

что отражает хорошо известный факт [6], что ядерный ДДР, как правило, «закорочен» на электронный ДДР. Поэтому наблюдать охлаждение ядерного ДДР (эффект Провоторова [7, 8]) при нерезонансном стационарном насыщении ЯМР при таком механизме релаксации невозможно. Сравнение вторых членов (3) и (4) дает

$$T_1/T_D \approx M_{2I}^+/\omega_D^2. \quad (6)$$

Подставляя в (6) явные выражения для M_{2I}^+ и ω_D^2 , получаем $T_1/T_D \approx 5/3$, т. е. времена зеемановской и дипольной релаксации ядер при сверхнизких температурах становятся одного порядка, что создает возможность наблюдения эффекта Провоторова при стационарном насыщении ЯМР.

Список литературы

- [1] Waugh J. S., Slichter Ch. P. // Phys. Rev. 1988. V. 37. P. 4337—4339.
- [2] Абрагам А., Гольдман М. Ядерный магнетизм: порядок и беспорядок. Пер. с англ. М., 1984. Т. 2. 360 с.
- [3] Goldman M., Jacquinot J. F. // J. Phys. (France). 1970. V. 37. P. 617—625.
- [4] De Haas L. J., van der Zon C. M. B., Wenckebach W. Th., Poullis N. J. // Physica. 1983. V. 123B. P. 35—46.
- [5] Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука. 1974. 504 с.
- [6] Буишвили Л. Л., Бендиашвили Н. С., Звиададзе М. Д. // ФТТ. 1969. Т. 11. № 3. С. 726—730.
- [7] Провоторов Б. Н. // ЖЭТФ. 1961. Т. 41. № 11. С. 1582—1591.
- [8] Ацаркин В. А., Родак М. И. // УФН. 1972. Т. 107. № 1. С. 3—27.

Тбилисский государственный университет
Тбилиси

Поступило в Редакцию
13 июня 1989 г.

УДК 541.124.16

Физика твердого тела, том 31, в. 12, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 12, 1989

КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА СПЕКТРОВ МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА И ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

А. Т. Тохметов, В. И. Веттегрень

Явление возникновения света при разрушении твердых тел было обнаружено уже давно и получило название механолюминесценции (МЛ). В настоящее время МЛ весьма широко используется для исследования деформации и разрушения твердых тел [1—3]. Между тем до последнего времени ее природа остается невыясненной. Одни авторы [4] относят МЛ к газовому разряду между берегами растущих трещин, другие [5] объясняют свечение следствием сильного разогрева, сопровождающего разрушение, и наконец, ряд авторов [6, 7] приписывают МЛ выделению энергии при релаксации возбужденных электронных состояний в очагах разрушения.

В настоящем сообщении показано, что спектры МЛ кварцевого стекла (КС) и полиметилметакрилата (ПММА) обладают структурой, которая, по-видимому, объясняется взаимодействием электронного перехода с локальными колебаниями возбужденных атомов. Наблюдение такой структуры весьма полезно при выяснении строения излучающего возбужденного состояния.

Для получения МЛ была построена установка, схема которой изображена на рис. 1. Плоский образец 1 из исследуемого материала прижимается к вращающемуся стальному валу 2. Усилие прижима определя-

ется величиной груза 3. Температура образца измерялась при помощи приклеенной к нему термопары 4. Для термостатирования вал охлаждали парами жидкого азота. Узел трения помещался в светонепроницаемую

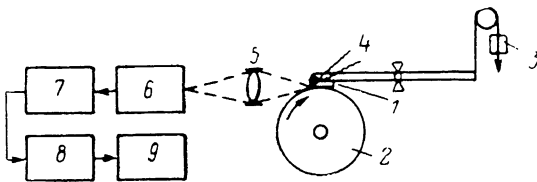


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

камеру. Возникающее при трении излучение при помощи кварцевого объектива 5 фокусировалось на поверхность катода фотоэлектронного умножителя 6, импульсы которого после прохождения через селектор 7 регистрируются счетным блоком 8 и записываются на самописец 9.

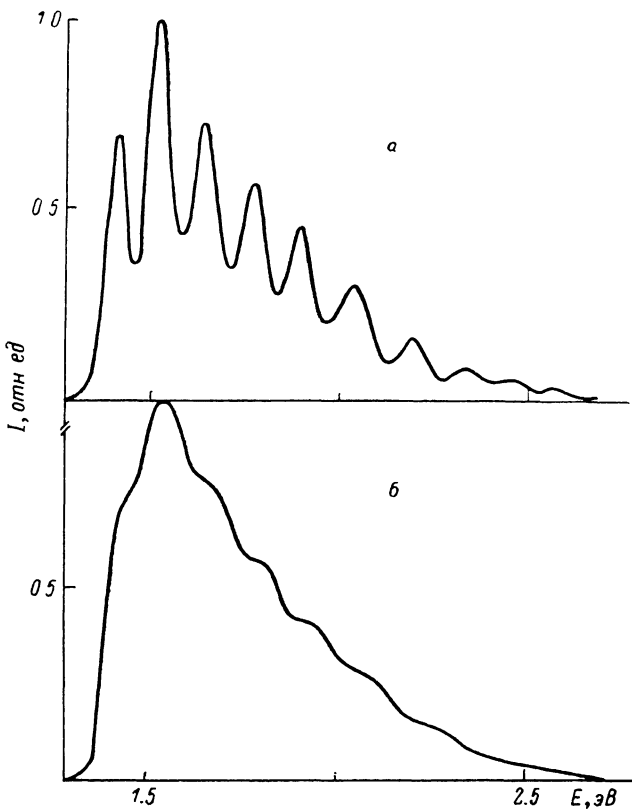


Рис. 2. Спектр МЛ при трении КС—сталь.

а — при термостатировании вала, б — без термостатирования.

Уже первые опыты показали, что интенсивность МЛ при трении на несколько порядков больше, чем при других способах возбуждения. Это позволило сравнительно легко получить спектры МЛ. Для их получения использовали набор интерференционных фильтров фирмы «Карл Цейсс» (ГДР) (максимальное пропускание 35 %, ширина полосы 8—12 нм). Кроме этого, спектр МЛ при трении КС был записан на спектрометре «РАМАЛОГ-5» фирмы «Спекс» (США) при спектральном разрешении 0.5 нм. При построении спектров МЛ учитывали спектральную чувствительность фотоприемников.

Полученные спектры МЛ при трении КС—сталь и ПММА—сталь приведены на рис. 2, 3. Они существенно отличаются от спектров газового разряда, приведенных в [4]. Поэтому МЛ не может быть объяснена газовым разрядом между берегами растущих трещин.

Необходимо отметить, что красную люминесценцию с максимумом 1.9 эВ наблюдали в кварцевом стекле при нейтронном облучении [8] и при измельчении [9]. Авторы отнесли ее к электронным переходам в разорванных Si—O связях, которые образуются при разрушении. Полоса с наиболее интенсивным максимумом при 3.3 эВ в спектре МЛ ПММА, по видимому, наблюдается впервые.

Обращает на себя внимание, что полосы в спектрах МЛ состоят из большого числа четко разрешенных максимумов. Разность частот этих максимумов приблизительно одна и та же: 1000—1100 см⁻¹ для КС и 2700—2800 см⁻¹ для ПММА (см. таблицу).

Наличие большого числа приблизительно равноотстоящих максимумов характерно для спектров люминесценции кристаллов [10]. Их существование объясняется взаимодействием электронного перехода с локальными колебаниями атома, в оболочке которого происходит электронный переход,

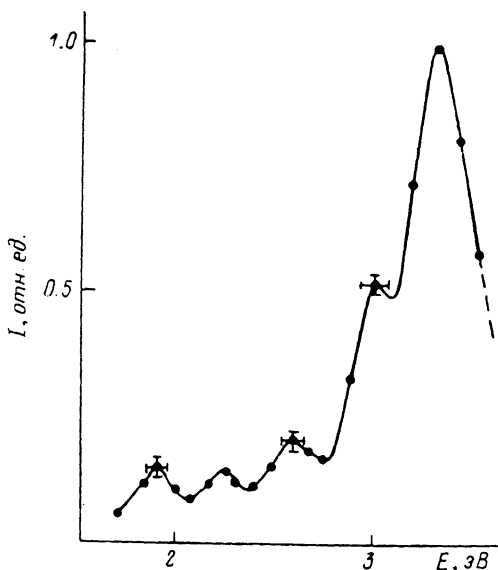


Рис. 3. Спектр МЛ при трении ПММА—сталь.

Энергия электронного перехода, эВ	Разность частот между максимумами, см ⁻¹	Отношение $n \times \nu_{lok}$
Кварцевое стекло		
2.58		
2.46	970	1
2.34	1940	2
2.21	2990	3
2.06	4200	4
1.92	5330	5
1.80	6300	6
1.67	7350	7
1.55	8320	8
1.44	9210	9
Полиметилметакрилат		
3.30		
2.96	2740	1
2.61	5560	2
2.27	8390	3
1.91	11210	4

Примечание. ν_{lok} — частота локальных колебаний возбужденных атомов.

или с колебаниями решетки кристалла. Как известно [11], частота локальных колебаний разорванных Si—O связей в кварце ≈ 1050 см⁻¹, и, следовательно, разность частот между максимумами в спектре МЛ КС может быть объяснена проявлением локальных колебаний Si—O связей. Такое объяснение хорошо согласуется с интерпретацией полос в спектре измель-

чаемого кварца [9]. В диапазон частот 2700—2800 см⁻¹ попадают валентные колебания C—H связей в ионе —C⁺H— [12]. Вероятно, слабозрешенные максимумы в спектре МЛ ПММА объясняются проявлением этих колебаний.

В рамках предлагаемого объяснения открывается возможность определения частоты «чисто» электронного перехода между нулевыми уровнями основного и возбужденного электронных состояний. Она определяется по частоте наиболее высокочастотного из максимумов и составила 2.6 эВ для КС и 3.3 эВ для ПММА.

Наблюдение колебательной структуры в спектрах МЛ интересно по двум причинам. Во-первых, оно позволяет использовать данные спектроскопии комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения для идентификации люминесцирующих центров. Во-вторых, открывается возможность исследования взаимодействия излучающих центров с остальной решеткой атомов твердого тела.

Авторы признательны С. А. Пермогорову и Т. И. Максимовой за обсуждение результатов и интерес к работе.

Список литературы

- [1] Закревский В. А., Шульдинер А. В. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 10. С. 3042—3046.
- [2] Пакович А. Б., Стрелецкий А. Н., Скуя Л. Н., Бутягин П. Ю. // Хим. физика. 1986. Т. 5. № 6. С. 812—821.
- [3] Абрамова А. Б., Пахомов А. Б., Перегуд Б. П., Щербаков И. П. // ЖТФ, 1986. Т. 56. № 5. С. 978—981.
- [4] Meyer K., Obrikat D., Rossberg M. // Kristall u. Tech. 1970. Bd 5. N 1. S. 181—188.
- [5] Chapman G. N., Walton A. J. // J. Appl. Phys. 1983. V. 54. N 10. P. 5961—5968.
- [6] Бутягин П. Ю., Берестецкий И. В., Колбанев И. В. // Кинетика и катализ. 1983. Т. 24. № 3. С. 441—445.
- [7] Молоцкий М. И. // Изв. АН СССР, сер. хим. 1983. № 12 (372э). В. 5. С. 30—40.
- [8] Силин А. Р., Трухин А. Н. Точечные дефекты и электронные возбуждения в кристаллическом и стеклообразном SiO₂. Рига: Зинатне, 1985. 244 с.
- [9] Стрелецкий А. Н., Пакович А. Б., Гачковский В. Ф., Аристов Ю. И., Руфов Ю. Н., Бутягин П. Ю. // Хим. физика. 1982. № 7. С. 938—946.
- [10] Ребане К. К. Элементарная теория колебательной структуры спектров примесных центров кристаллов. М.: Наука, 1968. 225 с.
- [11] Simon I. L. // J. Amer. Ceram. Soc. 1957. V. 40. N 1. P. 150—157.
- [12] Ола Г. А., Питтман Ч. М. // Новые проблемы физической органической химии. М.: Мир, 1969. С. 349—351.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
12 января 1989 г.
В окончательной редакции
19 июня 1989 г.

УДК 534.22.222.1

Физика твердого тела, том 31, в. 12, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 12, 1989

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОДАТА ЛИТИЯ (α -LiIO₃)

А. Э. Алиев, А. Ш. Акрамов, Р. Р. Валетов

В настоящей работе приводятся результаты исследования распространения низкочастотных (63—1655 кГц) ультразвуковых волн (УЗВ) в монокристаллах α -LiIO₃, выращенных без преднамеренного легирования из раствора с кислотностью pH=2, 2.5, 7.5. Перед измерениями все образцы предварительно отжигались при 420 К. Одновременно измерялись ширина линии собственного механического резонанса на уровне 0.707 по методу акустического интерферометра и логарифмический декремент за-