

5. Если, расширяя постановку [1], ввести в рассмотрение $\Delta^{(i)}$ — толщину слоя с не менее чем i -процентным содержанием мартенсита, то можно рассчитывать распределение твердости по радиусу образца и соответственно [10] «эффективную» твердость, θ , получаемую в результате закалки при различных ее режимах. Названные характеристики определяются автоматизированной обработкой результатов расчета температурных полей. На рис. 4 даны зависимости $\theta = \theta(t_B)$, где t_B — время выдержки, при различных «скоростях» поверхностного охлаждения (H_0). Обнаруживается существование и возможность априорной оценки «оптимального» времени выдержки, отвечающего θ max θ .

Таким образом, использование регуляризирующих алгоритмов позволяет проводить полное математическое моделирование физических и технологических процессов и получать выводы, позволяющие повысить эффективность последних.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Тихонов А. Н., Гласко В. Б., Кулик Н. И., Шкляр И. Н. Об одной обратной задаче теплопроводности.— Журн. вычисл. матем. и матем. физ., 1979, 19, № 3, с. 768—773. [2] Кобаско Н. И. Исследование с помощью ЭВМ тепловых процессов при закалке стали.— Металловед. и термич. обработка металлов, 1976, № 10, с. 8—13. [3] Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1974, с. 285. [4] Гласко В. Б., Захаров М. В., Колп А. Я. О восстановлении теплового потока к поверхности тела для нелинейного процесса теплопроводности на основе метода регуляризации.— Инж.-физ. журн., 1975, т. XXIX, № 1, с. 60—62. [5] Варгафтик Н. Б. Теплофизические свойства веществ. М.—Л.: Техноэнергоиздат, 1956, с. 93. [6] Гудремон Э. Специальные стали. М.: Металлургия, 1966. Т. 1, с. 240. [7] Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971, 656 с. [8] Шкляр И. Н., Гласко В. Б., Кулик Н. И. Исследование с помощью ЭВМ температурных полей при нагреве Т. В. Ч. цилиндрических деталей.— Металловед. и термич. обработка металлов, 1977, № 9, с. 30—32. [9] Шепеляковский К. З., Шкляр И. Н., Кальнер В. Д. Области применения одновременного и непрерывно-последовательного нагрева при поверхностной закалке.— Электротермия, 1968, № 73, с. 51—53. [10] Шкляр И. Н., Шор Ф. И. Сопровождение малым пластическим деформациям валов, подвергнутых поверхностной закалке.— Вестн. машиностроителя, 1967, № 12, с. 59—63.

Поступила в редакцию
26.06.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, Т. 22, № 4

УДК 535.373.132

ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛОФОСФОРАХ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА БАРИЯ

Е. П. Ефанова, В. В. Михайлин

(кафедра квантовой теории)

Сульфид бария принадлежит к группе соединений IIA-VIB, являющихся основой классических кристаллофосфоров. Соединения этой группы являются двухвалентными аналогами щелочно-галогидных кристаллов (ЩГК). Кристалл BaS обладает гранцентрированной кубической решеткой, соответствующей структуре NaCl [1]. Совпадение типа кристаллической решетки и подобие электронной структуры — причина того, что многие оптические свойства соединений IIA-VIB и ЩГК оказываются подобными. Например, в ЩГК обнаружены и ис-

следованы различные типы центров окраски, а позднее для ряда кристаллофосфоров на основе соединений IIА-VІВ найдены аналоги этих центров. Исследование центров-аналогов в IIА-VІВ-фосфорах дало интересный результат: количественные закономерности, установленные для центров окраски в ШГК, оказались справедливыми для центров-аналогов ряда IIА-VІВ-фосфоров. Так, полученное для ШГК условие Айви — Мольво оказалось справедливым для SrO-, MgO-, CaO- и CaS-фосфоров [2]. Эмпирические соотношения Айви — Мольво устанавливают пропорциональность между энергией оптической активации центра окраски E_λ и n -й степенью межатомного расстояния d :

$$E_\lambda = Ad^n, \quad (1)$$

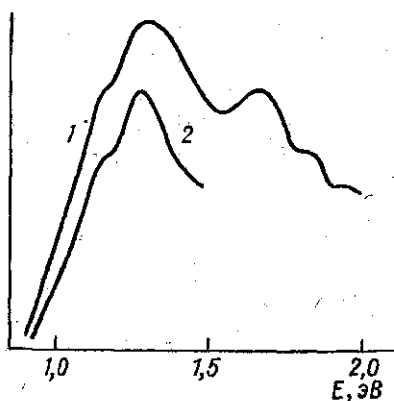
где A и n — постоянные, зависящие от типа центра [3, 4]. Для названных фосфоров оказалось также справедливым [2] установленное для ШГК соотношение:

$$E_\lambda = \frac{A_c}{2K^*} \left(\frac{2}{r_+} - \frac{1}{r_0} \right) + E_0, \quad (2)$$

где $K^* = \epsilon_\infty^{-1} - \epsilon_0^{-1}$ (ϵ_∞ и ϵ_0 — высокочастотная и статическая диэлектрические постоянные, r_0 — постоянная решетки, r_+ — кристаллический радиус катиона, A_c и E_0 — постоянные).

Задачей настоящей работы явилось экспериментальное исследование центров окраски ВаS-фосфоров и выяснение возможности применения к ним соотношений, справедливых для ШГК.

Исследование центров окраски проводилось методом инфракрасной стимуляции оптической вспышки. В эксперименте использовалась установка, состоящая из трех монохроматоров. Через монохроматор ДМР-4 велось возбуждение, через ИКС-12 — ИК-стимуляция. Свечение регистрировалось



Спектры инфракрасной стимуляции оптической вспышки ВаS-фосфоров: ВаS—Ві (1) и ВаS—Си (2)

ФЭУ-79 через монохроматор ЗМР-3. В качестве источника возбуждающего света использовалась ксеноновая лампа ДКСШ-1000. Источником стимулирующего ИК-излучения служила вольфрамовая ленточная лампа СИ8-200. Порошкообразные образцы помещались в криостат. Измерения проводились при температуре жидкого азота. В приведенных спектрах учтено распределение числа фотонов по энергиям в излучении лампы СИ8-200.

Обнаружено, что в спектрах ИК-стимуляции рассмотренных фосфоров четко выделяется полоса $\sim 1,25$ эВ (см. рисунок). Ее естественно связать с собственными дефектами основной решетки, так как эта полоса наблюдалась и для «медных» и для «висмутовых» образцов. Измерения в области более высоких энергий затруднены для ВаS—Си-фосфоров вследствие сильного перекрытия спектров стимулирующей радиации и активаторного свечения 2,1 эВ. Исследование «висмутовых» образцов в этом смысле более удобно, так как максимум их полосы активаторного свечения находится при более высокой энергии 2,25 эВ.

В спектре ИК-стимуляции BaS—Bi-фосфоров помимо полосы ~1,25 эВ обнаружены полосы 1,65; 1,83 и 1,94 эВ (кривая 1 на рисунке).

Нами были осуществлены расчеты энергии оптической активации центров окраски по соотношениям (1) и (2). Для расчета по соотношению (2) были использованы значения ϵ_0 и ϵ_∞ для BaO, так как соответствующие данные для BaS в литературе отсутствуют. Для BaO $\epsilon_\infty=4$; $\epsilon_0=34$ [5]. Приблизительная оценка величин ϵ_∞ и ϵ_0 для BaS дала близкие значения: $\epsilon_\infty=4,19$; $\epsilon_0=35,5$. Оценка проводилась с помощью формулы Клаузиуса — Мосотти [6]:

$$\frac{4\pi}{3}(\alpha_+ + \alpha_-) = \left(\frac{\epsilon_\infty - 1}{\epsilon_\infty + 2} \right) V_a \quad (3)$$

и формулы

$$\epsilon_0 = \epsilon_\infty + \frac{8\pi Nq^2/K}{1 - (8\pi/3)(Nq^2/K)} \quad (4)$$

В этих формулах K — коэффициент упругой связи, α_+ — поляризуемость катиона; α_- — поляризуемость аниона, V_a — молекулярный объем; N — число ионов в 1 см^3 ; q — эффективный заряд ионов [7].

Расчеты по формулам (1) и (2) приведены в таблице. Хорошее согласие экспериментальных и расчетных данных по ИК-стимуляции позволяет предположить, что все наблюдаемые полосы ИК-стимуляции связаны с электронными центрами окраски.

В работе [8] нами были получены для BaS-фосфоров кривые термовысвечивания и определены глубины соответствующих ловушек E_T . В работе [9] показано, что для ШГК справедливо соотношение

$$\frac{E_\lambda}{E_T} \approx \frac{\epsilon_0}{\epsilon_\infty} \quad (5)$$

Интересно сравнить экспериментальные значения E_T с расчетными, беря за исходное экспериментальные значения оптической активации E_λ и значения, полученные из соотношений Айви — Мольво $E_\lambda^{(1)}$ и формулы (2) — $E_\lambda^{(2)}$. Экспериментальные (E_T) и расчетные данные приведены в таблице.

Значения термической и оптической энергии активации центров окраски BaS-фосфоров

E , эВ	Тип центра					
	F^+	R_1	R_2	M	N_1	N_2
$E_\lambda^{(1)}$	2,09	1,80	1,66	1,45	1,25	1,19
$E_\lambda^{(2)}$	2,02	1,70	1,56	1,42	1,25	—
E_λ	1,94	1,83	1,65		1,25	1,15
$E_T^{(1)}$	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14
$E_T^{(2)}$	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	—
$E_T^{\text{ИК}}$	0,23	0,22	0,19	—	0,15	0,14
E_T	0,23		0,18	0,17		0,15

Как видно из таблицы, большинство наблюдаемых термопиков, видимо, связано с F^{+} -, M -, N - и R -центрами окраски. Термомаксимум 200—205 эВ ($E_T \approx 0,4$ эВ), возможно, связан с дырочной ловушкой. В результате исследований оказалось, что выражения (1), (2) и (5), вероятно, справедливы и для VaS -фосфоров.

В таблице E_λ , $E_\lambda^{(1)}$, $E_\lambda^{(2)}$ — оптическая энергия активации экспериментальная и рассчитанная по соотношениям (1) и (2) соответственно; E_T , $E_T^{ИК}$, $E_T^{(1)}$, $E_T^{(2)}$ — термическая энергия активации экспериментальная и рассчитанная по формуле (5), исходя из значений E_λ , $E_\lambda^{(1)}$, $E_\lambda^{(2)}$ соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ормонт Б. Ф. Структура неорганических веществ. М.—Л.: ГИТТЛ, 1950, 967 с. [2] Воолайд Х. И., Отс А. Е. О природе глубоких центров захвата в фосфорах CaS и ZnS .—Изв. АН СССР, сер. физ., 1976, 40, № 11, с. 2310—2312. [3] Ivey H. F. Spectral location of the absorption due to color centers in alkali halide crystals.—Phys. Rev., 1947, 72, p. 341—343. [4] Chandra A., Holcomb D. F. Taxonomy of F-aggregate centers in NaF.—J. Chem. Phys., 1969, 51, p. 1509—1523. [5] Спроул Р. Современная физика. М.: Наука, 1974, с. 253. [6] Борн М., Хуан Кунь. Динамическая теория кристаллических решеток. М.: ИЛ, 1958, 488 с. [7] Сканави Г. И. Физика диэлектриков. М.—Л.: ГИТТЛ, 1949, 500 с. [8] Ефанова Е. П., Лебедева А. И., Михайлин В. В. О центрах свечения и захвата в кристаллофосфорах на основе сульфида бария.—Деп. ВИНТИ, № 1926—79 Деп., 14 с. [9] Мотт М., Генри Р. Электронные процессы в ионных кристаллах. М.: ИЛ, 1950, 304 с.

Поступила в редакцию
29.07.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, Т. 22, № 4

УДК 681.883.67:534.232

МАЛОГАБАРИТНЫЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ПОДВОДНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ НА БАЗЕ ДИСКРЕТНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР

М. А. Конева, П. И. Кравчун, К. В. Чернышев

(кафедра акустики)

Малогабаритными будем называть преобразователи, размеры которых значительно меньше длины излучаемой или принимаемой ими звуковой волны. Интерес к этому виду преобразователей объясняется, в частности, тем, что увеличение дальности передачи гидроакустических сигналов возможно прежде всего путем снижения частоты сигнала [1, 2]. Используемые обычно в гидроакустике распределенные резонансные системы из пьезокерамических и магнитострикционных материалов не удовлетворяют требованию малогабаритности. Поэтому целесообразно создавать колебательные системы преобразователей на основе структур с сосредоточенными постоянными. У таких структур отсутствует однозначная связь между линейными размерами и резонансными частотами.

В настоящей работе исследуются пьезоэлектрические преобразователи с сосредоточенными параметрами. Наиболее распространенный вид конструкции таких преобразователей рассматривается в работах [3, 4]. В этих конструкциях активный элемент — пьезоэлектрический стержень — играет роль упругости, понижение же частоты достигается за счет увеличения пассивных инерционных элементов (масс), со-