

Эффективная масса электронов в $Mn_xHg_{1-x}Te$

© И.М. Несмелова[†]

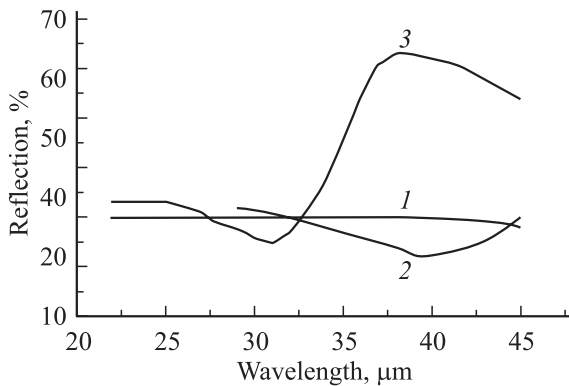
НПО Государственный институт прикладной оптики,
420075 Казань, Россия

(Получена 23 декабря 2002 г. Принята к печати 4 февраля 2003 г.)

Исследованы спектры отражения монокристаллов и эпитаксиальных слоев n - $Mn_xHg_{1-x}Te$ при 300 К. Определены экспериментальные значения эффективной массы электронов для образцов с $x = 0.06-0.10$ и концентрацией электронов $N > 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Рассчитанные значения электронной эффективной массы близки к экспериментальным.

Твердые растворы ⟨теллурида марганца⟩–⟨теллурида ртути⟩ $Mn_xHg_{1-x}Te$ (МРТ), альтернативные ведущему материалу инфракрасной (ИК) оптоэлектроники ⟨теллуриду кадмия⟩–⟨теллуриду ртути⟩ (КРТ), обладают более прочными химическими связями и соответственно более высокой стабильностью электрофизических свойств [1]. Однако некоторые фундаментальные параметры МРТ изучены недостаточно, а в ряде случаев имеются лишь их расчетные значения, не подтвержденные экспериментом.

В настоящей работе были изучены спектры отражения образцов МРТ n -типа с целью определения эффективных масс электронов в зависимости от концентрации электронов и содержания теллурида марганца.



Спектры отражения образцов $Mn_xHg_{1-x}Te$ при $T = 300 \text{ К}$; концентрация электронов $N, 10^{17} \text{ см}^{-3}$: 1 — 0.6, 2 — 1.5, 3 — 5.5; мольная доля $MnTe$ x : 1 — 0.09, 2 — 0.06, 3 — 0.10.

Измерения проводились при 300 К на спектрометре ИКС-21 в области спектра 20–45 мкм. Исследовались образцы с концентрацией нескомпенсированных доноров $N = (6-60) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, полученных методами рекристаллизации из двухфазной смеси с подпиткой расплава и жидкофазной эпитаксии из расплава теллура.

Спектры отражения некоторых образцов представлены на рисунке. Для образцов с $N > 10^{17} \text{ см}^{-3}$ наблюдались характерные плазменные минимумы λ_{\min} , по положению которых были рассчитаны эффективные массы электронов по формуле

$$m_n/m_0 = (e^2 N \lambda_{\min}^2) / (\pi c^2 \epsilon_\infty m_0),$$

где диэлектрическая постоянная $\epsilon_\infty = n^2$ (n — показатель преломления) определялась по данным работы [2].

Теоретические значения эффективных масс электронов рассчитывались по теории Кейна. Если выполняется условие $E_g \ll \Delta$, то в случае сферически симметричных энергетических зон и вырожденного электронного газа

$$m_n/m_0 = \left\{ 1 + (4/3P^2 m_0) / \hbar^2 \times [E_g^2 + 8/3P^2 (3\pi^2 N)^{2/3}]^{-1/2} \right\}^{-1},$$

что идентично выражению, полученному в работе [3]. Значения ширины запрещенной зоны E_g и матричного элемента Кейна P в зависимости от x и температуры T определялись с помощью эмпирических формул из работы [3]. Электрические параметры образцов, представленных на рисунке, а также экспериментальные и расчетные значения эффективных масс электронов даны в таблице. Данные эксперимента удовлетворительно согласуются с расчетом и с теоретическими значениями, полученными в работе [4].

Характеристика образцов при $T = 300 \text{ К}$ и эффективные массы электронов твердых растворов $Mn_xHg_{1-x}Te$

Мольная доля $MnTe$ x	$N, 10^{17} \text{ см}^{-3}$	$\mu, 10^4 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$	$\lambda_{\min}, \text{ мкм}$	ϵ_∞	m_n/m_0	m_n/m_0
					эксперимент	теория
0.09	0.6	8.0	—	13.68	—	0.0194
0.06	1.5	5.0	40.5	13.68	0.0162	0.0190
0.10	5.5	1.3	31.0	13.10	0.0360	0.0345

Примечание. N — концентрация электронов, μ — подвижность, λ_{\min} — длина волны плазменного минимума в спектре отражения.

Заметим, что эффективные массы электронов в твердом растворе МРТ несколько больше, чем в КРТ (см., например [5]) при сопоставимых величинах N, x, T . Различия увеличиваются с ростом N . Это в первую очередь говорит о большей плотности электронных состояний в образцах $Mn_xHg_{1-x}Te$.

Выражаю благодарность Л.Н. Чечериной за проведение гальваномагнитных измерений.

[†] E-mail: eugene@mi.ru

Список литературы

- [1] A. Rogalski. Infr. Phys., **31** (2), 117 (1991).
- [2] И.М. Несмелова, И.М. Лаврентьева, Н.С. Барышев, Н.П. Цицина. ЖПС, **63** (3), 510 (1996).
- [3] A. Rogalski, K. Jozwikowski. Phys. St. Sol. (a), **122** (1), K39 (1990).
- [4] О.А. Боднарук, И.Н. Горбатюк, С.Э. Остапов, И.М. Раренко. ФТП, **26** (3), 463 (1992).
- [5] И.М. Несмелова. *Оптические свойства узкощелевых полупроводников* (Новосибирск, Наука, 1992).

Редактор Т.А. Полянская

Electron Effective Mass in a $Mn_xHg_{1-x}Te$ System

I.M. Nesmelova

State Institute of Applied Optics,
420075 Kazan, Russia

Abstract The reflectivity spectra at 300 K of n - $Mn_xHg_{1-x}Te$ single crystals and epitaxial layers have been investigated. Experimental and theoretical parameters of electron effective masses for $x = 0.06 \dots 0.1$ and $N > 6 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ have been determined.