

01;05.3

## Явление резонансного поглощения энергии при фазовых превращениях в $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

© П.Ф. Зильберман, И.Н. Павленко, О.П. Зильберман, А.Л. Белинский

Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия, Нальчик

Поступило в Редакцию 28 августа 1997 г.  
В окончательной редакции 11 января 1998 г.

Экспериментально выявлено резонансное поглощение энергии внешнего электрического поля при фазовых превращениях в сегнетовой соли. Внешнее переменное электрическое поле приводит к появлению аномального возрастания интенсивности сигнала на частотах, характерных для частот индуцированного фазового превращения в веществе импульсного электрического сигнала.

В последние годы широко исследуется явление возникновения импульсного электрического потенциала при фазовых или химических превращениях в ионных системах. Так, в работах [1,2] показано, что данный сигнал имеет свой характерный спектр для каждого конкретного вещества и протекающего в нем процесса. Получено, например, что для  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  при температуре фазового перехода наблюдается появление импульсного электрического сигнала, спектр которого содержит максимумы на частотах 5.5, 11, 14 и 15 МГц [3]. Известно, что для данного вещества при нормальном давлении характерны два фазовых перехода второго рода, две орторомбические параэлектрические фазы ниже –255 К и выше 297 К. В интервале между этими температурами стабильна моноклинная сегнетоэлектрическая фаза [4].

В то же время известно явление направленного воздействия на фазовые и химические превращения внешними воздействиями, в частности электрическими полями. Так, для постоянных электрических полей наблюдается нелинейная зависимость от напряженности внешнего поля [5,6] скорости процесса контактного плавления, являющегося фазовым переходом первого рода. В случае синусоидальных электрических

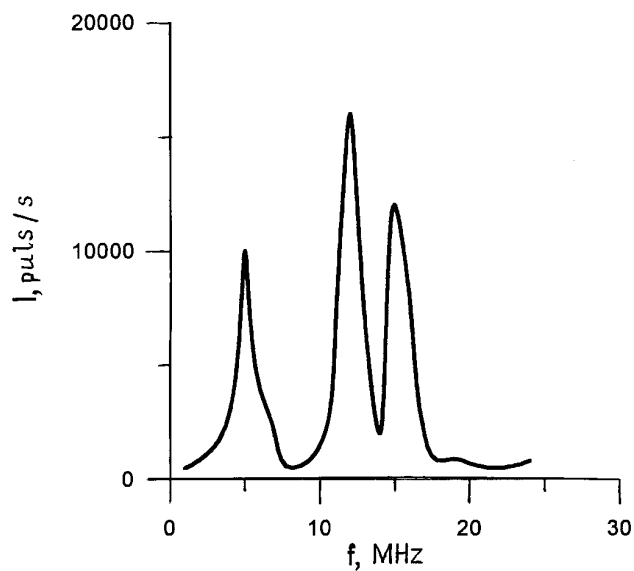
полей наблюдаются области частот, при которых наблюдается резкое возрастание скорости данного процесса [7] и наконец, для импульсных полей проявляется минимум скорости процесса, обусловленный изменениями в механизме диффузии ионов [8].

Проявление вышеуказанных эффектов позволяет предположить возможность наблюдения эффекта резонансного поглощения энергии переменного электрического поля при температуре фазового превращения в  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Для регистрации сигнала и его спектра использовались анализаторы импульсов и анализаторы спектра с предварительным высокочастотным импульсным усилителем, имеющим большое входное сопротивление. Поликристаллические образцы цилиндрической формы диаметром 8 мм, высотой 5 мм готовились прессованием из вещества марки "ХЧ". Образцы помещались в термостат с регулируемой скоростью нагрева. В образце располагались четыре платиновых электрода, два из которых использовались для подачи внешнего электрического поля и два для регистрации сигнала. Исследования проводились для импульсного электрического поля, длительность импульсов которого менялась в пределах от 0.01 до 100  $\mu\text{s}$ , а частота повторения 1–30000 Hz и синусоидального частотой 0.1–100 MHz. Генераторы позволяли изменять напряженность электрического поля в пределах 0–200 V/cm.

Изучение температурной зависимости интенсивности импульсного электрического сигнала для сегнетовой соли  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  показало, что максимальное значение данного сигнала наблюдалось при температуре  $295 \pm 3$  K, достигая при этом 1000 puls/s. Изучение спектрального состава данного сигнала на анализаторе спектра показало наличие максимумов на частотах 5, 11.5, 13.2 и 16 MHz, что достаточно хорошо согласуется с ранее полученными нами результатами.

Наложение внешнего импульсного электрического поля, параметры которого изменялись в пределах: длительность импульсов от 0.01 до 100  $\mu\text{s}$ , а частота повторения 1–30000 Hz при напряженности 200 V/cm, сопровождается значительным возрастанием интенсивности сигнала, индуцируемого при температуре фазового перехода. Величина интенсивности сигнала при отсутствии фазового превращения (фон, получаемый для диапазона температур 270–290 K) находилась в пределах 1–200 puls/s. Для данного диапазона температур в исследуемом образце существуют области спонтанной поляризации. Резкое возрастание интенсивности регистрируемого сигнала наблюдалось при температуре



Спектр сигнала, индуцированного при температуре фазового перехода в сегнетовой соли (295 К), полученный при наложении внешнего синусоидального электрического поля.

$295 \pm 3$  К и достигала величины 4700 puls/s для следующих параметров внешнего поля: частота повторения 200 Hz, а длительность 250  $\mu$ s.

Исследование влияния внешнего синусоидального электрического поля на интенсивность индуцированного в процессе фазового превращения импульсного электрического потенциала (ИЭП) показало, что возрастание интенсивности регистрируемого сигнала наблюдается также только при температуре  $295 \pm 3$  К, соответствующей температуре верхней точки Кюри сегнетовой соли. Интенсивность сигнала 9000–12000 puls/s наблюдалась в диапазоне частот 4–6, 15 MHz (см. рисунок), а диапазоне 10–13 MHz наблюдалось возрастание интенсивности до 1600 puls/s. Фоновая величина интенсивности, снятая для более низких температур и данной чувствительности усилителей, не превышала величины 500 puls/s. Такой результат указывает на возможность резонансного поглощения энергии внешнего поля на этих частотах.

Сравнение полученных нами спектров сигналов, получаемых при наличии внешнего поля и без него, показало, что в обоих спектрах

присутствуют максимумы, характерные для каждого из этих сигналов, однако спектр собственного излучения имеет интегральную интенсивность максимумов, гораздо более низкую, чем в случае наложения внешнего синусоидального поля. Учитывая, что спектр собственного, индуцированного фазовым переходом сигнала определяется величиной, характеризующей динамику перебросов ионов из одного устойчивого состояния в другое, для регистрируемого диапазона частот можно легко оценить порядок величины скорости смещения ионов. Расчеты показали, что эта величина характерна диффузионным процессам, протекающим в твердом теле. Следовательно, наложение внешнего синусоидального поля селективно интенсифицирует те смещения ионов, которые характеризуют протекающие в веществе фазовые превращения.

Таким образом, экспериментально выявлено резонансное поглощение энергии внешнего электрического поля при фазовых превращениях в сегнетовой соли. При наличии внешнего переменного электрического поля обнаружено явление аномального возрастания интенсивности сигнала на частотах, характерных для частот, индуцированного фазовым превращением в веществе импульсного электрического сигнала.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

## Список литературы

- [1] Зильберман П.Ф., Савиццев П.А. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 5. В. 9. С. 145–147.
- [2] Zilberman P.F. // The Lars Onsager Symposium. Coupled Transport Processes and Phase Transitions. Trondheim, Norway, 1993. P. 127.
- [3] Зильберман П.Ф., Савиццев П.А., Белинский А.Л. // ФТТ. 1988. Т. 30. В. 5. С. 1495–1496.
- [4] Тонков Е.Ю. Фазовые диаграммы соединений при высоком давлении М.: Наука, 1983. 280 с.
- [5] Зильберман П.Ф., Савиццев П.А., Исаков Ж.А. // Физика и химия обработки материалов. 1981. № 5. С. 86–88.
- [6] Савиццев П.А., Зильберман П.Ф., Савиццев С.П. Физика контактного плавления. Нальчик: КБГУ, 1987. С. 78.
- [7] Зильберман П.Ф., Савиццев П.А., Исаков Ж.А. // ЖФХ. 1981. Т. 55. В. 3. С. 783–784.
- [8] Зильберман П.Ф., Савиццев П.А. // ЖФХ. 1986. Т. 60. № 5. С. 1248–1249.