

05

© 1991

ВЛИЯНИЕ УПРУГОСТИ ПАРОВ ДИФFUZАНТА
НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ АТОМОВ
И СТЕПЕНЬ КОМПЕНСАЦИИ ОБРАЗЦОВ $Si \langle Zn \rangle$ М.К. Бахадырханов, Н.Ф. Зикриллаев,
Э.У. Арикулов

Исследование свойств компенсированных и сильно компенсированных (СК) полупроводниковых материалов представляет не только научный интерес, но и имеет большое прикладное значение, т.к. в таких материалах наблюдается ряд интересных, ранее неизвестных физических явлений, на основе которых можно разработать целый класс новых чувствительных полупроводниковых приборов [1].

Однако широкое применение таких материалов ограничено тем, что технология получения компенсированных материалов с заданной степенью компенсации (K), особенно получения СК ($|1-K| \ll 1$) материалов представляет определенные трудности. Анализ показывает, что для получения СК материалов или точное управление степенью компенсации необходимо определить с большой точностью растворимости (N_p), концентрацию электроактивных атомов примесей (N_a), а также поддерживать температуру диффузии (T_d) постоянной, что не всегда удается на практике.

В данной работе приводятся результаты исследований, где показана возможность получения полупроводниковых материалов с заданными степенями компенсации не с помощью изменения температуры, а с изменением упругости паров диффузанта (УПД) при постоянной T_d . Как показали результаты исследований, полученные данные позволяют разработать новый способ технологического получения материалов с заданными K , а также объяснить существующие в литературе противоречивые данные по электрофизическим свойствам примесей с глубокими уровнями в кремнии [2-7].

Параметры образцов при различных значениях УПД ($T_D = 1150 \text{ }^\circ\text{C}$)

УДП (атм.)	Тип проводимости	Удельное сопротивление, Ом·см	Концентрация носителей, см ⁻³
0.1	п	1.79	$3.86 \cdot 10^{15}$
0.3	п	4.43	$1.42 \cdot 10^{15}$
0.5	п	$1.23 \cdot 10^2$	$7.79 \cdot 10^{13}$
0.75	п	$3.82 \cdot 10^3$	$1.93 \cdot 10^{12}$
0.85	п	$1.93 \cdot 10^4$	$4.81 \cdot 10^{11}$
1.00	п	$5.75 \cdot 10^4$	$1.40 \cdot 10^{11}$
1.25	р	$6.91 \cdot 10^4$	$4.47 \cdot 10^{11}$
1.50	р	$2.07 \cdot 10^3$	$1.46 \cdot 10^{13}$
4.00	р	$2.98 \cdot 10^2$	$9.62 \cdot 10^{13}$
Контрольный образец	п	1.3	$2.98 \cdot 10^{15}$
Исходный образец	п	1.01	$5.0 \cdot 10^{15}$

Нами была исследована диффузия цинка в кремнии из газовой фазы в интервале температур 900–1250 °С. Диффузия проводилась в кварцевых ампулах, откаченных до 10^{-6} мм рт. ст. с учетом и без учета УПД. При этом УПД определялось из массы диффузанта, температуры диффузии и объема ампулы с точностью ~5–10% и находилось в интервале от 0.1 до 4 атм.

В качестве исходного образца использованы бездислакационный монокристаллический кремний с удельным сопротивлением $\rho = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ при $T=300 \text{ К}$ с концентрацией кислорода $(6-7) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. В таблице № 1 показаны параметры образцов $Sz \langle Zn \rangle$ при $T = 1150 \text{ °С}$ в зависимости от УПД. Как видно из таблицы, при постоянной температуре диффузии меняя УПД от 0.1 до 4 атм., можно существенно (почти 2.5–3 порядка) увеличить концентрации электрически активных атомов и получить материал как компенсированный, так и перекомпенсированный с различными степенями компенсации, вплоть до собственной проводимости. Следует отметить, что с понижением температуры диффузии точка с $K=1$ сдвигается в сторону меньших значений по УПД. В то время диффузия без учета УПД практически не позволяет получить материал с воспроизводимыми электрофизическими параметрами (параметры материалов существенно отличаются друг от друга даже при одинаковых условиях диффузии). Для сравнения приведены некоторые литературные данные (табл. 2) по Zn в Sz . Из таблицы видно, что полученные данные различными авторами даже при одинаковых условиях диффузии существенно отличаются и практически не позволяют определить N_a атомов цинка и получения материала с заданной K . Видимо, влияние УПД на степень компенсации авторами не было учтено.

Т а б л и ц а 2

Параметры образцов диффузии			Параметры образцов после диффузии				
тип пр.	удельное сопротивление, Ом·см	концентрация носителей, см ⁻³	температура, T _d , °С	тип пр.	удельное сопротивление, Ом·см	концентрация носителей, см ⁻³	литература
п	0.3–0.5	$1.2 \cdot 10^{16}$	1100	п	$(4-150) \cdot 10^3$	$(6-10) \cdot 10^{11}$	5
п	2	$2.1 \cdot 10^{15}$	1200	р	2.5	10^{15}	2
п	2	$2.0 \cdot 10^{15}$	1100	п	$(8-150) \cdot 10^3$	10^{11} 10^{12}	4
п	7.5–10	$(5-6) \cdot 10^{14}$	1150	п	10^3	10^{12}	6
п	10	$5.0 \cdot 10^{14}$	1100	р	20	10^{15}	3

Результаты исследования температурной зависимости коэффициента Холла и *DLTS* показали, что параметры энергетических уровней, создаваемые атомами Zn , не зависят от УПД и совпадают с литературными данными.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Бахадырханов М.К., Зикриллаев Н.Ф. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 12. С. 2220-2222.
- [2] Болтакс Б.И., Бахадырханов М.К., Куликов Г.С., Педяш Э.М. // ФТП. 1970. Т. 4. В. 5. С. 873-878.
- [3] Капитонова Л.М., Костица Л.С., Лебедев А.А., Мамадалимов А.Т., Махкамов Ш. // ФТП. 1974. Т. 8. В. 4. С. 694-701.
- [4] Лебедев А.А., Мамадалимов А.Т., Махкамов Ш. // ФТП. 1973. Т. 7. В. 8. С. 1636-1638.
- [5] Коморовских К.Ф. // ФТП. 1985. Т. 19. В. 1. С. 145-147.
- [6] R a b i c S., R u m i n N. // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 9. P. 3988-3995.
- [7] Лебедев А.А., Мамадалимов А.Т. // ФТП. 1973. Т. 7. В. 8. С. 1470-1473.

Поступило в Редакцию
30 марта 1991 г.