

ВЛИЯНИЕ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ МЫШЬЯКА НА СПЕКТР ЭЛЕКТРОННЫХ ЛОВУШЕК В КРИСТАЛЛАХ n-GaAs

А.Н. Георгобиани, Н.Б. Пышная, Ф.А. Скакун, И.М. Тигиняну, В.В. Урсаки

Методом нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней обнаружены два типа электронных ловушек в кристаллах n-GaAs с энергией активации термической эмиссии носителей 0,83 (EL2) и 0,41 эВ (EL5). Установлено, что имплантация ионов мышьяка приводит к росту концентрации ловушек EL2, а отжиг в водороде – к уменьшению концентрации ловушек EL5.

Арсенид галлия является одним из базовых материалов современной полупроводниковой электроники. В связи с этим представляет интерес изучение его электронной структуры. В данной работе проведено исследование электронных ловушек в исходных, имплантированных ионами As^+ и отожженных в водороде специально нелегированных монокристаллах n-GaAs методом нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (НЕСГУ) по методике, предложенной в работе [1].

Концентрация носителей и их подвижность в исходных кристаллах составляли соответственно $2 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и $5770 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$. Для емкостных измерений на поверхности пластин с ориентацией (100) были изготовлены барьеры Шоттки Au-n-GaAs термическим распылением золота в вакууме. Они формировались на исходных кристаллах n-GaAs и на образцах, имплантированных ионами As^+ и отожженных в водороде при $T = 600\text{--}800 \text{ }^\circ\text{C}$. Площадь контакта составляла $\sim 1,0 \text{ мм}^2$.

На рис. 1 приведены кривые НЕСГУ исходных, имплантированных ионами As^+ при дозах $D = 1,4 \cdot 10^{15}$ и $1,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ и отожженных в водороде при температурах 650 и 750 $^\circ\text{C}$ кристаллов n-GaAs. Для исходных

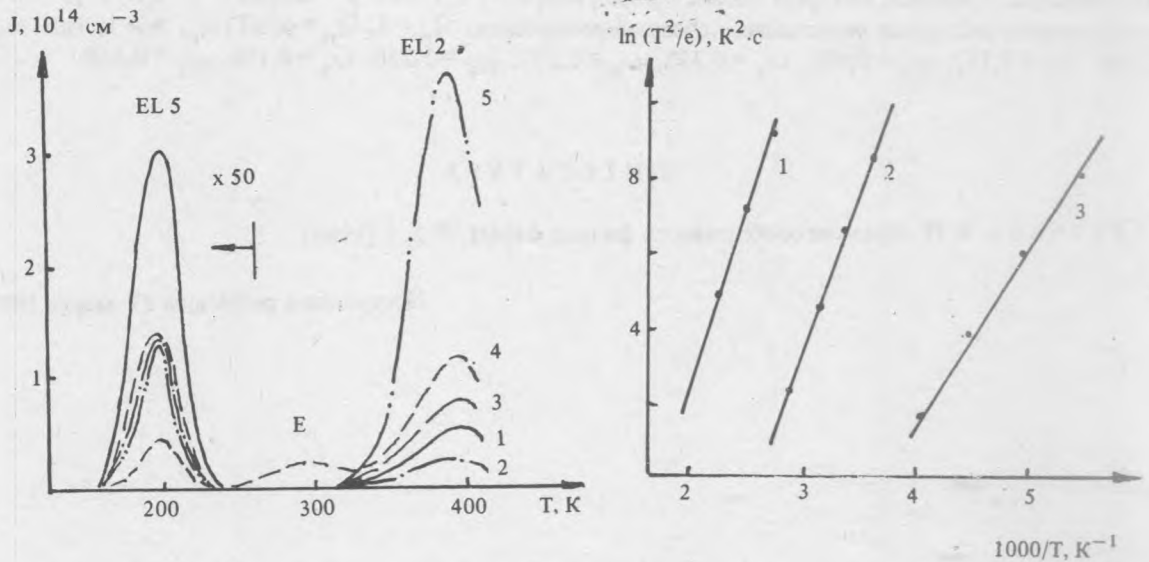


Рис. 1. Кривые НЕСГУ кристаллов n-GaAs при $\nu = 120 \text{ с}^{-1}$: 1 – исходный кристалл; 2 – отжиг в H_2 при $650 \text{ }^\circ\text{C}$; 3 – имплантация As^+ , $D = 1,4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, $T_{отж} = 650 \text{ }^\circ\text{C}$; 4 – имплантация As^+ , $D = 1,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, $T_{отж} = 750 \text{ }^\circ\text{C}$; 5 – имплантация As^+ , $D = 1,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, $T_{отж} = 650 \text{ }^\circ\text{C}$.

Рис. 2. Температурная зависимость скорости эмиссии носителей для ловушек EL 2 (1), E (2) и EL 5 (3).

кристаллов характерно наличие двух типов электронных ловушек, обозначенных EL2 и EL5 (по аналогии с классификацией работы /2/). В результате имплантации ионов мышьяка увеличивается концентрация ловушек EL2. Отжиг в водороде при умеренных температурах приводит к уменьшению плотности ловушек EL5, тогда как отжиг при $T \geq 750^\circ\text{C}$ приводит к образованию новой электронной ловушки E.

Для нахождения параметров обнаруженных состояний 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_t и концентрации ловушек N_t , значения которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры электронных ловушек в n-GaAs

Тип ловушки	$E_t, \text{эВ}$	$\sigma_t, \text{см}^2$	$N_t, \text{см}^{-3}$		
			1*	2*	3*
EL2	0,83	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$5,3 \cdot 10^{13}$	$2,6 \cdot 10^{13}$	$1,2 \cdot 10^{14}$
EL5	0,41	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$6 \cdot 10^{12}$	$2,8 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^{12}$
E	0,77	$8 \cdot 10^{-11}$	—	—	$2 \cdot 10^{13}$

* Номера образцов: 1 — исходный кристалл; 2 — отжиг в H_2 , $T_{\text{отж}} = 650^\circ\text{C}$; 3 — имплантация As^+ , $D = 1,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, $T_{\text{отж}} = 750^\circ\text{C}$.

Обсудим вопрос о возможной природе обнаруженных ловушек.

Вначале ловушка EL2 связывалась с кислородом, но дальнейшие эксперименты опровергли эту гипотезу и показали, что ее наличие обусловлено недостатком галлия в материале /3/. В результате более детальных исследований /4/ было сделано предположение о связи ловушки EL2 с антиструктурным дефектом As_{Ga} или с комплексом, в состав которого входит данный дефект. Что касается ловушки EL5, то авторы /2/ сделали предположение о ее связи с точечным дефектом или с комплексом точечный дефект — примесь. В работе /5/ сообщается о ловушке, близкой по параметрам к наблюдаемой ловушке E. Предполагается, что она обусловлена кислородом.

Таким образом, имплантация ионов мышьяка в монокристаллы n-GaAs вызывает рост концентрации ловушек EL2, связанных, вероятно, с антиструктурным дефектом As_{Ga} , а отжиг в водороде — к уменьшению концентрации ловушек EL5. Отжиг при температуре выше 750°C приводит к появлению новой ловушки E с энергией активации 0,77 эВ.

Авторы благодарны З.П. Илюхиной за проведение отжига образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lang D. V. J. Appl. Phys., 45, 3023 (1974).
2. Martin G. M., Mitoneau A., Mircea A. Electron. Lett., 13, 191 (1977).
3. Willardson R. K. Semiconductors and Semimetals. Academic Press, N-Y., 1983.
4. Martin G. M., Makram — Ebeid S. Acta Electronica, 25, 133 (1983).
5. Pons D et al. Inst. Phys. Conf. Ser., N 46, 352 (1978).

Поступила в редакцию 17 марта 1989 г.