

06;07  
©1995

## ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

*А.А.Лебедев, Ю.В.Рудь*

Все известные к настоящему времени исследования фотолюминесценции (ФЛ) теллурида кадмия и электролюминесценции различных диодных структур на его основе посвящены изучению “краевого излучения” с энергией вблизи ширины запрещенной зоны этих кристаллов ( $E_G$ ), а также широкого набора чувствительных к дефектной структуре длинноволновых полос излучения [1–4]. Происхождение последних все еще остается предметом дискуссий и догадок, отражая естественную взаимосвязь процессов выращивания и термообработки CdTe с условиями термодинамического равновесия в системе кристалл–паровая фаза. Поэтому все основные исследования ФЛ столь важного для практического применения теллурида кадмия (см., например, [5]) посвящены излучательным переходам с участием дефектов, т. е. в области  $\hbar\omega \leq E_G$ . В последние годы научный мир всколыхнула проблема, связанная с обнаружением яркой фотолюминесценции в так называемом пористом кремнии [6–9]. Для объяснения наблюдаемого явления выдвинуты несколько гипотез, и в настоящее время происходит, в основном, поиск адекватной множеству экспериментальных фактов физической модели. В этом смысле представляет несомненный интерес расширение круга объектов, в которых в результате определенных воздействий может возникать люминесценция в области  $\hbar\omega > E_G$ . Настоящая работа лежит в русле таких исследований и посвящена предварительным исследованиям коротковолновой фотолюминесценции в CdTe, подвергнутом анодному травлению с целью создания в его приповерхностной области слоев со структурой, подобной пористому кремнию.

Анодное травление *p*-CdTe производилось в 48% водном растворе HF с добавкой 1–2 объемных процентов 78% HNO<sub>3</sub>. Исходный CdTe имел концентрацию дырок  $\simeq 10^{16}$  –  $10^{17}$  см<sup>-3</sup>, удельное сопротивление при 300 К порядка 10 Ом·см и ориентацию (110). Плотность тока при травлении была 100–400 мА/см<sup>2</sup>, длительность травления 25–60 мин.

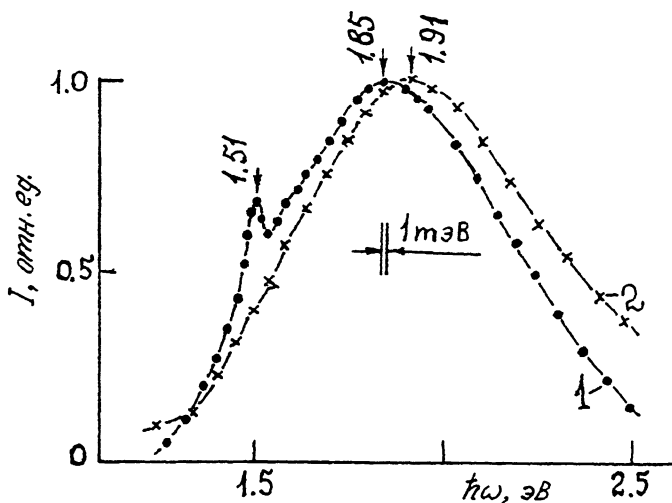


Рис. 1. Типичные спектральные зависимости фотолюминесценции в 2-х точках анодированного  $p$ -CdTe при 300 К. Диаметр возбуждающего пятна  $\approx 4$  мм.

Измерение спектров ФЛ производилось при стационарном возбуждении излучением аргонового лазера с  $\hbar\omega \approx 2.7$  эВ и плотности излучения  $\approx 0.1$  Вт/см<sup>2</sup>. Спектры ФЛ несколько отличались в разных точках пористого CdTe. Полученные спектры ФЛ были нормированы с учетом спектральной чувствительности фотоприемника и оптического пропускания излучения измерительным трактом установки. Спектральное разрешение, реализованное на исследованных образцах, было не хуже 1 мэВ.

Типичные спектральные зависимости фотолюминесценции подвергнутых анодному травлению образцов  $p$ -CdTe приведены на рис. 1 и 2. Главные особенности излучательной рекомбинации, возникающей в результате обработки CdTe в приведенных выше условиях, сводятся к следующему.

При фотовозбуждении полученных слоев CdTe с энергией квантов  $\hbar\omega \geq E_G$ , как видно из рис. 1, возникает широкая полоса фотолюминесценции, энергетическое положение максимума  $\hbar\omega_m$  которой локализовано в глубине фундаментального поглощения CdTe ( $\hbar\omega > E_G$ ). Энергия максимума в полосе ФЛ несколько различается в разных точках образца (рис. 1, кривые 1 и 2). В других исследованных образцах спектры ФЛ травленного CdTe были аналогичными. Обращает на себя внимание высокое значение полной ширины этих полос на их полувысоте  $\delta_{1/2} \approx 67 - 730$  мэВ, что мо-

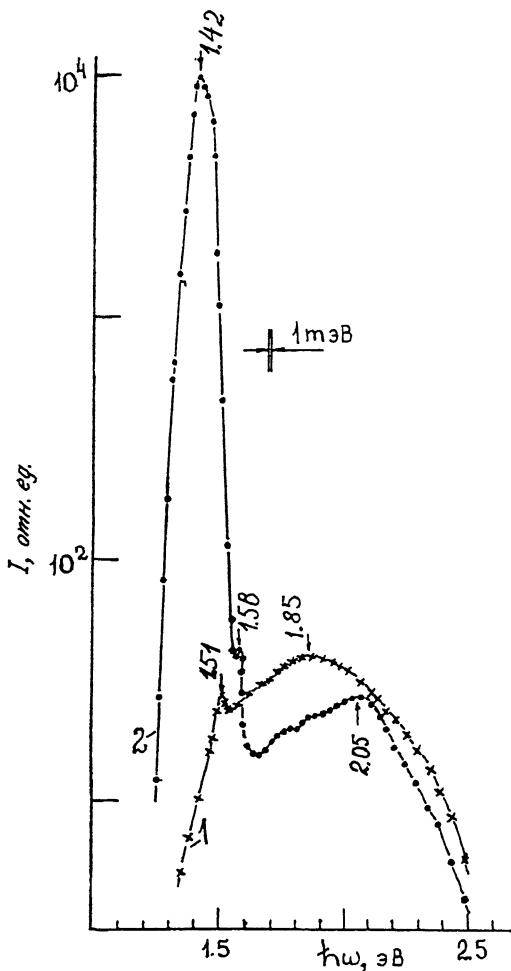


Рис. 2. Спектральные зависимости фотолюминесценции "пористого" CdTe при  $T$ , К: 1 — 300, 2 — 77.

жет указывать на их неэлементарный характер. На длинноволновом спаде спектральной зависимости ФЛ четко проявляется особенность в виде максимума или перегиба при  $\hbar\omega_m \simeq 1.51$  эВ и спектральное положение позволяет связать ее с краевым излучением в объемном CdTe, что согласуется с известными данными [1-4]. Главная закономерность обнаруженной ФЛ состоит в том, что она возникает и доминирует при  $T = 300$  К в видимой спектральной области ( $\hbar\omega_m > E_G$ ). Такая закономерность была ранее обнаружена в пористом кремнии [6-9], что позволяет предполагать,

что и в теллуриде кадмия анодное травление сопровождается аналогичными эффектами, обуславливающими появление видимого излучения. При использованных режимах фотовозбуждения пленок фотолюминесценция хорошо видна глазом и имеет желто-зеленую окраску.

С понижением температуры до 77 К краевая ( $\hbar\omega_m = 1.578$  эВ) и примесная ( $\hbar\omega_m = 1.42$  эВ) ФЛ становится доминирующей, тогда как коротковолновая широкая полоса по-прежнему проявляется в спектральных зависимостях ФЛ всех полученных пленок (рис. 2). Максимум этой полосы при понижении температуры смещается в коротковолновую сторону от 1.85 к 2.05 эВ в конкретной точке, а интенсивность ее в максимуме при 77 К несколько падает по сравнению с  $T = 300$  К. Смещение максимума краевого излучения от 1.51 до 1.42 эВ можно характеризовать температурным коэффициентом  $\alpha = -3 \cdot 10^{-4}$  эВ/К, что близко к известному значению для CdTe [1].

Таким образом, анодное травление монокристаллов CdTe сопровождается появлением широкой полосы фотолюминесценции в глубине его фундаментального поглощения, что может быть связано как с низкоразмерными эффектами, так и с образованием на поверхности CdTe слоев, состав которых не соответствует теллуриду кадмия.

#### Список литературы

- [1] *De Nobel D.* // Phil. Res. Rep., 1959. V. 14. P. 361; 1959. V. 14, P. 430.
- [2] *Phys. and Chem. of II-VI Compounds.* / Ed. by M. Aven, J.S. Prener. North-Holland Publ. Comp. Amsterdam, 1967.
- [3] *Вавилов В.С., Нолле Э.Л.* В сб.: Теллурид кадмия. М.: Наука, 1968. С. 78.
- [4] *Рудь Ю.В., Санин К.В., Шретер Ю.Г.* // ФТП. 1971. Т. 5. С. 652.
- [5] *Аркадьев Е.Н., Маслова Л.В., Матвеев О.А., Рудь Ю.В., Рыжкин С.М.* // ФТП. 1967. Т. 1. С. 805.
- [6] *Sanham L.T.* // Appl. Phys. Lett. 1990. V. 57. N 10. P. 1046.
- [7] *Lehmann V., Gösele U.* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 58. P. 856.
- [8] *Лебедев А.А., Ременюк А.Д., Рудь Ю.В.* // ФТП. 1993. Т. 27. В. 11/12. С. 1846.
- [9] *Astrova E.V., Belov S.V., Lebedev A.A., Remenuk A.D., Rud' Yu.V.* // Phys. Low-Dim. Struct. 1994. V. 4/5. P. 47.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию  
5 сентября 1994 г.