

нитного поля, как отмечалось выше, имеет место зависимость $\rho \sim T^{3.7}$, что является результатом сложения всех процессов рассеяния электронов на фононах, в том числе перебросов вблизи брэгговских плоскостей. Тем не менее сама полученная константа \tilde{B} имеет вполне реальный физический смысл, так как определяет вклад в рассеяние электронов на фононах без учета процессов переброса.

Таким образом, информация, получаемая при измерении магнитосопротивления, предоставляет нетривиальную возможность разделения различных вкладов в процессы рассеяния электронов в металлах. При этом необходимо учитывать, что вклад от электрон-электронного рассеяния зависит от наличия в образце анизотропных рассеивающих центров (например, дислокаций) [1]. Рассеяние на примесях также может приводить к появлению зависящего от температуры вклада $\propto T^2$ в области низких температур [4].

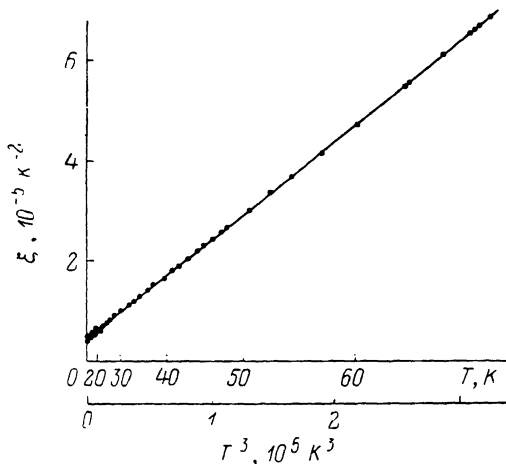
Интересно отметить, что полученный коэффициент \tilde{A} для бериллия имеет тот же порядок величины, что и найденный в [5] коэффициент A для меди. Полученный там же для меди коэффициент B больше в ~ 100 раз \tilde{B} для бериллия, что определяется аномально большой температурой Дебая бериллия.

Список литературы

- [1] Kaveh M., Wiser N. // J. Phys. F: Met. Phys. 1982. V. 12. N 5. P. 935—950.
- [2] Варюхин С. В., Егоров В. С. // ЖЭТФ. 1979. Т. 76. № 2. С. 597—606.
- [3] Варюхин С. В., Егоров В. С. // Письма в ЖЭТФ. 1981. Т. 33. № 1. С. 35—37.
- [4] Жернов А. П. // ФТТ. 1980. Т. 22. № 2. С. 570—574.
- [5] Омеляновский О. Е., Заварицкий Н. В., Личкова Н. В., Матвеев В. Н. // ЖЭТФ. 1985. Т. 88. № 2 (8). С. 700—713.

Институт атомной энергии
им. И. В. Курчатова
Москва

Поступило в Редакцию
17 апреля 1989 г.
В окончательной редакции
29 июня 1989 г.



Температурная зависимость магнитосопротивления $R_H(T)$ монокристалла бериллия в поле $H=62.5$ кЭ.

ЭКСИТОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО СЕЛЕНИДА ЦИНКА

А. А. Бережная, П. Н. Занадворов, Ю. А. Степанов

Кристаллы селенида цинка существуют в одной из двух кристаллических модификаций: кубической (ZB) или гексагональной (W), что определяется условиями их выращивания. Наиболее изученной является ZB-модификация селенида цинка. В данной работе исследованы спектры

фотолюминесценции (ФЛ), отражения и поглощения монокристаллов $W-ZnSe$, полученных методом зонной сублимации.

Кристаллы $W-ZnSe$ имели форму правильной шестиугольной призмы с размерами несколько миллиметров по высоте и до 1 мм в основании. Рентгеноструктурный анализ показал наличие в них оси шестого порядка.

Известно, что экситонный максимум в $W-ZnSe$ при $T=4$ К сдвинут на 10 нм в коротковолновую сторону относительно его положения в спектре $ZB-ZnSe$ [1]. Исследование спектра поглощения тонкого (~ 40 мкм) скола кристалла и спектра отражения от скола показало наличие резкой ступени в первом случае и узкой линии во втором, расположенных при энергии 2.872 (4 К) и 2.859 эВ (77 К). Полученные данные согласуются с результатами [1], что подтверждает принадлежность выращенных кристаллов $ZnSe$ к гексагональной модификации.

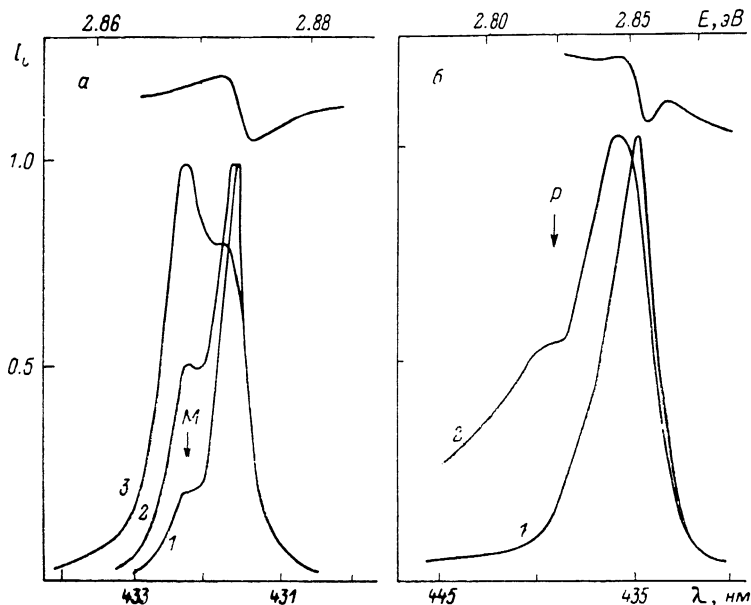


Рис. 1. Спектр люминесценции $W-ZnSe$ при различных интенсивностях возбуждения импульсами азотного лазера ЛГИ-505.

а: $T=4$ К. 1 — $I_0=5 \cdot 10^3$ Вт/см², 2 — $3I_0$, 3 — $10I_0$; б: $T=80$ К. 1 — $I_0=10^4$ Вт/см², 2 — $10^2 I_0$. На вставках — спектральная зависимость коэффициента отражения (перепад от пика до пика составляет приблизительно 30% от его абсолютной величины).

При возбуждении импульсами азотного лазера $h\nu_i=3.678$ эВ во всех исследованных образцах при низкой температуре наблюдалось яркое фиолетовое свечение в области лазерного пятна, при этом свечение из объема кристалла отсутствовало. При низкой интенсивности возбуждения ($I_i < < 1$ кВт/см²) и $T=4$ К в спектре ФЛ наблюдалась единственная линия (полуширина $\Delta_x=4$ мэВ), резонансно совпадающая с линией в спектре отражения и ступенью в спектре поглощения при $T=4$ К. Эволюция спектра ФЛ с ростом I_i показана на рис. 1. При увеличении I_i до нескольких кВт/см² на ее длинноволновом краю возникает полоса, обозначенная на рис. 1, а буквой *M*, сверхлинейно зависящая от I_i . Максимум *M*-полосы расположен на 4 мэВ ниже экситонного максимума при $I_i=4$ кВт/см² и незначительно смещается в длинноволновую сторону с ростом I_i . На рис. 1, б показано изменение спектра ФЛ в зависимости от I_i для $T=77$ К. При $I_i > 100$ кВт/см² в спектре можно выделить широкую полосу, обозначенную на рис. 1, б буквой *P*, максимум которой сдвинут на 24 мэВ относительно экситонного максимума при минимальной I_i . При увеличении I_i интенсивность полосы *P* растет сверхлинейно, а ее максимум смещается в длинноволновую сторону (кривые 2, 3 на рис. 1, б). Исследова-

ние временной зависимости спектра ФЛ в пределах полос P и M показало совпадение их времен затухания с временем затухания лазерного импульса с точностью порядка 1 нс, причем заметна некоторая задержка разгорания P -полосы относительно спектрального максимума свободного экситона. Это обстоятельство, а также зависимость формы P - и M -полос и их интенсивности в спектре от I_i свидетельствуют о том, что M - и P -полосы возникают вследствие процессов, связанных с существованием высоких плотностей неравновесных свободных носителей и экситонов. По мнению авторов, наиболее вероятной является интерпретация M -полосы как результата образования экситонных молекул,¹ а P -полосы — как результата неупру-

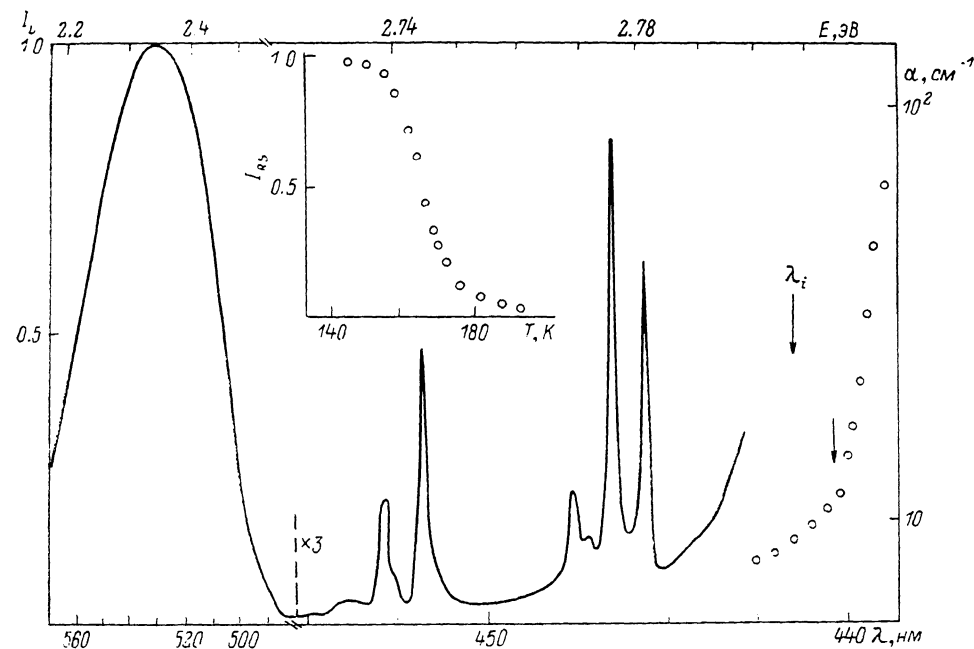


Рис. 2. Спектр люминесценции W - $ZnSe$ при возбуждении ниже края поглощения лазерной линией 441.6 нм. $T=80$ К.

Слева — ступень в спектре поглощения. Стрелкой отмечено положение края поглощения $ZB=ZnSe$. Узкие пики — линии РКР. На вставке — температурная зависимость самой сильной из линий. Природа широкой полосы зеленой люминесценции обсуждалась в [3].

гих экситон-экситонных столкновений, характерных для ZB - $ZnSe$ [3]. Однако пока нет достаточных данных для однозначной окончательной интерпретации полос.

При исследовании температурной зависимости экситонного максимума были обнаружены его длинноволновый сдвиг, уширение и уменьшение интенсивности при увеличении температуры. Энергия экситонного максимума $E_x(T)$ с точностью порядка 1 мэВ следует известному для полупроводников группы A_2B_6 соотношению (формула Варши [4]) $E_x(T) = E_x(0) - \beta T^2 / T + \delta$, где $E(0)$ — энергия экситонного максимума при $T=0$. При аппроксимации получены значения $\delta = 60$ К и $\beta = 0.5$ мэВ/К. Полуширина экситонного максимума Δ_x увеличивается пропорционально его температурному сдвигу $\Delta_x \sim (E(T) - E(0))$.

При возбуждении линией He—Cd лазера $h\nu_i = 2.808$ эВ во всех исследованных образцах наблюдалось равномерное зеленоватое свечение всего объема кристаллов, что резко контрастирует с их люминесценцией при $h\nu_i > E_g$. При низких температурах в спектре ФЛ вблизи лазерной линии

¹ В ZB - $ZnSe$ экситонные молекулы при $T=4$ К не наблюдаются, однако в W - $ZnSe$ их энергия связи должна быть большей [2] и может быть достаточной для их образования.

наблюдались узкие интенсивные линии (рис. 2), положение которых при $T=4$ и 77 К остается неизменным, что позволяет отнести их к спектру КР в W - $ZnSe$. При дальнейшем увеличении температуры интенсивность линий КР остается практически неизменной, а при $T > 110$ К резко уменьшается (вставка на рис. 2), что связано с температурным сдвигом ступени поглощения, соответствующей краю поглощения ZB - $ZnSe$. При $T > > 110$ К ступень «накрывает» лазерную линию, что приводит к резкому уменьшению возбуждаемого лазером объема кристалла. Сильным поглощением объясняется также отсутствие в спектре КР антистоксовых компонент во всем температурном интервале, в котором проводились измерения.

Следует отметить, что при возбуждении линиями аргонового лазера в область прозрачности кристалла слабый спектр КР удалось зарегистрировать только для наиболее коротковолновой линии 476.5 нм, причем соотношение компонент в спектре КР было иным, чем при возбуждении линией 441.6 нм. Полученные данные свидетельствуют о том, что в случае возбуждения линией 441.6 нм наблюдается резонансное КР в W - $ZnSe$, причем реализуется случай $\gamma \ll \Delta\nu_i \ll \nu_i$, где γ — затухание экситонного осциллятора, в данном случае являющегося резонансным виртуальным состоянием, $\Delta\nu_i = |E_x - h\nu_i|$.

В зеленой области спектра ФЛ при возбуждении линией 441.6 нм наблюдается широкая полоса, характерная для ZB - $ZnSe$ [4]. Отсутствие этой полосы в спектре ФЛ при возбуждении квантами с энергией, большей ширины запрещенной зоны, несомненно связано с наличием сильного поглощения в области экситонной люминесценции в кристаллах W - $ZnSe$, что может быть связано с присутствием в них кубической фазы.

Список литературы

- [1] Гросс Е. Ф., Суслина Л. Г. // ФТТ. 1962. Т. 4. № 12. С. 3677—3680.
- [2] Shionoya S., Saito H., Hanamura E., Akimoto O. // Sol. St. Comm. 1973. V. 12. N 3. P. 223—226.
- [3] Catalano I., Cingolani A., Ferrara M., Lugara M. // Sol. St. Comm. 1982. V. 43. N 5. P. 371—374.
- [4] Varshni Y. P. // Physica. 1967. V. 34. N 1. P. 149—154.
- [5] Бережная А. А., Занадворов П. Н., Степанов Ю. А. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 7. С. 2206—2209.

Ленинградский государственный университет
Ленинград

Поступило в Редакцию
8 февраля 1989 г.
В окончательной редакции
6 июля 1989 г.