

ГЛУБОКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛОВУШКИ В ИСХОДНЫХ И ОТОЖЖЕННЫХ В ВОДОРОДЕ КРИСТАЛЛАХ n-InP

А.Н. Георгобиани, А.В. Микуленок, Н.Б. Пышная, И.М. Тигиняну,
В.В. Урсаки, В.А. Урсу

Методом нестационарной спектроскопии глубоких уровней обнаружены две электронные ловушки в n-InP с энергией активации термической эмиссии носителей 0,86 и 0,60 эВ. Установлено, что отжиг в водороде приводит к спаду концентрации ловушек E_1 и появлению новых ловушек E_3 с энергией активации 0,40 эВ.

Фосфид индия в сочетании с изопериодическими твердыми растворами на базе соединений A^3B^5 является перспективным материалом для создания приборов СВЧ диапазона и устройств волоконной оптики. В связи с этим исследование свойств кристаллов InP представляет несомненный интерес. Особенно важным является изучение локализованных состояний, определяющих характер рекомбинационных процессов в материале. В данной работе проведено исследование глубоких электронных ловушек в исходных и отожженных в водороде монокристаллах n-InP методом нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (НЕСГУ) по методике, предложенной в работе /1/. Для емкостных измерений на поверхностях пластин с ориентацией (100) были изготовлены барьеры Шоттки Ni-InP термическим распылением никеля в вакууме. Барьеры Шоттки формировались как на исходных кристаллах n-InP, так и на отожженных в водороде при 300 – 500 °С в течение 1 часа. Площадь контакта составляла ~ 1,0 мм². Методика эксперимента подробно описана в /2/.

На вставке рис. 1 представлена вольт-емкостная характеристика барьеров Шоттки Ni-n-InP, снятая при комнатной температуре. Видно, что зависимость $1/C^2 = f(U)$, где C – емкость барьера, U – приложенное

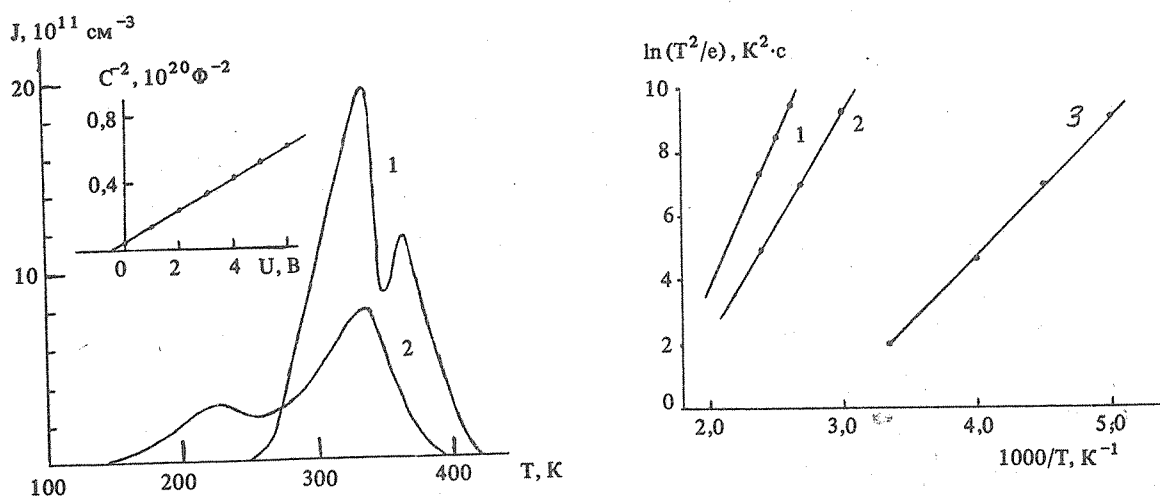


Рис. 1. Кривые НЕСГУ J исходных (1) и отожженных в H_2 при 500 °С (2) кристаллов n-InP. На вставке показана вольт-емкостная характеристика барьера Шоттки Ni-n-InP при 300 К.

Рис. 2. Температурная зависимость скорости эмиссии носителей для ловушек E_1 (1), E_2 (2) и E_3 (3).

обратное смещение, является прямой линией. Высота барьера Шоттки, определенная по напряжению отсечки вольт-емкостной характеристики, составляет $\varphi_B \sim 0,60$ эВ. Наклон кривой определяется концентрацией основных носителей в материале, т.е. концентрацией электронов. Рассчитанная величина n равна $1,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Отметим, что отжиг фосфида индия в H_2 в интервале температур 300 – 500 °С не приводит к заметным изменениям вольт-емкостных характеристик барьеров Шоттки на его основе.

На рис. 1 приведены кривые НЕСГУ исходного и отожженного в водороде при 500 °С $n\text{-InP}$. Для исходных кристаллов характерно наличие двух электронных ловушек, обозначенных E_1 и E_2 . В результате отжига при 500 °С существенно уменьшается концентрация ловушек E_1 и образуются новые электронные ловушки E_3 . Эти изменения не наблюдаются в случае отжига при температурах 300 и 400 °С.

Для нахождения параметров обнаруженных уровней были построены температурные зависимости скорости эмиссии e носителей с ловушек (рис. 2). В результате анализа этих зависимостей определены энергии активации уровней E_t , сечения захвата ими электронов σ и концентрации N_t , которые приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

П а р а м е т р ы э л е к т р о н н ы х л о в у ш е к в $n\text{-InP}$

Параметр Ловушка	E_t , эВ	σ , см ²	N_t , см ⁻³	
			исх. крист.	отж. 500 °С
E_1	0,86	$5 \cdot 10^{-14}$	$1,2 \cdot 10^{12}$	10^{11}
E_2	0,60	$5 \cdot 10^{-16}$	$2 \cdot 10^{12}$	$8,3 \cdot 10^{11}$
E_3	0,41	$5 \cdot 10^{-15}$	—	$3 \cdot 10^{11}$

Сравнивая полученные результаты с литературными данными можно предположить, что ловушка E_1 соответствует уровню С, который в работе /3/ был связан с дефектом P_{In} . Ловушка E_2 имеет параметры, близкие к уровню E_2 , приписанному авторами /4/ дефекту P_i или V_{In} . Что касается ловушек E_3 , то аналогичные уровни наблюдали авторы /4/ и /5/ (соответственно E_5 и E в их обозначениях), которые связали их с комплексами, образованными вакансиями фосфора с другими дефектами решетки или примесями.

В заключение отметим, что ловушка E_1 может соответствовать тому же дефекту фосфида индия, что и дырочная ловушка H_3 , обнаруженная в $p\text{-InP}$ /2/, поскольку сумма их энергий активации (0,86 и 0,51 эВ) согласуется с шириной запрещенной зоны соединения.

Авторы выражают благодарность З.П. Илюхиной за проведение отжигов и Ф.А. Скакуну за техническое содействие.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Lang D. V. J. Appl. Phys., 45, N 7, 3023 (1974).
2. Георгобини А. Н. и др. Препринт ФИАН № 56, М., 1986.
3. Inuishi M., Wessels B.W. Thin Solid Films, 103, 141 (1983).
4. Yamazoe Y. et al. Jap. J. Appl. Phys., 20, N 2, 347 (1981).
5. Wada O., Majerfield A., Choudhury A. N. M. M. J. Appl. Phys., 51, N 1, 423 (1980).

Поступила в редакцию 1 марта 1988 г.