

07; 11; 12

© 1992

АНОМАЛЬНАЯ ДИФФУЗИЯ АТОМОВ  $Ga$   
В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОМ СЛОЕ  $GaAs$ 

Н.Г.Д ж у м а м у х а м б е т о в, А.Г.Д м и т р и е в

Поскольку диффузия в полупроводниках осуществляется в основном по дефектам кристаллической решетки [1], а облучение приводит к образованию таких дефектов, то естественно ожидать влияние облучения на диффузию атомов.

Так, в работе [2] показано, что при температурах ниже 650–700°C атомы  $Zn$  в  $InAs$  и  $GaAs$  мигрируют по вакансиям мышьяка, поэтому увеличение концентрации вакансий, которое имеет место при облучении, приводит к росту коэффициента диффузии. Увеличение коэффициента диффузии наблюдается и в монокристаллах. Так, при  $T=700^\circ C$  коэффициент диффузии мышьяка в  $Gc$  при облучении в 3.8 раза больше, чем без облучения [3], в то время как в облученных кристаллах  $Si$  коэффициент диффузии дефектов и примесных атомов возрастает на 5–6 порядков [4].

В наших экспериментах изучалась диффузия поверхностных атомов  $Ga$  в модифицированных лазерным излучением кристаллах  $GaAs$ . Как сообщалось ранее [5], обработка монокристаллов  $GaAs$  импульсами лазерного излучения приводит к разложению соединения и возгонке мышьяка. При этом в модифицированном слое толщиной 20–30 мкм происходит преимущественно образование вакансий мышьяка, концентрация которых составляет  $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . Непосредственно у поверхности этих вакансий так много, что избыточный  $Ga$  образует макроскопические области металла.

Термический отжиг модифицированных кристаллов  $GaAs$  в атмосфере  $H_2$  при  $T=600^\circ C$  ( $t_{\text{отж}}=30$  мин) приводит к исчезновению поверхностных включений металлического  $Ga$  [6]. При этом в спектрах фотолюминесценции при 77 К, вместо характерной полосы 1.42 эВ, появляется полоса 1.32 эВ, природа которой связана с антиструктурными дефектами типа  $GaAs$ .

Если поверхностные включения металлического  $Ga$  стравить в соляной кислоте и произвести последующий термический отжиг модифицированных кристаллов  $GaAs$  в тех же условиях, то в спектрах фотолюминесценции полоса 1.32 эВ не обнаруживается. Следовательно, появление полосы 1.32 эВ в спектрах фотолюминесценции обусловлена диффузией поверхностных атомов  $Ga$  вглубь кристалла по вакансиям мышьяка, причем глубина диффузии, определенная по спектрам фотолюминесценции при послойном стравливании модифицированного слоя, составляет 15–17 мкм. Тогда коэффициент диффузии атомов  $Ga$  в модифицированных кристаллах  $GaAs$  может быть представлен в виде:

$$D = L^2/\tau$$

( $L$  – глубина диффузии;  $\tau$  – время термического отжига) и составляет  $14.2 \cdot 10^{-10}$  см<sup>2</sup>/с.

Коэффициент диффузии атомов  $Ga$  в исходном монокристалле  $GaAs$  определяется выражением

$$D = D_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right), \quad (1)$$

где  $D_0 = 1 \cdot 10^7$  см<sup>2</sup>/с;  $E_a = 5.6$  эВ – энергия активации. Согласно (1), коэффициент диффузии атомов  $Ga$  в исходных кристаллах  $GaAs$  при  $T = 600^\circ\text{C}$  составляет  $4.2 \cdot 10^{-26}$  см<sup>2</sup>/с.

Таким образом, коэффициент диффузии атомов  $Ga$  в модифицированных кристаллах  $GaAs$  значительно превосходит соответствующий параметр в исходном кристалле. Возможно это связано с образованием большого количества вакансий мышьяка и отклонением состава соединения в модифицированном слое от стехиометрического.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. Л., 1972. 384 с.
- [2] Болтакс Б.И., Рембеза С.И. // ФТТ. 1969. Т. 8. С. 2649–2653.
- [3] Peterson N., Ogilvie R. // Trans. Metall. Soc. 1959. V. 215. P. 873.
- [4] Маннанова Х.Х., Ниязов Х.Р., Ниязова О.Р. В кн.: Радиационно-стимулированные процессы в твердых телах. Ташкент: ФАН, 1969. С. 41.
- [5] Андреева В.Д., Анисимов М.И., Джумамухамбетов Н.Г., Дмитриев А.Г. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 6. С. 1010–1013.
- [6] Андреева В.Д., Джумамухамбетов Н.Г., Дмитриев А.Г. // ФТП. 1991. Т. 25. В. 9. С. 1624–1628.

Санкт-Петербургский государственный  
технический университет

Поступило в Редакцию  
29 ноября 1991 г.