

- [4] Бахадырханов М. К., Болтак Б. И., Болтак Г. С. // ФТТ. 1972. Т. 14. В. 6. С. 1671—1675.  
 [5] Адамбаев К., Зайцев В. К., Камылов Т. С., Куликов Г. С., Назыров Д. Э., Ордин С. В. // Поверхность. Физика, химия, механика. 1988. № 7. С. 66—70.

Физико-технический институт  
 им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
 Ленинград

Получено 11.01.1991  
 Принято к печати 28.01.1991

ФТП, том 25, вып. 6, 1991

## ОБРАЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛ ВОДОРОДА В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ *n*-ТИПА ПРИ ЕГО ГИДРОГЕНИЗАЦИИ

Рытова Н. С.

Диффузия нейтральных атомов водорода в полупроводниковый кристалл сопровождается их связыванием в молекулы. В условиях, когда тепловым развалом молекул можно пренебречь, и для времен, достаточно больших, чтобы установилось равновесие по реакции связывания водорода в комплексы с примесными атомами ( $8\pi r_H D_H H_0 t \gg 1$ ), образование молекул становится основным процессом, формирующим в кристалле вблизи его поверхности стационарный профиль атомарного водорода [1]:

$$H(x) = \frac{H_0}{(1 + x/x_0)^2}, \quad (1)$$

где

$$x_0 = (3/8\pi r_H H_0)^{1/2}. \quad (2)$$

Здесь  $H_0$  — концентрация атомарного водорода в кристалле у его поверхности,  $r_H$  — радиус захвата для реакции образования молекул водорода в кристалле,  $D_H$  — коэффициент диффузии атомарного водорода,  $t$  — время диффузии.

В этом случае приповерхностный подъем масс-спектрального профиля водорода (дейтерия)  $H_{\text{хим}}(x, t)$ , обусловленный молекулами, описывается выражением

$$H_{\text{хим}}(x, t) = 2 \int_0^t 4\pi r_H 2D_H H(x)^2 dt = \frac{16\pi r_H H_0^2 D_H t}{(1 + x/x_0)^4}. \quad (3)$$

Это выражение использовано здесь как для подтверждения самого факта образования молекул водорода в GaAs *n*-типа, так и для оценки коэффициента диффузии водорода в этом материале.

На рис. 1 представлены профили дейтерия, полученные в работе [2] методом масс-спектроскопии вторичных ионов (МСВИ) на низкоомных ( $n=1.0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ) образцах GaAs, легированных Sn, после 15-минутной термообработки в плазменном разряде при температурах 360 и 390 °С. Как следует из формулы (3), для  $x \gg x_0$

$$H_{\text{хим}}(x, t) = \frac{9D_H t}{4\pi r_H x^4}. \quad (4)$$

Из рисунка видно, что зависимости  $H_{\text{хим}}$  от  $x$ , построенные в двойном логарифмическом масштабе, обнаруживают наклон, с высокой точностью равный — 4. Эти зависимости дают  $9D_H t/4\pi r_H = 6.2$  при 360 °С и  $9D_H t/4\pi r_H = 2.5$  при 390 °С.

Положив  $r_H = 10^{-18}$  см и учтя поправочный множитель  $\sqrt{2}$ , связанный с тем что экспериментальные профили относятся не к водороду, а к дейтерию, который диффундирует медленней, получаем для коэффициента диффузии водорода

$$D_H(360^\circ\text{C}) = 1.4 \cdot 10^{-10} \text{ см}^2/\text{с}, \quad D_H(390^\circ\text{C}) = 5.5 \cdot 10^{-11} \text{ см}^2/\text{с}.$$

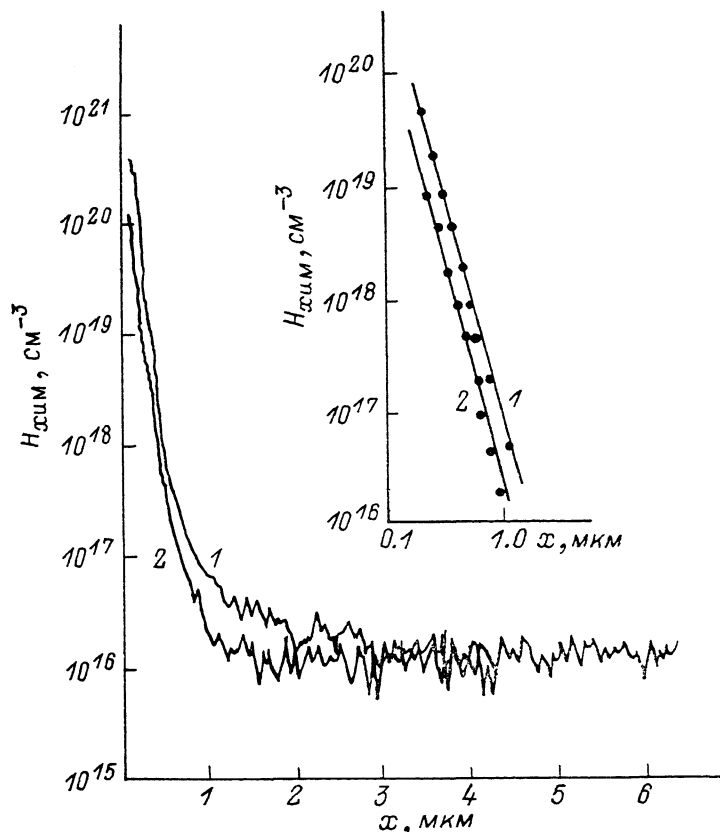


Рис. 1. МСВИ профили дейтерия, полученные на образцах GaAs (Sn) с исходной концентрацией электронов  $n=10^{16} \text{ см}^{-3}$  после 15-минутной гидрогенизации при 360 (1) и при 390 °C (2).

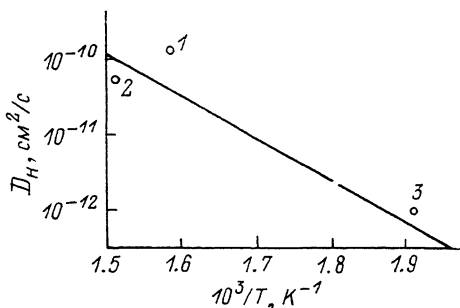
Эти значения вместе с точкой  $D_H(250^\circ\text{C})=10^{-12} \text{ см}^2/\text{с}$ , найденной в работе [1], хорошо согласуются с зависимостью

$$D_H = 0.0385 \exp(-1.13 \text{ эВ}/kT) \text{ см}^2/\text{с}, \quad (5)$$

полученной для GaAs(Zn) в работе [3] (рис. 2).

Рис. 2. Температурная зависимость коэффициента диффузии водорода  $D_H$  в GaAs.

Сплошная кривая, полученная в [3], описывается выражением (5), точки 1 и 2 вычислены из кривых 1 и 2 рис. 1, точка 3 определена из профилей пассивации доноров в [1].



Поскольку в работе [3] концентрация Zn в исходном дырочном материале составляла  $1.4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , а концентрация дейтерия в нем была на порядок выше, можно предположить, что полученный в [3] коэффициент диффузии, как и в нашем случае, относится к нейтральному водороду.

Автор приносит благодарность Э. М. Омеляновскому, А. В. Пахомову и А. Я. Полякову, предоставившим полученные ими ранее профили дейтерия в GaAs *n*-типа, проанализированные в данной работе.

#### Список литературы

- [1] Рытова Н. С. // ФТП. 1991. Т. 25. В. 6. С. 990—996.
- [2] Пахомов А. В., Поляков А. Я., Омеляновский Э. М., Говорков А. В., Бородин О. М., Брук А. С. // ФТП. 1988. Т. 2. В. 7. С. 1203—1207.
- [3] Johnson N. M., Burnham R. D., Street R. A., Thornton R. L. // Phys. Rev. 1986. V. B33. N 2. P. 1102—1105.

Государственный  
научно-исследовательский  
и проектный институт  
редкометаллической промышленности  
Москва

Получено 29.10.1990  
Принято к печати 31.01.1991

*ФТП, том 25, вып. 6, 1991*

## ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕАЛЬНУЮ СТРУКТУРУ КРИСТАЛЛОВ $Cd_xHg_{1-x}Te$

Пашаев Э. М., Каневский В. М., Пурцхванидзе А. А.,  
Перегудов В. Н.

Известно, что воздействие рентгеновского излучения на полупроводниковые кристаллы приводит к обратимым и необратимым изменениям их электрофизических свойств [1, 2]. В связи с этим нами проведено исследование влияния рентгеновского излучения на структуру кристаллов КРТ состава  $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$ . Исследуемые кристаллы КРТ были вырезаны в виде пластин толщиной 1 мм параллельно кристаллографическим плоскостям (111), что соответствует углу Брэгга  $\Theta_B \approx 12.2^\circ$  при использовании  $Cu K_\alpha$ -излучения. Измерения проводились по стандартной двухкристалльной методике при мощности рентгеновской трубки  $W=0.2$  кВт ( $U=20$  кВ и  $I=10$  мА). С целью исключения возможных изменений интенсивности рентгеновского излучения, отраженного от монохроматора, в качестве последнего вместо КРТ использовался высокосовершенный кристалл Ge (111)-отражения с  $\Theta_B \approx 13.5^\circ$ .

Как известно [3, 4], кристаллы КРТ характеризуются достаточно высокой степенью неоднородности состава. Например, в работе [5] было показано, что среднеквадратичная флуктуация состава  $\Delta x/x \approx 4.5\%$ . В связи с этим измерения дифракционных кривых проводились от фиксированной области кристалла размером (0.5×4 мм). Время экспозиции одной кривой дифракционного отражения составляло ~5 мин, промежуток между измерениями при отключенном источнике составлял 2 ч. Систематические измерения кривых от каждой фиксированной области кристалла продолжались около 5 сут.

При таком режиме измерения дифракционных кривых изменений их формы не было обнаружено, что указывает на стабильность структуры КРТ к воздействию рентгеновского излучения такой мощности. В то же время аналогичные измерения без отключения источника рентгеновского излучения, т. е. при постоянном облучении в течение 8 ч показали, что кривые дифракционного отражения испытывают трансформацию. Обнаруженные при этом режиме изменения являлись обратимыми, т. е. после прекращения воздействия излучения через некоторое время дифракционная картина возвращалась в исходное состояние.

В связи с этим возникает интерес проследить зависимость обнаруженного эффекта от интенсивности рентгеновского потока, воздействующего на исследуемый кристалл.