

[2] Р а й з е р Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987. 402 с.

[3] Н а с е г а w а М. // J. Phys. Soc. Jap. 1974. V. 37. N 1. P. 193-199.

Институт прикладных проблем физики
АН Республики Армения

Поступило в Редакцию
29 октября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 1

12 января 1991 г.

05.1; 06.2

© 1991

ВЛИЯНИЕ БЫСТРОДИФФУНДИРУЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ НА ГЕНЕРАЦИЮ ТЕРМОДОНОРОВ В КРЕМНИИ

Д.И. Б р и н к е в и ч, В.Л. К р ю к о в,
В.В. П е т р о в, Е.Б. С о к о л о в,
Г.П. Ф у р м а н о в

Использование термообработок (ТО) при производстве приборов на основе кремния предъявляет повышенные требования к его термической стабильности и определяет необходимость глубокого изучения процессов термического дефектообразования. Несмотря на многочисленные исследования процессов генерации термодоноров (ТД) в кремнии, до сих пор не решен вопрос о механизме этих процессов и факторах, способствующих их протеканию. Ранее предполагалось [1], что присутствие в кремнии примесей железа и меди приводит к ускорению диффузии кислорода, а, следовательно, и генерации ТД. В настоящей работе исследованы процессы генерации ТД в кремнии, предварительно легированном золотом, а также с пониженным содержанием быстро диффундирующих примесей (БДП), достигнутым проведением операции геттерирования.

В качестве исходных образцов использовали пластины кремния p -типа проводимости с удельным сопротивлением (ρ) 20 Ом·см. Предварительную высокотемпературную обработку (ПВО) осуществляли в протоке очищенного водорода. Диффузию золота проводили в процессе ПВО при температуре 875 °С в течение 20 ч из нанесенного на поверхности пластины металлического слоя. Последующее охлаждение осуществляли со скоростью 1 К/мин. Геттерирование с использованием пленки вольфрама проводили при высокотемпературном (1200 °С) длительном (70 ч) отжиге. После ПВО шлифовывали поверхностный слой кремния толщиной 70-100 мкм для удаления нарушенной области, обогащенной примесями. При этом примеси вольфрама в объеме пластин обнаружено не было. ТО для генерации ТД длительностью (t_{70}) до 100 часов осуществляли на воздухе при температуре 450 °С. Содержа-

Параметры образцов, использованных для генерации ТД

№ п/п	Вид ПВО	$N_0 \cdot 10^{-17}$, см ⁻³	$N_{Cu} \cdot 10^{-14}$, см ⁻³	$N_{Au} \cdot 10^{-13}$, см ⁻³	$N_{TD} \cdot 10^{-15}$, см ⁻³
1	1200 °С, 70 ч	9.96	4.9	2.3	2.0
2	1200 °С, 70 ч (W)	10.54	0.3	1.0	1.2
3	875 °С, 20 ч	12.63	6.2	2.1	1.4
4	875 °С, 20 ч (Au)	13.82	1.9	42.0	2.8
5	1200 °С, 72 ч (W)+ + 875 °С, 20 ч (Au)	9.52	-	3800	4.4

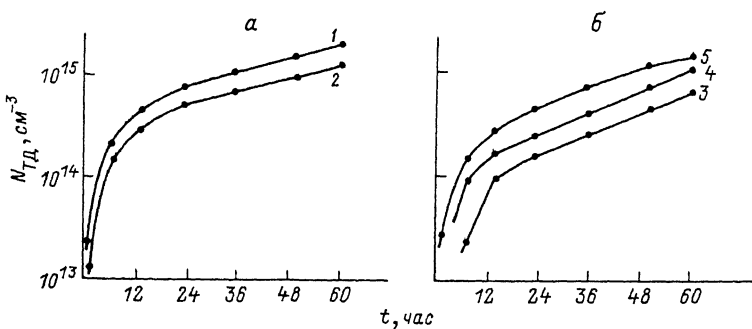
ние кислорода в межузельном положении определяли по полосе ИК поглощения при 1106 см^{-1} [2]. Концентрации меди (N_{Cu}) и золота (N_{Au}) измеряли методом нейтронно-активационного анализа [3]. Содержание углерода в положении замещения, определенное по полосе ИК поглощения при 607 см^{-1} , во всех исследованных образцах было меньше, чем $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Концентрацию ТД рассчитывали из измерений эффекта Холла и проводимости при 300 К.

Образцы, использованные для генерации ТД (после ПВО), заметно различались по содержанию меди и золота (см. таблицу).

Концентрация примесей была минимальной в образце, прошедшем предварительное геттерирование (№ 2).

Кинетические кривые генерации ТД для всех образцов имели обычный, известный из литературы [4–6], вид (см. рисунок). При этом достигаемая (к 100 часам отжига) концентрация ТД существенно зависела не только от концентрации кислорода (как следует из модели Кайзера [4]) но и от концентрации примесей золота и меди. В образце, прошедшем предварительное геттерирование (№ 2 по сравнению с № 1), наблюдалось подавление генерации ТД (рисунок, а). В то же время в образцах, легированных золотом, имело место ускорение процессов образования ТД (№ 4 по сравнению с № 3). Данный эффект усиливался при увеличении N_{Au} (№ 5 по сравнению с № 4, рисунок, б).

Полученные экспериментальные результаты не могут быть объяснены в рамках известной модели Кайзера, согласно которой максимальная концентрация ТД пропорциональна N_0^3 . Действительно, в образце, прошедшем геттерирование (№ 2), N_0 больше, чем в контрольном, прошедшем аналогичную ПВО (№ 1), а N_{TD} в нем была заметно ниже. Кроме того, N_0 в образце с большей концентрацией золота (№ 5) ниже, чем в образце с меньшей N_{Au} (№ 4), однако N_{TD} значительно выше. Такое несоответствие может быть объяснено с учетом зависимости эффективности введения ТД от присутствия центров их зародышеобразования [7]. По всей вероятности, БДП в кремнии являются такими центрами, что способствует ускорению процесса генерации ТД в кремнии, легированном золотом. В образце, прошедшем геттерирующую обработку (№ 2), концентрация указанных примесей была ниже, чем в контрольном образце (№ 1), что и привело к подавлению в нем процесса гене-



Изменение концентрации ТД в процессе ТО при 450 °С. Номера кривых соответствуют номерам образцов в таблице.

рации ТД. С другой стороны, ускорение диффузии кислорода, наблюдавшееся в присутствии железа и меди, нельзя исключить и для золота. По-видимому, в данном случае ускорение генерации ТД обеспечивает суперпозиция обоих механизмов.

Как следует из полученных результатов, загрязнение кремния БДП не только приводит к нестабильности электрофизических параметров, но также является причиной падения термостабильности материала, что требует поиска новых путей снижения концентрации таких примесей в кремнии, одним из которых может стать геттерующий отжиг с пленками тугоплавких металлов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] T i p p i n g A.K., N e w m a n R.C., N e u t o n D.C., T u c h e r I.H. // Mater. Sci. Forum. 1986. V. 10-12. N 3. P. 887-892.
- [2] И л ь и н М.А., К о в а р с к и й В.А., О р л о в А.В.// Заводская лаборатория. 1984. Т. 50. № 1. С. 24-32.
- [3] К у з н е ц о в Р.А. Активационный анализ. М., 1974. 248 с.
- [4] K a i z e r W., F r i s c h H.L., R e i s s H // Phys. Rev. 1958. V. 112. N 5. P. 1546-1554.
- [5] K a n a m o r i A., K a n a m o r i M. // J. Appl. Phys. 1979. V. 50. N 12. P. 8095-8101.
- [6] G a w o r z e w s k i P., S c h m a l z K. // Phys. Stat. Sol. 1983. V. A77, N 2. P. 571-582.
- [7] M a r k e v i c h V.P., M u r i n L.I. // Phys. Stat. Sol. 1989. V. A111. N 2. P. K149-K154.

Поступило в Редакцию
5 октября 1990 г.