

С 344.1М

И-517

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13- 3709

С.В.Ненова-Пакева, Б.П.Осипенко

ОБ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТИ
КРЕМНИЕВЫХ $n-i-p$ ДЕТЕКТОРОВ БИХРОМАТОМ
КАЛИЯ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

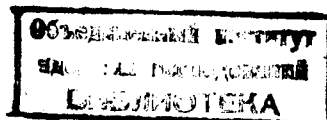
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

1968

13- 3709

С.В.Ненова-Пакева, Б.П.Осипенко

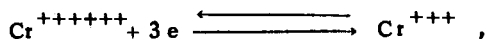
ОБ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТИ
КРЕМНИЕВЫХ $n-i-p$ ДЕТЕКТОРОВ БИХРОМАТОМ
КАЛИЯ



7220/1, 29

Для уменьшения токов утечки кремниевых $n-i-p$ - детекторов ядерных излучений необходимо обработать поверхность так, чтобы устранить инверсионный слой над p - областью /1/, при этом скорость поверхностной рекомбинации должна быть минимальной.

Из работы /2/ известно, что поверхностную пленку с резко выраженной проводимостью p - типа можно получить путем обработки образца в кипящей деионизованной воде или путем его обработки в бихромате натрия. В работе /3/ отмечается, что обработкой в бихромате натрия p - кремния можно резко снизить скорость поверхностной рекомбинации. По мнению авторов этой работы, окислительно-восстановительный потенциал, возникающий в системе, изменяет поверхностный потенциал таким образом, что неосновные носители тока тормозятся, не достигая поверхности. Система бихромат-хром ($Cr_2O_7^{+6} : Cr^{+3}$) уменьшает скорость поверхностной рекомбинации в результате реакции



т.е. сильноокисляющий бихромат склоняет реакцию к восстановлению шестивалентного иона хрома за счет извлечения электронов из поверхности кремния. В этих условиях из-за потери электронов поверхность становится p - типа.

Цель настоящей работы - найти условия обработки кремниевых $p-i-p$ - детекторов в водном растворе бихромата калия, чтобы получить стабильные низкие обратные токи.

Обработка образцов

Детекторы, изготовленные по технологии, описанной в работе /4/, травилась в смеси $\text{HNO}_3:\text{HF}$ (10:1) в течение 4 минут. После травления образцы приблизительно минуту промывались в деионизованной воде и сразу помещались в 1% раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Время выдержки образца в растворе в основном определяется температурой раствора. С повышением температуры сокращается время выдержки.

На рис.1 показана зависимость плотности тока от времени выдержки в растворе бихромата калия при температуре 30°C . Из этого рисунка видно, что для разных образцов оптимальное время выдержки различно. Для всех исследованных образцов оптимальное время выдержки в растворе бихромата калия при $T=30^\circ\text{C}$ колеблется от 10 до 15 мин.

На рис.2 показано влияние температуры раствора бихромата калия на величину обратных токов детектора. Образец в растворе выдерживается в течение 15 мин.

После выдержки в растворе бихромата образец ополаскивается деионизованной водой, высушивается фильтровальной бумагой и помещается в эксикатор.

Сразу после обработки обратные токи очень большие, но постепенно уменьшаются и через сутки становятся стабильными. При сушке образцов горячим воздухом процесс стабилизации токов ускоряется.

Опытные результаты и обсуждения

Обработка сделана более чем на 20 образцах площадью от 1 до 5 см^2 и толщиной компенсированной литием области от 1 до 2,5 мм.

В таблице 1 приведены обратные токи 9 детекторов до и после обработки в бихромате калия.

К первой группе относятся образцы, которые после многократного перетравливания в СР-8 имели плохие вольт-амперные характеристики. После обработки в бихромате калия обратные токи таких детекторов заметно снижаются.

Ко второй группе относятся образцы, имевшие хорошие вольт-амперные характеристики после травления. Обработка таких образцов в бихромате калия не дает заметного снижения обратных токов.

Преимущество обработки в бихромате состоит в том, что процесс лучше контролируется и, следовательно, вероятность получения плохих результатов намного меньше, чем при обычном травлении с последующим кипячением.

Оказалось, что у образцов, обработанных в бихромате, стабильность тока во времени и во влажной атмосфере намного лучше, чем у обработанных в кипящей воде.

На рис.3 показаны вольт-амперные характеристики образца №159, измеренные в атмосфере с влажностью около 90% в зависимости от времени выдержки. В промежутки времени между измерениями образец находился под напряжением 100 в. Измерения сделаны при температуре $T = 24^\circ\text{C}$. На рис.3а - вольт-амперные характеристики после травления в травителе СР-8 с последующим кипячением; на рис.3б - после обработки в бихромате калия.

На рис.4 показана зависимость обратных токов при различных напряжениях детектора №63 от времени выдержки во влажной атмосфере. После обработки в водном растворе $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ образец в течение 6 месяцев хранился в комнатных условиях, после чего был помещен в камеру с повышенной влажностью (около 90%), где проводились измерения. В промежутки времени между измерениями образец находился под напряжением 100 в.

В большинстве случаев старение полупроводниковых приборов зависит от свойств окисного пассивирующего слоя на их поверхности. Стабилизирующее свойство окисной пленки определяется ее структурой, наличием примесей, толщиной и др. /5/.

Известно, что окисная пленка, образующаяся после стандартного химического травления кремния, представляет собой весьма пористую и рыхлую структуру, которая совершенно не затрудняет доступ кислорода и воды к поверхности кремния /6/. С наличием такой несовершенной пленки связаны в основном нестабильность и невоспроизводимость характеристик полупроводниковых приборов.

В нашем случае предварительное травление в смеси $\text{HNO}_3 : \text{HF}$ (10:1) из-за малой скорости травления дает хорошо полированную поверхность. При обработке в сильно окисляющем бихромате, вероятно, создаются условия для нарастания более плотной и совершенной по структуре окисной пленки, влияющей на ее стабилизирующие свойства.

В ы в о д ы

Обработанные в водном растворе бихромата калия по описанному способу диффузионно-дрейфовые кремниевые $n-i-p$ детекторы имеют, как правило, низкие и стабильные во времени обратные токи и более стабильные по сравнению с обработанными обычным способом детекторыми характеристики во влажном воздухе.

Л и т е р а т у р а

1. Y. Lacer. IEEE Trans. Nucl. Sci NS-11 No. 3 (1964).
2. T.H. Buck, F.S. Mc Kim, Y. Electroch. Soc. H 81 (1958).
3. A.R. Moore, H. Welson, R.C.A. Review, 17, N1. (1956)
4. Л.П.Бабенко, Ван Чжень-ва, Б.М.Головин, Б.П.Осипенко, А.И.Сидоров. Материалы совещания по полупроводниковым детекторам ядерных излучений, Дубна, 40, 1962 г.
5. С.М.Файштейн. Обработка поверхности полупроводниковых приборов. 1966 г.

6. Л.К.Думиш, Н.Ф.Зитта, Ю.В.Федорович. Электронные процессы на поверхности и в монокристаллических слоях полупроводников, Новосибирск, 1967 г. "Наука" Сибирское отделение.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 февраля 1968 года.

Таблица I

	Образец №	площадь (м ²)	Компенсир. i-область (м)	травлены СР-8 ток J (мкА) при		Обработаны $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ток J (мкА) при	
				u=100В	u=300В	u=100В	u=300В
I группа	224	$3,90 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	7,8	13,5	6,5	11,5
	225	$4,12 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	15,8	20,5	14,5	16,5
	240	$4,12 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	14,0	18,0	9,0	12,0
	246	$4,10 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	27,5	31,0	21,5	26,5
	249	$3,86 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	15,8	26,0	10,5	20,0
	334	$3,82 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	27,5	31,5	5,0	17,0
II группа	63	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	2,5	3,0	2,2	2,6
	156	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	2,8	3,0	2,6	2,8
	159	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	3,8	5,2	3,4	4,8

Измерения токов проводились при температуре $T=20^\circ\text{C}$.

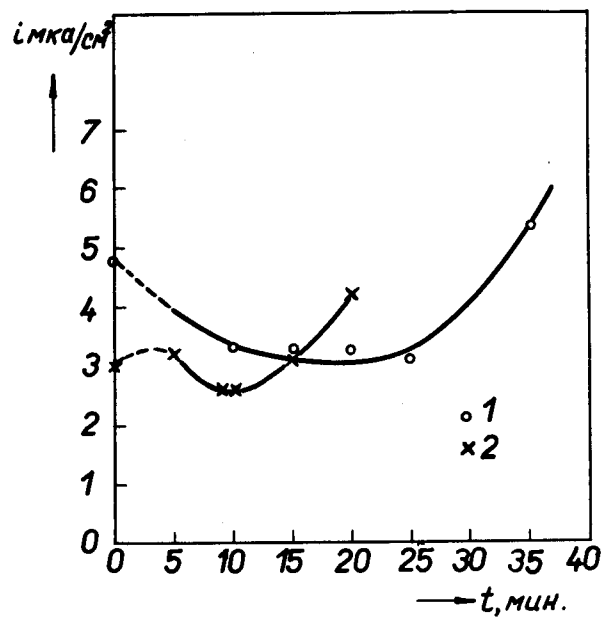


Рис.1. Зависимость плотности обратного тока от времени выдержки в растворе бихромата калия при температуре $T = 30^\circ\text{C}$. Кривая 1 - для образца №334; кривая 2 - для образца №63. Измерения токов проводились при температуре $T = 20^\circ\text{C}$.

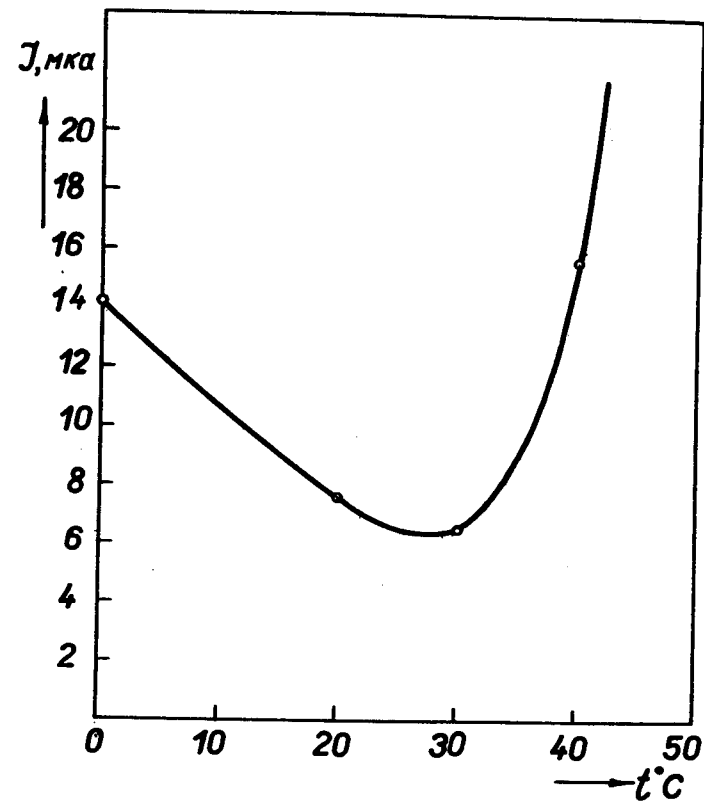


Рис.2. Зависимость обратного тока детектора №160 от температуры бихроматного раствора. Время выдержки 15 минут. Температура измерения тока $T = 20^\circ\text{C}$.

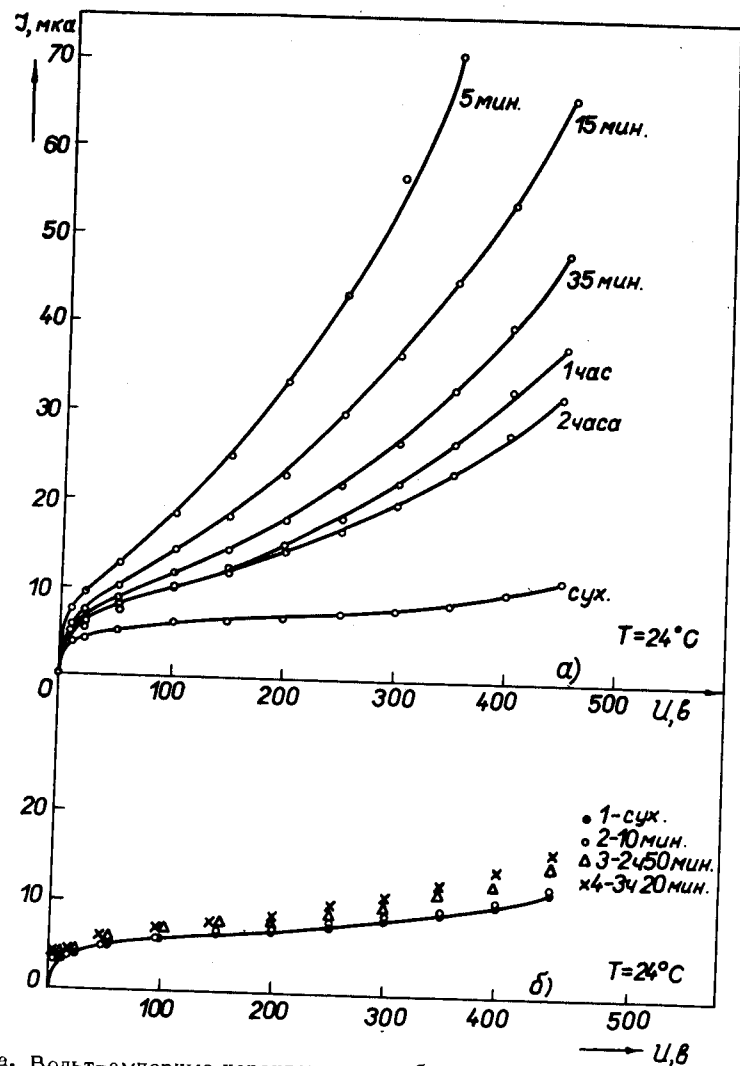


Рис.3а. Вольт-амперные характеристики образца №159 после травления в СР-8 с последующим кипячением; измерены в атмосфере с влажностью 90%. На кривых указано время выдержки во влажной атмосфере под напряжением 110 вольт.

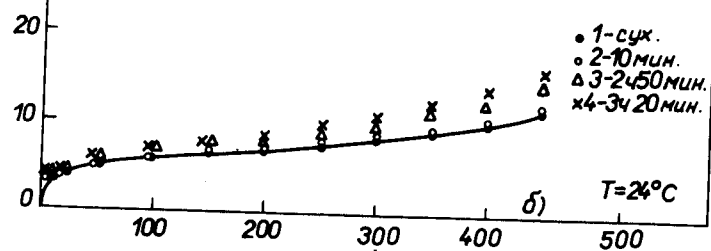


Рис.3б. Вольт-амперные характеристики образца №158 после 15 минутной обработки в бихромате калия; измерены в таких же условиях, как на рис.3а.

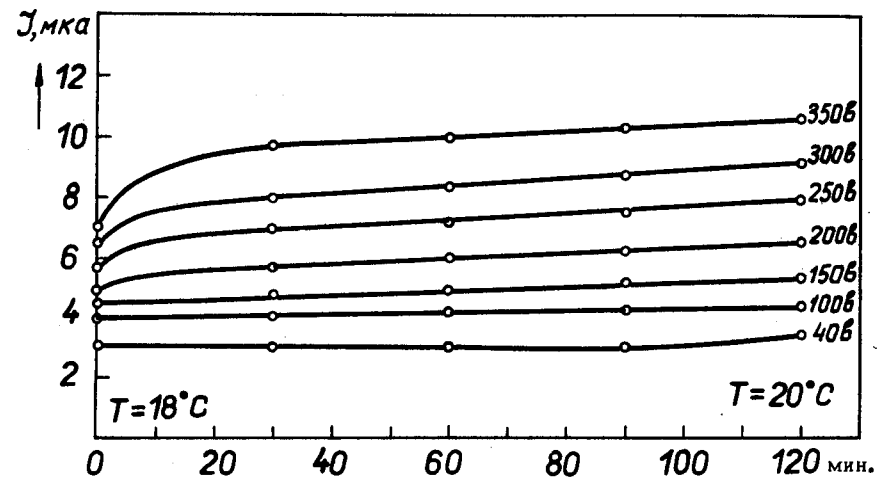


Рис.4. Зависимость обратного тока, при различных напряжениях детектора №63 через 6 месяцев после обработки в $K_2Cr_2O_7$, от выдержки под напряжением в атмосфере с влажностью 90%. На кривых указано напряжение, при котором измерялся ток. Во время измерения температура увеличилась от $T = 18^\circ C$ до $T = 20^\circ C$.