

06.2; 12

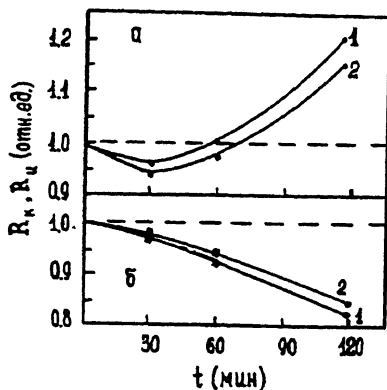
© 1991

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ В ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ  
НА СВОЙСТВА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ  
НА ОСНОВЕ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯЮ.А. Б у м а й, В.А. В и л ь к о ц к и й,  
А.Ф. М о з г у н о в, А.Г. У л ь я ш и н,  
В.В. Ч е р н ы й, И.А. Ш а к и н,  
Н.В. Ш л о п а к

В последнее время интенсивно исследуется пассивация атомарным водородом мелких и глубоких центров в различных полупроводниках. Однако практическое применение данного эффекта находится на начальном этапе [1-3]. Поэтому представляется актуальным в настоящее время исследование влияния водородной плазмы на свойства конкретных полупроводниковых приборов. С этой целью в настоящей работе исследовалось влияние обработки полевых транзисторов с затвором Шоттки на основе имплантированного ионами  $Si^+$  полуизолирующего  $GaAs$  в плазме водорода с энергией ионов 300 эВ и плотностью тока 30 мА/см<sup>2</sup> при температуре 200 °С в течение 30-120 мин на их параметры. Исследования ВАХ барьеров Шоттки транзисторов в прямом направлении до обработки показали, что их можно условно разделить на две группы, хотя технология их изготовления была идентична. Транзисторы первой группы имели фактор идеальности барьера Шоттки  $n = 1.08-1.15$ , а транзисторы второй группы  $n = 1.89-2.00$ . Отметим, что близость величины  $n$  к значению 2 указывает на преобладание рекомбинационной составляющей тока, которая связана с наличием ловушек в приконтактной области полупроводника [4, 5].

Наличие компенсирующих центров в транзисторах второй группы подтверждается результатами измерений сопротивления канала и пассивных областей (истока и стока), проведенных по методу, предложенному в работах [6, 7]. Указанные сопротивления оказались значительно выше для транзисторов второй группы (табл. 1). Кроме того, транзисторы второй группы обладали более низкими значениями сопротивления истока (табл. 1). Изменения сопротивлений истока и канала в зависимости от времени обработки в водородной плазме приведены на рисунке. Из рисунка видно, что в транзисторах первой группы сопротивление канала и истока вначале несколько уменьшились (при временах обработки до 60 мин), а затем наблюдается их увеличение. Фактор идеальности ВАХ барьера Шоттки при этом вначале уменьшался на 3-4 %, а затем возрастал на 5-10 % выше своих первоначальных значений, кроме

Зависимость сопротивлений канала  $R_k$  (1) и истока  $R_u$  (2) транзисторов первой (а) и второй (б) группы от времени обработки в водородной плазме.



того, несколько снижался ток стока и уменьшалась крутизна. В транзисторах второй группы наблюдается монотонное уменьшение сопротивлений стока и истока при увеличении времени обработки. Такая зависимость указанных параметров в транзисторах 1-й группы может быть связана с пассивацией ловушек зарядов, которых значительно меньше, чем в транзисторах 2-й группы, и образованием новых ловушек при увеличении времени обработки. В случае транзисторов 2-й группы монотонное снижение сопротивления стока и канала свидетельствует о постоянном уменьшении количества ловушек вследствие их пассивации. Это подтверждается также монотонным снижением фактора идеальности барьера до 12–20 % (что указывает на снижение рекомбинационной составляющей тока) и монотонным ростом тока стока и крутизны транзисторов при увеличении времени обработки. Аналогичное поведение фактора идеальности наблюдалось авторами [8] при изготовлении диодов Шоттки на основе  $n$ -GaAs, обработанного в плазме водорода.

Изменения СВЧ-параметров транзисторов на частоте 12 ГГц в результате обработки в водородной плазме представлены в табл. 2. Из таблицы видно, что обработка транзисторов первой группы в течение 30–60 мин приводит к некоторому улучшению их параметров, тогда как обработка в течение 120 мин приводит к снижению коэффициентов усиления. Для транзисторов второй группы (за исключением транзистора № 5) наблюдается уменьшение коэффициентов шума и увеличение коэффициентов усиления при всех используемых нами временах обработки.

Таким образом, данные измерений СВЧ параметров исследованных транзисторов подтверждают вывод, сделанный на основе измерений статических параметров о том, что ухудшение параметров транзисторов, связанное с появлением ловушек зарядов в приконтактной области полупроводника может быть устранено обработкой в водородной плазме. Такое устранение не связано с термическим отжигом структурных дефектов, так как при отжиге аналогичных транзисторов в течение 30–120 мин при 200 °С в вакууме во всех случаях наблюдалась деградация их параметров.

Отметим, что аналогичный нетермический эффект устранения дефектов вакансионного типа наблюдался в работах [9, 10] при обработке имплантированных структур  $Al-SiO_2-Si$  в ВЧ плазме

Т а б л и ц а 1

Параметры транзисторов	$R$ истока, Ом	$R$ канала, Ом	$I$ стока, мА	Крутизна, мА/В
Группа 1	8.7-11.8	1.1-1.5	35.1-41.3	14.5-19
Группа 2	13.5-17.7	2.9-3.5	24.1-29.2	8.1-11.2

Т а б л и ц а 2

Группа	№ п/п	Коэффициент шума, $dB$		Коэффициент усиления, $dB$		Время обработки в водородной плазме при 200 °С, мин
		до обработки	после обработки	до обработки	после обработки	
1	1	1.46	1.61	9.33	9.79	30
	2	1.67	1.67	9.07	9.56	
	3	1.52	1.52	9.37	9.88	
	4	1.88	1.76	8.97	9.46	60
	5	1.34	1.52	9.36	9.75	
	6	1.55	1.61	9.68	9.45	
	7	1.64	2.09	9.53	8.62	
	8	1.49	1.67	10.11	9.00	
2	1	2.50	2.17	8.98	8.99	30
	2	3.34	2.76	6.10	6.04	
	3	2.36	2.04	7.75	8.83	
	4	2.50	1.82	8.16	9.13	60
	5	2.53	2.28	9.13	7.51	
	6	2.58	2.15	7.26	7.66	
	7	2.04	1.93	7.42	8.77	
	8	2.30	1.64	7.79	9.42	
	9	2.76	2.01	6.63	8.41	

различных газов. Авторы связывают его как с влиянием остаточного водорода, так и с упорядочением кристаллической решетки при ВЧ обработке. Поэтому строгое выделение влияния водорода на характеристики транзисторов с барьером Шоттки при обработке в водородной плазме по сравнению с другими радиационно-стимулированными процессами требует дополнительных исследований.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Chevallier J., Auscuturier M. // Ann. Rev. Mater. Sci. 1988. V. 18. P. 219-226.
- [2] Pearton S.T., Corbett J.W., Shi T.S. // Appl. Phys. 1987. V. A43. P. 153-195.
- [3] Омеляновский Э.М., Поляков А.Я. // Высококачественные вещества, 1988. № 5. С. 5-19.
- [4] Зи С. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984. 456 с.
- [5] Стриха В.И., Бузанаева Е.В. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике. М.: Радио и связь, 1987. 256 с.
- [6] Фукуи Н. // Nell. System. Tech. T. 1978. V. 58. N 3. P. 771-797.
- [7] Lee K., Shur M., Lee K.W. // IEEE Electron. Dev. Lett. 1984. V. 5. N 1. P. 5-7.
- [8] Passagnella A., Callegari A. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 3. P. 259-261.
- [9] Лысенко В.С., Назаров А.Н., Руденко Т.Е., Ткаченко А.С., Березин В.В. // Укр. физ. журнал. 1987. Т. 32. № 7. С. 1066-1070.
- [10] Ly sen ko Y.S., Na za ro v A.N., Va li ev S.A., Za ri ts ki i I.M., Ru de n ko T.E., Tk a che n ko A.S. // Phys. Stat. Sol. (a). 1989. V. 113. N 2. P. 653-665.

Белорусский  
политехнический  
институт, Минск

Поступило в Редакцию  
4 января 1991 г.