

вычисляются спектры $\tilde{\epsilon}(\omega)$, $R(\omega)$ и определяется величина Δ . Блок оптимизации производит последовательное изменение параметров $\tilde{\epsilon}(\omega)$ в направлении, уменьшающем Δ . Критерием окончания оптимизации является величина разности между значениями Δ до и после очередного цикла варьирования всех параметров.

Сравнение работы различных программ ДАА производилось, в частности, на примере анализа спектра отражения кристалла $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ [6], приведенного на рис. 2.² В области $350\text{--}1200\text{ см}^{-1}$ в $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ наблюдается семь ТО колебаний. Результаты сравнения показали, что задание $\tilde{\epsilon}(\omega)$ величинами ТО и LO частот более чем на порядок ускорило процесс оптимизации и, что наиболее существенно, позволило проводить ДАА сложных спектров отражения полностью в автоматическом режиме, тогда как первоначальная программа ДАА требует в этом случае неоднократной корректировки исходных параметров. Кроме того, благодаря существенному уменьшению взаимного влияния параметров предложенный метод ДА позволяет проводить дополнительный анализ (например, чаще задавая экспериментальные точки) в узкой спектральной области, содержащей слабую особенность (рис. 2, в рамке). При этом параметры полюсов, лежащих вне заданной области, фиксируются.

Литература

- [1] W. G. Spitzer, D. A. Kleinman, D. Walsh. *Phys. Rev.*, **113**, 127, 1959.
- [2] М. В. Белоусов, Д. Е. Погарев, А. А. Шульгин. *ФТТ*, **12**, 991, 1970; М. А. Ильин, А. А. Кухарский, Е. П. Рашевская, В. В. Субашиев. *ФТТ*, **8**, 2478, 1971.
- [3] J. D. Neufeld, L. R. Brantley, P. Sakamoto, G. Andermann. *Appl. Spectr.*, **27**, 198, 1973.
- [4] М. В. Белоусов. *ФТТ*, **15**, 1206, 1973.
- [5] D. W. Verreman, F. C. Unterwald. *Phys. Rev.*, **174**, 791, 1968.
- [6] А. Н. Лазарев, В. Ф. Павинич, А. П. Миргородский. Сб. «Проблемы химии силикатов». Изд. «Наука», Л., 1974.

Поступило в Редакцию 1 февраля 1974 г.

УДК 535.473.2

КОНЦЕНТРАЦИОННОЕ ТУШЕНИЕ ПРИ ОБМЕННОМ СТОКЕ ЭНЕРГИИ

А. И. Бурштейн и Л. Д. Зусман

Миграция возбуждения по донорным молекулам, растворенным в твердой матрице, обеспечивает перенос энергии к местам стока — примесным молекулам, способным захватывать возбуждение или катализировать его распад. Если шаг миграции превышает расстояние до стока, то достижение его происходит прыжками, не складывающимися в диффузию. Прыжковый механизм передачи энергии был изучен недавно теоретически и надежно подтвержден экспериментально [1, 2]. В соответствии с фактической ситуацией в [1] предполагалось, что концентрационное тушение обусловлено мультиполярной передачей энергии как по донорным центрам, так и от них к примеси. Последнее, однако, не всегда имеет место. Если пространственное перемещение энергии от донора к донору обеспечивается достаточно дальнедействующим, например диполь-дипольным взаимодействием, то вполне допустимо, чтобы ее диссипация происходила лишь при непосредственном (обменном) контакте с примесью. Такой механизм может осуществляться не только в твердых, но и в жидких растворах, всегда сопровождая тушение «столкновением», а при высоких концентрациях донора даже опережая его.

Скорость тушения может быть рассчитана по рецепту, рекомендованному в [1, 2] при $k\tau_0 \ll 1$,

$$k = \frac{1}{\tau_0^2} \int_0^{\infty} Q(t) \exp\left(-\frac{t}{\tau_0}\right) dt, \quad \frac{1}{\tau_0} = \frac{8\pi^3}{27} dn^2, \quad (1)$$

где τ_0 — среднее время пребывания возбуждения на доноре, если вероятность передачи энергии между ними есть d/R^6 , а n — их концентрация. Эффективность стоков энергии характеризуется скоростью $Q(t)$, с которой распадается возбуждение, возникшее в случайном акцепторном окружении при отсутствии миграции. Ей

² Авторы благодарны В. Ф. Павиничу за предоставление количественных данных по спектру отражения $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$.

может быть дано совершенно общее определение [3], известное из теории Ферстера — Галанина

$$Q(t) = 4\pi c \int_{r_0}^{\infty} r^2 [1 - e^{-u(r)t}] dr \quad (2)$$

через вероятность тушения на расстоянии r от акцептора, которая при обменном взаимодействии его с донором экспоненциально убывает

$$u(r) = u_0 \exp[-a(r - r_0)]. \quad (3)$$

Линейная по концентрации акцепторов c скорость статического распада $Q(t)$ сложным образом зависит от времени, однако после интегрирования ее в (1) получается подынтегральная функция в

$$k = \frac{4\pi c}{\tau_0} \int_{r_0}^{\infty} \frac{r^2 dr}{\exp a(r - \mu) + 1}, \quad (4)$$

напоминающая распределение Ферми с «температурой» α^{-1} и «химическим потенциалом» $\mu = r_0 + \alpha^{-1} \ln u_0 \tau_0$.

Поскольку $\alpha r_0 > 1$, сразу ясно, что при низкой концентрации доноров $u_0 \tau_0 \gg 1$, когда время оседлой жизни возбуждения велико и каждое соприкосновение со стоком тушит, мы имеем дело с «вырождением» и вправе оценить интеграл в (4), как при $\alpha = \infty$

$$k = \frac{4\pi c}{3\tau_0} \mu^3 = \frac{32\pi^4 d}{81} c n^2 \left[r_0 + \alpha^{-1} \ln \frac{27u_0}{8\pi^3 d n^2} \right]^3. \quad (5)$$

Напротив, при $u_0 \tau_0 \ll 1$ миграция столь быстро поставляет возбуждения к стокам энергии, что лимитирует скорость гибели на них, и

$$k = \frac{4\pi c}{\alpha^3} \int_{r_0}^{\infty} e^{\alpha r_0 - z} z^2 dz = \frac{8\pi c u_0}{\alpha^3} \left[1 + \alpha r_0 + \frac{(\alpha r_0)^2}{2} \right] \quad (6)$$

достигает максимума, не зависящего от скорости миграции, как и в соответствующем пределе диффузионной теории [4].

Итак, тушение посредством миграции ускоряется приблизительно как n^2 , с ростом концентрации доноров, и поэтому может стать эффективнее линейно возрастающего с n тушения столкновениями задолго до насыщения. В однокомпонентных растворах, где роль акцепторов играют димеры люминесцирующего вещества, $c \sim n^2$ и скорость тушения должны возрастать как n^4 .

Литература

- [1] М. В. Артамонова, Ч. М. Брискина, А. И. Бурштейн, Л. Д. Зусман, А. Г. Склезнев. ЖЭТФ, 62, 863, 1972.
 [2] А. И. Бурштейн. ЖЭТФ, 62, 1695, 1972.
 [3] А. И. Бурштейн. Квантовая кинетика. Ч. II, 124. Изд. НГУ, 1968.
 [4] W. E. Blumberg. Phys. Rev., 119, 79, 1960.

Поступило в Редакцию 3 июня 1974 г.

УДК 621.372.6

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ОПТИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯДЕР АТОМОВ

Т. Г. Изюмова и В. П. Путьрский

В процессы релаксации оптически ориентированной системы атомных ядер существенный вклад вносят магнитные взаимодействия с поверхностью. При этом времени тепловой релаксации определяются физико-химической структурой стенки, видом парамагнитных примесей и типами их взаимодействия с ориентированными атомами. Проблема идентификации парамагнитных центров важна как для изучения структуры самой поверхности, так и для выяснения их роли в релаксационном процессе (что может в конечном счете привести к созданию покрытий с «заданными» релаксационными свойствами).