

СВОЙСТВА СЛОЕВ CdSe, ВЫРАЩЕННЫХ НА ПОДЛОЖКАХ КУБИЧЕСКОЙ И ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИЙ

© М.М.Березовский, Е.В.Мазний

Черновицкий государственный университет,
274012 Черновцы, Украина
(Поступило в Редакцию 29 июня 1995 г.)

Применение метода реакций твердофазного замещения позволило существенно увеличить число пар среди широкозонных II-VI соединений для создания гетеропереходов с низкой концентрацией дефектов на границе раздела [1-6]. Характеристики диодных структур во многом определяются параметрами гетерофазного слоя, которые в свою очередь зависят от параметров используемой полупроводниковой подложки. В данной работе описаны электрические и оптические свойства слоев CdSe, выращенных на материалах с различной кристаллической структурой.

Исходными подложками служили монокристаллические подложки гексагонального α -CdS и кубического β -ZnSe, ориентированные в плоскостях (0001) и (111) соответственно. Удельное сопротивление кристаллов при 300 К находилось в пределах $10^8 - 10^{10} \Omega \cdot \text{см}$. Слои CdSe создавались путем изотермического отжига пластин CdS и ZnSe в насыщенных парах Se и Cd соответственно при температуре 1100 К в течение 2 ч. После термообработки поверхность сульфида кадмия приобретает черный цвет, а селенида цинка — красный. Изучение ямок травления полученных слоев показало, что их микроструктура соответствует кристаллической структуре исходных подложек, т.е. в результате замещения образуется CdSe гексагональной и кубической модификаций.

Сказанное подтверждается результатами исследований спектров оптического поглощения (рис. 1). По оси ординат отложена величина $K_\omega = \ln(I_0/I)$, где I_0 — интенсивность падающего света, а I — интенсивность света, прошедшего через образец. Согласно [7], спектральная зависимость производной $dK_\omega/d(\hbar\omega)$ должна иметь вид кривой с максимумом, положение которого $\hbar\omega_{\text{max}}$ соответствует ширине запрещенной зоны E_g слоя. Экспериментальные значения E_g , найденные из графиков рис. 1 (вставка), составляют 1.75 и 2.0 eV и согласуются с шириной запрещенной зоны α - и β -CdSe соответственно [8]. Производная в точке максимума, согласно [7], равна

$$K'_\omega = \frac{dK_\omega}{d(\hbar\omega)} = \frac{Ad}{B}, \quad (1)$$

где d — толщина гетерослоя, A и B — коэффициенты, не зависящие от $\hbar\omega$. Из (1) следует, что абсолютное значение производной должно увеличиваться с ростом толщины слоя и уменьшаться с увеличением концентрации носителей в нем. Указанные зависимости хорошо оправдываются на опыте. Оценка толщины слоев с помощью

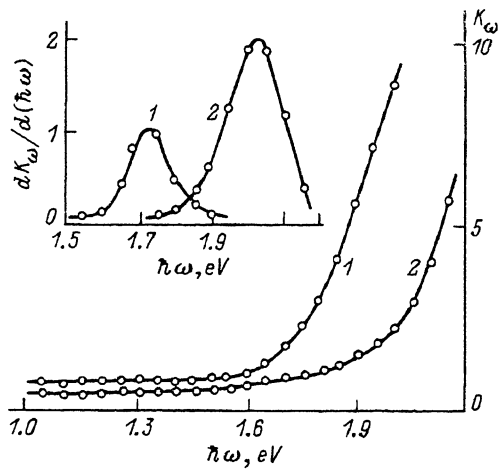


Рис. 1. Спектры оптического поглощения слоев α -CdSe (1) и β -CdSe (2) при 300 К.

На вставке — спектральные зависимости производных $dK_\omega/d(\hbar\omega)$ тех же слоев.

металл-микроскопа приводит к значениям $d_1 = 200 \mu\text{m}$ и $d_2 = 500 \mu\text{m}$ для α - и β -CdSe соответственно. Проводимость же их практически одинакова и при 300 К составляет $\sim 0.1 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Следовательно, отношение производных должно быть равным отношению толщин, т.е. $K'_{\omega 2}/K'_{\omega 1} = d_2/d_1 = 2.5$, что близко к опытному значению (вставка на рис. 1).

Спектры фотолюминесценции полученных слоев состоят из узких (полуширина $\sim 2 \text{kT}$) линий, положение максимума которых различно для α - и β -CdSe (рис. 2). Форма полос и значение $\hbar\omega_{\text{max}}$ свидетельствуют в пользу межзонной рекомбинации свободных электронов и дырок. В этом случае спектральное распределение числа фотонов в единичном интервале энергий описывается выражением [9]

$$N_\omega \sim (\hbar\omega - E_g)^{1/2} \exp\left(-\frac{\hbar\omega - E_g}{kT}\right). \quad (2)$$

Как следует из рис. 2, соотношение (2) хорошо описывает экспериментальные спектры фотолюминесценции, если величину E_g при-

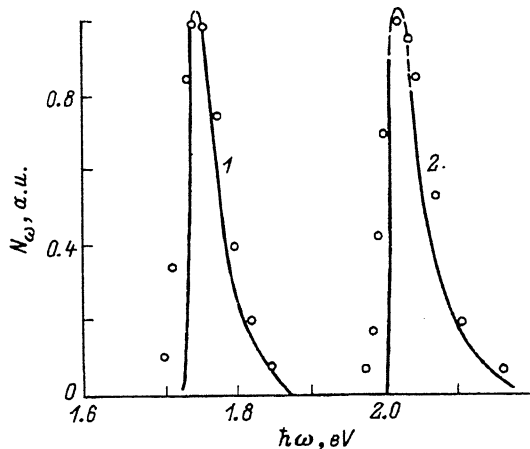


Рис. 2. Спектры фотолюминесценции слоев α -CdSe (1) и β -CdSe (2) при 300 К.

Точки — эксперимент, сплошные линии — расчет по формуле (2).

нять равной 1.73 и 2.01 eV для α - и β -CdSe соответственно. Отметим, что указанные значения E_g согласуются с величинами, найденными из спектров оптического поглощения. Присутствие в спектрах фотолюминесценции при 300 K только межзонного излучения свидетельствует о достаточно высоком структурном совершенстве полученных слоев.

Список литературы

- [1] Махний В.П. Изв. АН СССР. Неорганические материалы **27**, 3, 619 (1991).
- [2] Kosyachenko L.A., Makhniy V.P. J. Cryst. Growth **110**, 523 (1991).
- [3] Махний В.П. Электрон. техника. Материалы, **4(258)**, 30 (1991).
- [4] Kosyachenko L.A., Makhniy V.P., Baranyuk V.Ye., Melnik V.V. J. Cryst. Growth **112**, 583 (1992).
- [5] Баранюк В.Е., Воевидко Л.И., Махний В.П., Рыжиков В.Д. Неорганические материалы **29**, 2, 187 (1993).
- [6] Баранюк В.Е., Воевидко Л.И., Махний В.П. УФЖ **39**, 4, 485 (1994).
- [7] Вистерова М.В., Гермогенов В.П., Хлудкова Л.С. Электрон. техника. Полупроводниковые приборы, **3(200)**, 3 (1989).
- [8] Lundeke R. J. Vac. Sci. Technol. **8**, 1, 199 (1971).
- [9] Седюк В.В., Ваксман Ю.Ф. Люминесценция полупроводников. Киев-Одесса (1988). 300 с.

Физика твердого тела, том 38, № 2, 1996
Solid State Physics, vol. 38, N 2, 1996

УПРУГИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $\text{Ho}_{0.5}\text{Er}_{0.5}$

© Ю.И. Спичкин, Дж. Бор, Е.В. Орлова, А.М. Тишин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119899 Москва, Россия
(Поступила в Редакцию 5 июля 1995 г.)

Исследование упругих свойств редкоземельных металлов (РЗМ) и их сплавов позволяет получить важную дополнительную информацию, касающуюся их магнитных свойств: характера трансформации магнитных структур, магнитных фазовых переходов и обменных взаимодействий. Это обусловлено наличием в РЗМ сильного магнитоупругого взаимодействия, связывающего магнитную подсистему с кристаллической решеткой.

Редкоземельные металлы Ho и Er характеризуются сложными спиновыми структурами и характером магнитных фазовых переходов. Аналогичное поведение обнаруживают и сплавы системы Ho-Er. Магнитные свойства этой системы исследовались в [1]. Как было установлено, монокристалл $\text{Ho}_{0.5}\text{Er}_{0.5}$ имеет температуру Кюри $\Theta_1 = 35$ K и температуру Нееля $\Theta_2 = 104$ K [1]. Нейтронографические измерения монокристалла $\text{Ho}_{0.5}\text{Er}_{0.5}$ были выполнены в [2,3]. В работе [2] было обнаружено, что при температуре Θ_2 сплав переходит из парамагнитного состояния в геликоидальную антиферромагнитную (АФМ) фазу, причем угол геликоида в области существования этой структуры монотонно уменьшается с понижением температуры. В точке Θ_1 происходит переход в фазу типа ферромагнитной конической спирали, при этом угол между магнитными моментами ионов РЗМ и базисной плоскостью одинаков как для Ho, так и для Er.