

05;05.2;05.3;09

©1995

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМИССИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ И РЕЛАКСАЦИИ ДЕФЕКТОВ

*С.Д.Заверткин*

Эффект эмиссии радиочастотных электромагнитных импульсов (РЭМИ) при тепловом воздействии на образцы дефектных диэлектриков экспериментально установлен в [1] и продолжает изучаться до настоящего времени [2,3]. Проведен большой объем исследований по подтверждению достоверности явления и расшифровке конкретных причин его возникновения в случае определенных физико-химических процессов, происходящих в различных материалах при тепловом, механическом или радиационном стимулировании. Интенсивно в последние годы изучались процессы генерирования РЭМИ при фазовых переходах (ФП), релаксации радиационных дефектов, химических реакциях и деформировании материалов [4-6]. Наиболее перспективным направлением развития метода термостимулированной радиочастотной электромагнитной эмиссии (ТСРЭЭ) является выяснение связи амплитудных и частотных значений РЭМИ с термокинетическими характеристиками перечисленных физико-химических процессов. Изучение частотных характеристик электромагнитных импульсов при ФП в жидкокристаллических средах позволило установить "разрядную" природу механизма генерирования РЭМИ [7]. Синхронного анализа амплитудных и частотных спектров ТСРЭЭ, а также параметров отдельных импульсов при ФП и релаксации радиационных дефектов ранее не проводилось.

В настоящей работе приводятся результаты исследований амплитудных и частотных спектров термостимулированной эмиссии радиочастотных электромагнитных импульсов вследствие процессов взаимного растворения в поликристаллических спрессованных смесях NaCl-KCl и термической релаксации радиационных дефектов в кварце. Поликристаллические смеси NaCl-KCl и кварц выбраны в качестве объектов исследования, так как являются модельными по отношению к сложным гетерогенным и композиционным материалам, имеют известную кристаллографическую и электронную структуру и хорошо изучены. Образец по

мещался на электрод-антенну вакуумной измерительной камеры (давление  $10^{-4}$  мм рт. ст.), температура определялась хромель-алюмелевой термопарой с точностью  $0.2^{\circ}\text{C}$ . Эмиттируемые со свободной поверхности образцов РЭМИ регистрировались емкостной антенной и по измерительным трактам подавались на анализаторы амплитудного и частотного спектров. Амплитудный спектр эмиссии РЭМИ регистрировался анализатором импульсов АИ-1024. Массив данных выводился либо на экран дисплея анализатора, либо в цифровой форме на ленту цифрорпечатающего устройства. С учетом коэффициента усиления калибровочных соотношений, ставящих в соответствие определенному номеру канала анализатора величину амплитуды импульсов, строились амплитудные спектры ЕСРЭЭ за определенный интервал нагревания. Подробно методика эксперимента приведена в [3].

Процессы образования и распада контактного твердого раствора и расплава в поликристаллических прессовках NaCl-KCl сопровождаются генерированием электромагнитных и акустических импульсов. Диаграммы фазового состояния, установленные по данным рентгенографии и результатам измерения электромагнитных и акустических сигналов, совпадают [3]. Однако интегральные характеристики (интенсивности ТСРЭЭ и АЭ) не достаточно полно отражают связь происходящих структурных и зарядовых изменений с энергетикой, временными и частотными параметрами элементарных релаксационных процессов, ответственных за генерирование РЭМИ.

На рис. 1 представлены результаты исследования амплитудного распределения импульсов ЕСРЭЭ при тепловом возбуждении ( $T_{\text{фп}} = 720^{\circ}\text{C}$ ) образцов поликристаллических смесей NaCl-KCl и образцов кварца с различным типом радиационной окраски. Амплитудные спектры импульсов ТСРЭЭ, полученные для четырех (10, 20, 40, 90 мол%) изученных составов (Na, K)Cl имеют особенности, присущие только данному составу. Однако для трех составов выделяется общая особенность: на кривых амплитудного распределения отмечен характерный максимум количества импульсов с амплитудой  $71.87 \cdot 10^{-2}$  мВ (рис. 1, а, в). Для состава 10 мол% (Na, K)Cl данный максимум не отмечен, так как при измерении по условиям эксперимента был выбран диапазон регистрации до  $52 \cdot 10^{-2}$  мВ. Данный максимум появляется на кривой амплитудного распределения в интервале образования контактного твердого раствора. Можно констатировать, что происходит "калибровка" радиоимпульсов по амплитуде в момент фазового перехода. Обнаруженный эффект, по нашему мнению, обусловлен ва-

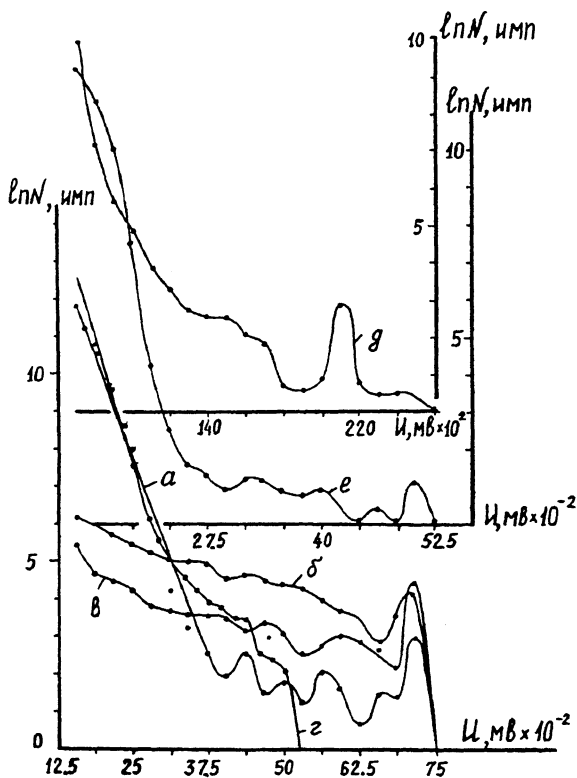


Рис. 1. Спектры амплитудного распределения радиочастотных электромагнитных импульсов, зарегистрированных при нагревании поликристаллических смесей NaCl-KCl составов: а — 40, б — 20, в — 90, г — 10 мол %, и кварца: д — дымчатой, е — аметистой радиационной окраски в интервале  $T_{\text{фн}} - 720^{\circ}\text{C}$ .

кансионным пересыщением на контакте и релаксацией электродиффузионного поля. Высвобожденная в виде радиочастотных электромагнитных импульсов энергия связана с ликвидацией развитой поверхности раздела между разнородными крупинками NaCl-KCl. Аналогичный эффект, то есть регистрация максимума на кривой амплитудного распределения РЭМИ, установлен при термической релаксации центров радиационной дымчатой и аметистой окраски в кварце (рис. 1, д, е). Фаза радиационных дефектов вследствие термического преобразования переходит в качественно новое состояние с другими структурными и термодинамическими характеристиками. Избыточная энергия высвобождается в виде РЭМИ. Таким образом, по аналогии с генерацией когерентного по частоте радиочастотно-

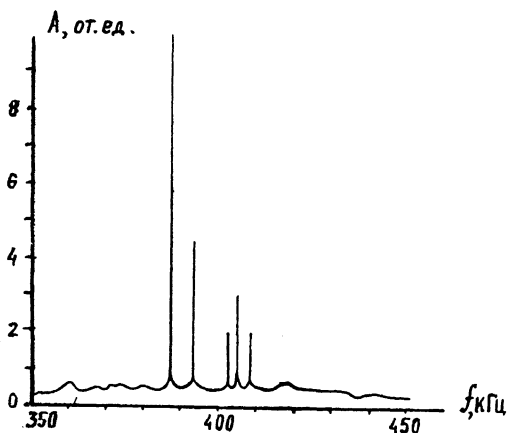


Рис. 2. Линейчатый частотный спектр радиочастотной электромагнитной эмиссии при термической релаксации аметистовых центров окраски в кварце.

го электромагнитного поля за счет химической поляризации продуктов фотохимических реакций [8] при фазовых переходах в твердом теле возможна генерация радиоимпульсов, калиброванных по амплитуде. Необходимо отметить немаловажный сопутствующий фактор: в случае, когда ФП “охвачен” большой объем гетерогенного материала с развитой границей раздела между составляющими компонентами, например, при техногенном или естественном разогреве, радиационном или механическом воздействии на минералы и горные породы в экстремальных условиях (катастрофы), величина высвобождаемой энергии может быть весьма значительной.

Дополнительные исследования частотных спектров ТСРЭЭ (рис. 2) и отдельных радиоимпульсов на запомнящем осциллографе позволили установить следующее:

а) в температурных интервалах термического разрушения радиационных дефектов кварца и взаимного растворения компонент поликристаллических смесей NaCl-KCl зарегистрирован “линейчатый” тип частотного спектра, что указывает на наличие флуктуационного (в отличие от разрядного) механизма генерирования РЭМИ;

б) в процессе ФП при взаимном растворении компонент поликристаллической смеси (интервал 10–20°C) величина амплитуды РЭМИ возрастает до максимальной ( $U \sim 72 \cdot 10^{-2}$  мВ), уменьшается время нарастания фронта и длительность импульсов ( $\tau \sim 10^{-5}$  с);

в) амплитудные и частотные спектры радиочастотной электромагнитной эмиссии в интервалах фазовых переходов и релаксации дефектов являются биографически характерными и несут информацию о временных и энергетических параметрах процессов.

Полученные данные указывают на возможность применения метода термостимулированной радиочастотной электромагнитной эмиссии для термоактивационной диагностики фазового состояния материалов и, в перспективе, для спектроскопии дефектов.

### Список литературы

- [1] Воробьев А.А., Завадовская Е.К., Сальников В.Н. // ДАН СССР. 1975. Т. 220. I. С. 82-84.
- [2] Заверткин С.Д., Сальников В.Н. // Тез. докл. на Всес. сем. "Радиационные эффекты в широкозонных оптических материалах". Ташкент, 1979. С. 51-52.
- [3] Заверткин С.Д. Автореф. канд. дис. Свердловск, 1988. 24 с.
- [4] Зильберман П.Ф., Савинцев П.А. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. 20. С. 1909-1911.
- [5] Головин Ю.И., Дьячек Т.П., Усков В.И. и др. // ФТТ. 1985. Т. 27. В. 2. С. 555-557.
- [6] Хатиашвили Н.Г. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. 18. С. 1128-1132.
- [7] Аксельрод Е.Г., Добрин В.А., Заверткин С.Д. и др. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. С. 74-78.
- [8] Бучаченко А.Л., Бердинский В.Л. // Вестн. АН СССР. 1981. №1. С. 91-98.

Томский политехнический  
университет

Поступило в Редакцию  
28 ноября 1994 г.