лежит явление интерференции в спектральной области, когда разность хода между световыми пучками Δt превышает длину когерентности источника излучения τ_k . В этом случае интерференционная картина отсутствует, но спектральная плотность суммарного сигнала $q(\omega)$ может быть записана в виде

$$q(\omega) = q_{11}(\omega) [1 + K \cdot \cos \Delta t]$$