

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ИОНОВ ЦИНКА

высокочастотного электромагнитного поля на скорость электродных процессов //Известия ВУЗов. Сер. химия и хим. технология, 2003. – Т. 46. – Вып. 5. – С. 125-130.

11. Галюс З. Теоретические основы электрохимических методов анализа. М.: Мир, 1974. – 552 с.

12. Зегжда Г.Д., Гулл А.П., Нейковский С.И. Комплексные соединения цинка и кадмия с цистеином //Журн. неорг. химии, 1976. – Т.22. – №6. – С. 1031-1038.

13. Зегжда Г.Д. Окислительно-восстановительные процессы с участием биоаминокислот при их взаимодействии с металлами /В кн. Проблемы современной бионеорганической химии. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 122.

14. Стромберг А.Г., Попова Л.Н. Полярографическое исследование кинетики электродных процессов с участием комплексных ионов на стационарном ртутном пленочном электроде //Электрохимия, 1968. – Т. 4. – № 1. – С. 39-47.

## НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

А.Н. Романов

*Исследовано в микроволновом диапазоне поведение диэлектрических характеристик кристаллогидратов минеральных солей в интервале температур от 10 до 196°C. Выявлен гистерезис температурных зависимостей показателей преломления и поглощения кристаллогидратов карбоната натрия в циклах "нагревание – остывание".*

Кристаллогидраты минеральных солей широко распространены в природе, присутствуют в почвах, в рапе соленых озер, находят широкое применение в химической промышленности. Достоверные сведения о влиянии температуры на диэлектрические свойства кристаллогидратов в интервале температур, соответствующих основным фазовым переходам, немногочисленны [1].

В данной работе исследованы в микроволновом диапазоне диэлектрические свойства кристаллогидратов карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

На лабораторной установке мостового типа, предназначенной для измерения диэлектрических характеристик дисперсных материалов, измеряли модуль  $|T|$  и фазу  $\varphi$  электромагнитной волны с частотой 1,11 ГГц через исследуемый образец, помещенный в коаксиальный контейнер. Погрешность измерения величин  $|T|$  и  $\varphi$  составляла не более 0,2 дБ и 0,2 град., соответственно [2]. Измеренные величины использовали для определения показателей преломления  $n$  и поглощения  $k$ . Основные источники возникающих погрешностей подробно описаны в работе [2].

Для исследований брали образцы соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с химической чистотой не менее 99%. Увлажнение образцов производили дистил-

лированной водой. Объемная влажность исследуемого образца составила  $W = 0,17$ . При таком значении  $W$  образец состоял из моногидрата ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и безводной соли ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Влажность контролировали для того, чтобы исключить существование в образце 10-водных кристаллогидратов с температурой распада  $t = 32,5^\circ\text{C}$  [3], появление которых усложнило бы интерпретацию экспериментальных результатов.

Температуру измеряли электронным термометром, измерительный элемент которого приводили в плотное соприкосновение с латунным корпусом контейнера с толщиной стенок 3 мм. Погрешность измерения температуры не превышала  $0,5^\circ\text{C}$ .

Подведение тепла к контейнеру с исследуемым образцом осуществляли воздушным путем с помощью бытового калорифера с нагревательным элементом в виде спирали из нихрома, намотанной с внешней стороны на трубу из огнеупорного материала длиной 100 мм, толщиной 6 мм, диаметром 60 мм. Контейнер с образцом помещали внутрь трубы на одинаковом расстоянии от стенок для обеспечения равномерности нагрева. Охлаждение образца до комнатной температуры происходило самопроизвольно после отключения калорифера и с существенно меньшей скоростью, нежели нагревание.

В процессе эксперимента величины  $n$  и  $k$  имели положительные значения, однако при оценке погрешностей измерений диэлектрических параметров в интервале возможных значений  $k$  в ряде случаев попадали отрицательные значения, не имеющие физического смысла и связанные со статистической обработкой измеренных данных.

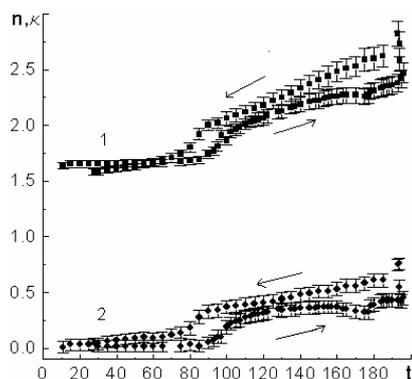


Рисунок 1 – Зависимости показателей преломления (1) и поглощения (2) кристаллогидратов карбоната натрия от температуры в цикле "нагревание – остывание"

Экспериментально было установлено, что в интервале 15...196°C диэлектрические характеристики безводного карбоната натрия от  $t$  не зависят, а для  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  наблюдается нелинейная зависимость  $n$  и  $k$  от  $t$ . При этом зависимости  $n(t)$  и  $k(t)$ , полученные при нагревании и охлаждении образца, не воспроизводятся – наблюдается гистерезис.

Как видно из рис. 1  $n$  и  $k$  в диапазоне  $t = 15...90^\circ\text{C}$  с изменением  $t$  остаются постоянными, а в интервалах 100...110 и 180...190 °C наблюдается их резкое возрастание. Первый

участок резкого возрастания  $n$  и  $k$  в интервале 100...110°C можно связать с высвобождением кристаллизационной воды в результате фазового перехода, что хорошо коррелирует с изломом на кривой растворимости [3]. Второй участок при 180...190°C, видимо, обусловлен отклонением реальной системы от состояния равновесия. Водно-солевой раствор, находящийся в замкнутом контейнере, в данном температурном интервале не насыщен по карбонату натрия. Водяной пар начинает растворять соль, что в свою очередь приводит к образованию свободных молекул воды в жидкой фазе.

Процессы, протекающие при нагревании образцов карбоната натрия в замкнутом контейнере, относятся к фазовым переходам I рода, для которых характерны гистерезисные явления, имеющие кинетическую природу. Это является причиной возникновения гистерезиса  $n$  и  $k$  кристаллогидратов карбоната натрия в циклах нагревание – охлаждение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романов А.Н. Влияние термодинамической температуры на диэлектрические характеристики минералов и связанной воды в микроволновом диапазоне // Радиотехника и электроника. – 2004. – Т.49. – №1. – С. 91-95.
2. Комаров С.А., Миронов В.Л., Романов А.Н. Аэрокосмическое зондирование гидрологического состояния почв радиофизическими методами. – Барнаул: Изд-во АГУ, 1997. – 104 с.
3. Киргинцев А.Н., Трушников Л.И., Лаврентьев В.Н. Растворимость неорганических соединений в воде. – Л.: Химия. Ленингр. отд. – 1972. – 243 с.

## ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОВОДОВ

Ю.А. Фадеев, Н.И. Крумликова

*Приведен способ исследования и оценки однородности длинных монокристаллических волокон галогенидов тяжелых металлов (CsI, TlBr, TlCl) и двухслойных волокон, основанный на высокой структурной чувствительности механических свойств кристаллических тел.*

Большой практический интерес к волоконно-оптической технологии и системам связи обусловлен тем, что решение задач в этой области непосредственно влияет на технологический уровень развития страны. Прогресс,

достигнутый в настоящее время в производстве оптических волокон, позволяет передавать информацию со скоростями в сотни Гбит/с на большие расстояния без регенерации сигнала.