

составляет несколько десятков [11], т. е. на порядок превышает это число для $Cd_{1-x}Mn_xTe$. Отсюда, следуя работе [3], можно заключить, что относительная величина температурного интервала $\Delta T/T_g \sim Z^{-2/3}$ неэкспоненциальной релаксации в первой системе будет почти на порядок меньше, чем во второй, что и наблюдается в эксперименте.

Таким образом, экспериментально обнаруженная неэкспоненциальная релаксация намагниченности в спиновых и дипольных стеклах заметно выше температуры перехода T_g . Обнаружено, что при температурах выше T_g наблюдается заметное различие в поведении спиновых стекол с различными Z и типами беспорядка.

В заключение авторы выражают благодарность М. Ф. Фейгельману и Л. Б. Иоффе за плодотворное обсуждение.

Л и т е р а т у р а

- [1] *Maletta H. J. Appl. Phys.*, 1982, vol. 53, N 3, p. 2185—2190.
- [2] *Raneria M., Setna I., Palmer R. Phys. Rev. Lett.*, 1985, vol. 54, N 12, p. 1321—1324.
- [3] *Feigelman M. V., Ioffe L. B. J. Phys.*, 1986, vol. 47, N 3, p. 363—366.
- [4] *Мяжков А. В., Минаков А. А. Труды ИОФАН*, 1986, т. 3, с. 142—149.
- [5] *Galazka R. R., Nagata S., Keesom P. H. Phys. Rev. B*, 1980, vol. 22, N 7, p. 3344—3355.
- [6] *Шлюomis М. И. УФН*, 1974, т. 112, № 3, с. 427—458.
- [7] *Минаков А. А., Мяжков А. В., Веселаго В. Г. Тез. докл. XVII Всес. конф. по ФМЯ. Донецк*, 1985, с. 125—126.
- [8] *Минаков А. А., Зайцев И. А., Мяжков А. В., Веселаго В. Г. Изв. АН СССР. Сер. физ.*, 1987, т. 51, № 6, с. 1062—1066.
- [9] *Minakov A. A., Myagkov A. V., Veselago V. G., Zaitsev I. A. Acta Phys. Polon.*, 1987, vol. A72, N 2, p. 245—247.
- [10] *Зайцев И. А., Минаков А. А. Препринт ИОФАН СССР, № 54. М.*, 1986. 24 с.
- [11] *Baltzer P. K., Robbins M., Woitowicz P. J. J. Phys. Chem. Sol.*, 1967, vol. 28, N 12, p. 2423—2427.

Институт общей физики
АН СССР
Москва

Поступило в Редакци
21 января 1988 г.

УДК 621.315.592

Физика твердого тела, том 30, в. 7, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 7, 1988

СПЕКТР ЗЕЛЕННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ZnSe

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

Спектр фотолюминесценции (ФЛ) селенида цинка долгое время является предметом интенсивных исследований, что связано с его широким практическим использованием. Спектры низкотемпературной экситонной и краевой ФЛ ZnSe надежно интерпретированы [1—3], чего нельзя сказать о широких полосах зелено-голубого, желтого и оранжево-красного свечения, хотя именно эти особенности спектров ФЛ в сильной степени связаны с примесным составом кристалла, нарушением его структуры и важны в ряде практических применений ZnSe.

В данной работе исследованы спектры низкотемпературной ФЛ с временным разрешением образцов поликристаллического ZnSe в области зеленого максимума 530—480 нм. Образцы были выращены методом вакуумной сублимации [4] и имели остаточное содержание примесей менее 10^{18} см $^{-3}$. Материал имел кубическую структуру и состоял из зерен размером 0.05—0.25 мм с преимущественной ориентацией вдоль оси (111).

Люминесценция образцов, помещенных в дюар с жидким азотом или гелием, возбуждалась импульсами азотного лазера ЛГИ-505 или импуль-

сами лазера на красителе, длина волны которого перестраивалась вблизи края поглощения ZnSe. Интенсивность света на поверхности образцов не превышала 10^5 и 10^2 Вт/см² в первом и втором случаях соответственно. Импульс ФЛ на выходе двойного монохроматора ДФС-12 принимался ФЭУ-79, который был нагружен на согласованный вход стробоскопического осциллографа С1-70-IV или импульсного вольтметра В9-5, подключенного к микроЭВМ ДЗ-28, что позволяло автоматизировать процесс измерения спектральной и временной зависимости ФЛ. Переходная характеристика системы имела постоянную времени 7.6 нс, длительность строба была 0.5 нс. Спектры ФЛ с различными временными задержками относительно максимума лазерного импульса регистрировались также в аналоговом режиме самописцем, подключенным к выходу осциллографа.

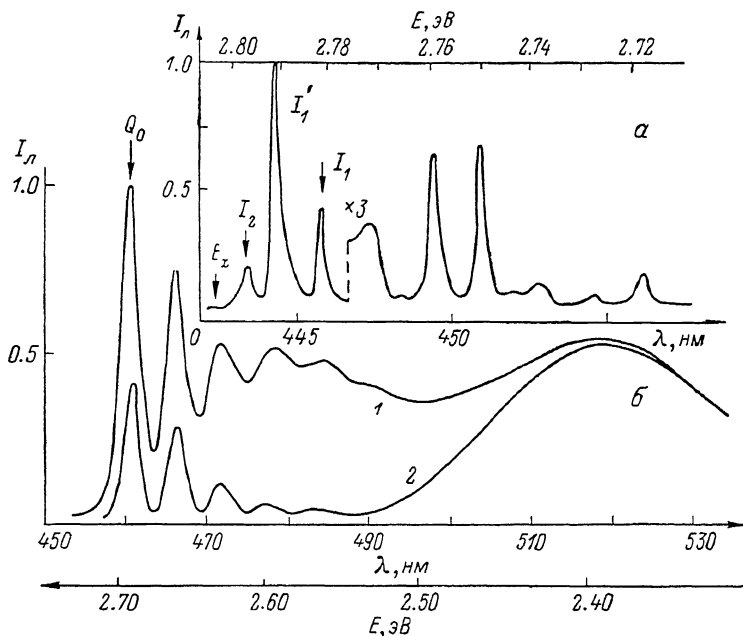


Рис. 1.

a — спектр ФЛ поликристаллического ZnSe при 4 К, $\lambda_b=337$ нм, $P_b=10^4$ Вт/см², $\tau=0$. I_1 — интенсивность люминесценции; E_x — энергетическое положение линии свободного экситона; I_1 , I_1' , I_2 — линии связанного экситона; *b* — спектры ФЛ при задержках $\tau=300$ (1) и 600 нс (2). 4 К.

При 4 К в спектрах ФЛ, полученных в момент максимума лазерного импульса (т. е. при задержке равной нулю: $\tau=0$), в исследованных образцах ZnSe доминировали узкие линии связанных экситонов I_1 , I_1' и I_2 , отвечающие V_{Zn} , $V_{Zn \rightarrow Li, Na}$ и V_{Se} соответственно, а также их более слабые одно- и двухфононные спутники (рис. 1, *a*). В спектрах ФЛ, полученных при задержках $\tau > 100$ нс, доминируют линии донорно-акцепторных пар (ДАП), известные как Q_0 -ДАП, отвечающие парам Al—Li ($E_D + E_A = 140$ мэВ), и их многократные фононные повторения, расположенные на фоне менее интенсивной широкой полосы зеленой люминесценции (рис. 1, *b*).

При 77 К зеленая полоса в области 530—470 нм имела интенсивность, сравнимую с интенсивностью экситонной линии, а ее максимум был расположен в области 485 нм (рис. 2, *a*). Со временем (несколько месяцев хранения на воздухе) интенсивность зеленой люминесценции уменьшалась до такой степени, что прежде яркое зеленое свечение всего объема образца становилось почти незаметным. Однако после прогревания в вакууме при 600—700 °С в течение нескольких минут интенсивность зеленой люминесценции восстанавливалась до исходной. При изменении задержки от 0 до нескольких сотен нс форма полосы изменялась. При $\tau > 100$ нс на спек-

тральной кривой выделялись два максимума: $\lambda_1=485$ и $\lambda_2=525$ нм (рис. 2, а).

На рис. 2, б приведен полученный нами спектр ФЛ при возбуждении образца перестраиваемым лазером в области 448—458 нм ($\Delta\lambda=2$ нм). Видно, что в случае возбуждения светом с длиной волны $\lambda_n=458$ нм в спектре ФЛ наблюдается только полоса λ_2 , тогда как при $\lambda_n=448$ нм спектр ФЛ в области 480—530 нм имеет вид такой же, как и в случае возбуждения азотным лазером — $\lambda_n=337$ нм. Граница, при которой λ_1 перестает возбуждаться, лежит в области 451—452 нм, что соответствует энергии 2.74 эВ.

Исследование кинетики полосы λ_2 при возбуждении светом с $\lambda_n=458$ нм дало постоянное для различных точек контура полосы время

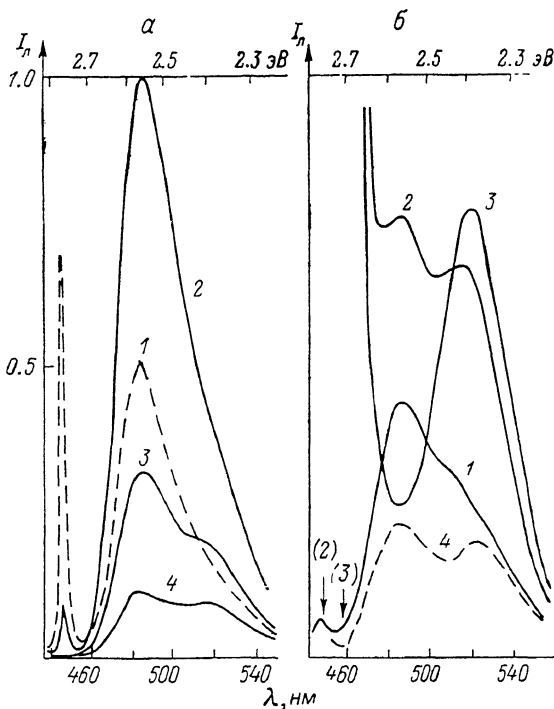


Рис. 2.

а — спектры ФЛ при 80 К и различных задержках. 1 — $\tau=0$, 2 — 20, 3 — 160, 4 — 320 нс. Прочие условия неизменны. Зеленая люминесценция достигает максимума на 30 нс позже экситонной; б — спектры ФЛ поликристаллического ZnSe при 80 К (1—3), регистрация в режиме постоянного тока. 1 — $\lambda_n=337$, 2 — 448, 3 — 458 нм, 4 — спектр катодолуминесценции ZnSe вблизи дислокации [6] при 30 К.

затухания 0.4 мкс. Остающаяся в этих условиях возбуждения в спектре ФЛ полоса λ_2 с максимумом при 2.3 эВ достаточно хорошо известна и ее присутствие в спектре ФЛ кристаллов ZnSe связано с возбуждением глубоких акцепторных уровней — А-центров, расположенных на 0.38 эВ выше потолка валентной зоны ZnSe [5].

При исследовании кинетики полосы λ_1 наилучшая аппроксимация достигалась при учете вклада двух экспонент с постоянными времени 0.14 и 0.2 мкс. Это обстоятельство представляется неслучайным, так как в спектре ФЛ в пределах полосы λ_1 в ряде образцов также удавалось выделить два максимума при 472 и 485 нм соответственно.

В [6] исследованы спектры катодолуминесценции (КЛ) ZnSe и показано, что появление в спектре КЛ зеленой полосы связано с присутствием дислокаций в образце. Полученные в нашей работе результаты свидетельствуют в пользу такой интерпретации и позволяют предположить, что вблизи дислокаций происходит концентрация глубоких центров, ответственных за возникновение полос λ_1 и λ_2 .

- [1] Dean P. T., Fitzpatrick B. T., Bhargava R. V. Phys. Rev., 1982, vol. 26, N 4, p. 2016—2035.
- [2] Иванова Г. Н., Недеогло Д. Д., Новиков Б. В., Талалаев В. Г. ФТТ, 1981, т. 23, № 9, с. 2693—2699.
- [3] Steiner T., Thewalt M. L. W., Bhargava R. N. Sol. St. Commun., 1985, vol. 56, N 11, p. 933—936.
- [4] Аварба Р. Г., Волков Н. В., Жиллов Ю. Н. и др. Тез. докл. IV Всес. конф. «Оптика лазеров». Л., ГОИ, 1983. 237 с.
- [5] Thomas A. E., Russels G. T., Wood S. J. J. Phys. C, Sol. St. Phys., 1984, vol. 17, N 34, p. 6219—6228.
- [6] Myhailenko S., Batstone T. L., Hutchinson H. J., Steeds J. W. J. Phys. C. Sol. St. Phys., 1984, vol. 17, N 35, p. 6477—6492.

Ленинградский государственный
университет им. А. А. Жданова
Ленинград

Поступило в Редакцию
21 октября 1987 г.
В окончательной редакции
27 января 1988 г.

УДК 548.0 : 537

Физика твердого тела, том 30, в. 7, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 7, 1988

УПРОЧЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ LiF В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Н. И. Гершензон, Д. О. Зиллимиани, П. В. Манджгаладзе,
О. А. Похотелов

1. Влияние внешнего постоянного магнитного поля (МП) на процессы пластической деформации и разрушения ионных кристаллов мало изучено. Однако имеется ряд экспериментальных наблюдений, указывающих на возможность такого влияния. Ранее авторами было показано, что достаточно сильное МП (10^5 — 10^6 А/м) при определенных условиях может вызывать изменение направления прорастания трещины в монокристаллах LiF [1]. Трещина, распространяясь в плоскости скола $\langle 100 \rangle$, при вхождении в область сильного МП, силовые линии которого расположены параллельно плоскости трещины, меняет направление и переходит на плоскость скольжения $\langle 110 \rangle$. Мы объясняем это явление возникновением в устье трещины больших электрических полей из-за электризации поверхностей скола. В отсутствие МП поверхностный заряд и электрическое поле сравнительно быстро релаксируют. Но даже в этом случае электростатическая энергия составляет ощутимую долю полной энергии разрушения [2]. В достаточно сильных МП релаксация заряда может быть подавлена [1, 3], при этом энергия, необходимая для раздвижения бортов трещины, растет с ростом ее длины и может стать значительно больше энергии поверхностного натяжения. В этом случае влияние МП на дальнейшее разрушение будет определяющим.¹ В [4] прямыми наблюдениями показано воздействие постоянного МП на движение дислокаций в монокристаллах NaCl и LiF. Авторы [4] полагают, что этот эффект связан с уменьшением эффективной высоты рельефа Пайерлса или с изменением сил взаимодействия дислокаций с точечными дефектами. Результаты [1, 4] косвенно указывают на возможность влияния МП на прочностные свойства ионных монокристаллов.

2. Для проверки этой гипотезы нами были проведены испытания образцов монокристаллов LiF размеров $(2.5-7) \times (2.5-7) \times (18-20)$ мм

¹ Поворот трещины авторы связывают с возникновением асимметрии из-за неоднородности МП (более подробно см. [1]).