

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ КРИСТАЛЛА ТИТАНАТА ВИСМУТА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЗАСВЕТКЕ

Т. А. Корниенко¹, М. Г. Кистенева², А. Л. Толстик¹, С. М. Шандаров²

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники, Томск, Россия

E-mail: tankorni@mail.ru

Относящиеся к классу силленитов кристаллы титаната висмута обладают фоторефрактивными свойствами, хорошей светочувствительностью и высокой подвижностью носителей заряда, что позволяет достичь малых времен нелинейного отклика при низких интенсивностях лазерного излучения.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований и численной аппроксимации зависимости фототока от интенсивности непрерывной засветки лазерным излучением с длиной волны 632,8 нм в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (ВТО).

В экспериментах по исследованию фотопроводимости пучком света от гелий-неонового лазера ($\lambda=632,8$ нм) равномерно засвечивалась вся межэлектродная область кристалла. Перпендикулярно направлению распространения пучка к кристаллу прикладывалось постоянное внешнее электрическое напряжение $U_{кр} = 15$ В, расстояние между электродами составляло 2,5 мм.

Результаты экспериментальных исследований фотопроводимости кристалла ВТО приведены на рис. 1. Из рис. 1 видно, что с увеличением интенсивности засветки фототок возрастает. Экспериментально было показано, что величина фотопроводимости не зависит от поляризации засвечивающего излучения.

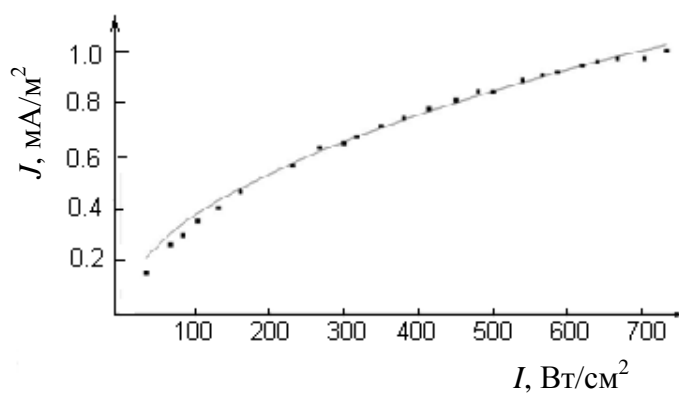


Рис. 1. Экспериментальная (точки) и расчетная (сплошная линия) зависимости плотности фототока J в кристалле ВТО от интенсивности засветки I с длиной волны 632,8 нм

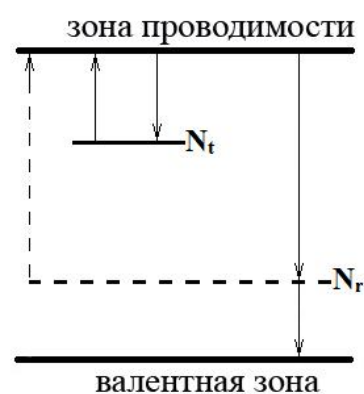


Рис. 2. Схема энергетических уровней в запрещенной зоне кристалла

Для описания экспериментальных зависимостей фототока от интенсивности была использована модель, предполагающая наличие в запрещенной зоне кристалла уровня рекомбинации (N_r) и уровня прилипания (N_t), расположенного вблизи дна зоны проводимости (рис. 2). Под действием лазерной засветки происходит возбуждение электронов с уровня рекомбинации в зону проводимости. Электроны из зоны проводимости могут захватываться центрами прилипания и рекомбинировать на центры N_r . Также возможно термическое возбуждение электронов с центров прилипания в зону проводимости. В этом случае можно записать систему кинетических уравнений в виде:

$$\frac{dn}{dt} = S_r N_r I - C_{nt} n (N_t - n_t) + C_{nt} N_c \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) n_t - C_{nr} n P_r, \quad (1)$$

$$\frac{dn_t}{dt} = C_{nt} n (N_t - n_t) - C_{nt} N_c \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) n_t, \quad (2)$$

$$\frac{dP_r}{dt} = S_r N_r I - C_{nr} n P_r + C_{pr} (N_r - p_r) p, \quad (3)$$

где I – интенсивность засветки; n_t , N_t – концентрация заполненных центров прилипания и их общая концентрация, соответственно; P_r , N_r – концентрация пустых центров рекомбинации и их общая концентрация, соответственно; C_{nt} , C_{nr} – коэффициенты захвата электронов центрами прилипания и рекомбинации, соответственно; N_c – эффективная плотность состояний в зоне проводимости; E_t – энергетический зазор между центром прилипания и дном зоны проводимости.

Решение уравнений (1) – (3) в стационарном случае позволяет найти концентрацию электронов в зоне проводимости в следующем виде:

$$n = \sqrt{\frac{S_r N_r I}{C_{nr} \left(1 + \frac{N_t}{N_c} \exp\left(\frac{E_t}{kT}\right)\right)}}, \quad (4)$$

Таким образом, зависимость фототока от интенсивности лазерной засветки описывается сублинейной функцией. Полученная с помощью (4) расчетная зависимость фототока (рис. 1, сплошная линия) удовлетворительно описывает полученные экспериментальные результаты, которые могут быть использованы для анализа процесса записи изображений и при построении систем оптической обработки информации. Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2013 г. (проект № 7.2647.2011) и при поддержке РФФИ (грант № 12-02-90038-Бел_а) и БРФФИ (грант № Ф12Р-222).