

закалки стекла. Были получены оценки спектра энергий активации необратимой релаксации. При этом отмечалось, что характерные энергии в этом спектре лишь ненамного ниже энергий активации обратимой релаксации в этом сплаве, протекающей при температурах выше температуры стеклования [6, 7]. Поэтому было сделано предположение, что обратимая и необратимая части релаксационного спектра связаны с одними и теми же центрами, и процесс обратимой структурной релаксации обусловлен термоактивированными переходами между их высоко- и низкоэнергетическими состояниями. В работе [9] проверено данное предположение, а также выяснено, что с помощью специальной термической или деформационной обработки можно, по крайней мере частично, восстановить необратимый вклад во внутреннее трение и модуль сдвига в объемном металлическом стекле, т. е. так называемая «необратимая» структурная релаксация является при определенных условиях обратимой. В настоящее время ведутся дальнейшие исследования сплавов на основе Zr и других сплавов. Связано это с тем, что круг применения данных материалов постоянно расширяется, а следовательно, требуется изучение механизмов изменения свойств под влиянием различного рода воздействий. Довольно-таки много данных получено для металлических стекол в виде лент или проволок, а про массивные, т. к. они получены недавно, известно мало. Оста-

ется открытым вопрос об установлении взаимосвязи свойств ленточных и массивных металлических стекол, об увеличении методов исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Любровский Ф.Е. Аморфные металлические сплавы. М.: Металлургия, 1987. С. 584.
2. Абрисимова Г.Е., Арошин А.С., Матвеев Д.В., Молоканов В.В. // ФТТ. 2004. Т. 46. № 12. С. 2119.
3. Абрисимова Г.Е., Арошин А.С., Гуров А.Ф., Кирьянов Ю.В., Молоканов В.В. // ФТТ. 1999. Т. 41. № 7. С. 1129.
4. Абрисимова Г.Е., Арошин А.С., Кабанов Ю.П., Матвеев Д.В., Молоканов В.В., Рыбченко О.Г. // ФТТ. 2004. Т. 46. № 12. С. 2158.
5. Berlev A.E., Bobrov O.P., Usach K., Kaverin V.L., Khomik V.A., Kitagawa K., Miskuf J., Yurikova A. Nonisothermal creep of bulk  $Zr_{52}Ti_5Cu_{17.5}Ni_{14.5}Al_{10}$  metallic glass // J. Appl. Phys. 2002. V. 92. P. 5898-5903.
6. Кобелев Н.П., Кольванов Е.Л., Хоник В.А. // ФТТ. 2003. Т. 45. № 12. С. 2124.
7. Кобелев Н.П., Кольванов Е.Л., Хоник В.А. // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. Тамбов, 2003. Т. 8. Вып. 4. С. 545.
8. Кобелев Н.П., Кольванов Е.Л., Хоник В.А. // ФТТ. 2005. Т. 47. № 3. С. 400.
9. Кобелев Н.П., Кольванов Е.Л., Хоник В.А. // ФТТ. 2005. Т. 47. № 4. С. 646.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №06-01-96320p).

Поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

### СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ НАРУШЕНИЕМ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

© В.А. Федоров, А.А. Стерлюхин, Г.А. Барышев

Feodorov V.A., Sterelukhin A.A., Baryshev G.A. Structure-phase changes on surface of ionic crystals caused by change of stehiometry. Influence of an electric field and simultaneous heating on a condition of ionic crystal surfaces was investigated. It was shown, that this effect resulted in a structural changes shown as generation of the amorphous phase. It was shown, that this structural changes is phase transition, caused by the processes of accumulation of a charge in superficial layers and change of stehiometry.

При термоэлектрическом воздействии на поверхностях ионных кристаллов происходят структурно-фазовые превращения, проявляющиеся в появлении новой фазы в аморфном состоянии (рис. 1). При нагреве в отсутствие поля изменений этого типа не наблюдали.

Образование новой фазы начинается при температуре  $T_k$  – температуре перехода от примесной проводимости к собственной и обусловлено миграцией ионов в интервале температур, соответствующих собственной проводимости. Для кристаллов KCl это температура ~820 К. Для оксидов полупроводников имеет место примесная и преобладающая катионная проводимость. На поверхностях кристаллов образуется заряд как результат обеднения или насыщения приповерхностных слоев кристалла положительными ионами. Масспектрографическое исследование новой фазы показало, что ее элементный состав соответствует составу матрицы. Из этого следует, что новая фаза, имея тот же

компонентный состав, что и кристалл, отличается стехиометрическим соотношением компонентов, вследствие чего приобретает новые свойства.

Рентгеноструктурные исследования показывают изменение параметра решетки матричного кристалла на границе раздела с новой фазой. Недостаток ионов  $Li^+$  на отрицательно заряженной поверхности приводит к увеличению сил кулоновского отталкивания между ионами  $F^-$ , при обогащении поверхности ионами  $Li^+$  – увеличению сил кулоновского отталкивания между ними. На дифрактограммах, снятых с вещества новой фазы, наряду с дифракционными рефлексами обнаруживается гало. Это обстоятельство позволяет сделать заключение, что новая фаза находится в аморфном состоянии, что косвенно подтверждают и микроскопические исследования. Следовательно, можно говорить о превращении (ионный кристалл АВ) → (аморфная фаза состава АВ( $A^+$ ) или АВ( $B^-$ )) → (ионный кристалл АВ).

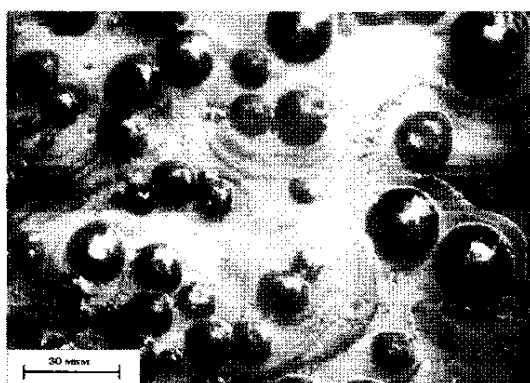


Рис. 1. Новая фаза в виде капель желеобразной консистенции на поверхности {100} KCl

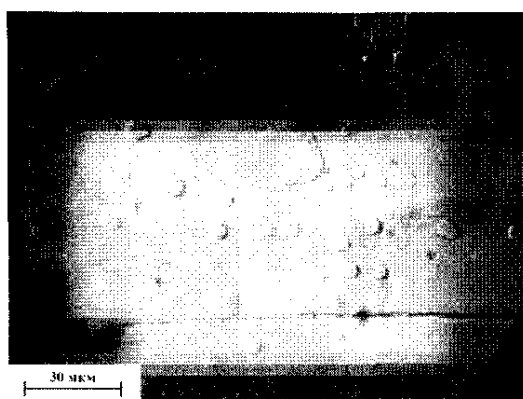


Рис. 2. Поверхность (100) кристалла KCl после термоэлектрического воздействия при отличающихся полярностях нагрева и охлаждения

Сохранение аморфной фазы при охлаждении до комнатных температур обусловлено, прежде всего, отсутствием электрического поля, обеспечивающего направленный перенос ионов и малой диффузионной подвижностью ионов при пониженных температурах, т. е. аморфная фаза при комнатной температуре представляет собой пересохлажденную неравновесную структуру, в которой с течением времени начинают развиваться процессы кристаллизации по диффузионному механизму [1].

В случае охлаждения кристаллов при полярности противоположной полярности нагрева и равенстве проходящих зарядов новая фаза исчезает (рис. 2).

Таким образом, экспериментально наблюдаются основные признаки фазового перехода: вещество новой фазы имеет свойства, отличающиеся от свойств ионного кристалла, отделено от кристалла поверхностью раздела, зарождается при температуре начала собственной проводимости, при изменении полярности электрического поля реализуется обратный переход.

Совокупность полученных результатов позволяет утверждать, что наблюдаемые структурные изменения на поверхностях ионных кристаллов представляют собой фазовое превращение, обусловленное нарушением стехиометрического состава ионного кристалла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В.А., Карьев Л.Г., Стерелюхин А.А., Мексичев О.А. Изменения поверхности щелочно-галогидных кристаллов под действием электрического поля при нагреве // *Материаловедение*. 2005. № 5. С. 40-42.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 05-01-00759).

Поступила в редакцию 16 октября 2006 г.

### О ВОЗМОЖНОСТИ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ – БУДУЩИХ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ФИЗИКИ К ОЗНАКОМЛЕНИЮ УЧАЩИХСЯ С ТЕОРЕТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ПОЗНАНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО МЕТОДИКЕ ТЕХНИКИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

© А.И. Стерелюхин, Н.И. Старцева, В.А. Федоров

Sterelyukhin A.I., Startseva N.I., Feodorov V.A. About possibility of preparing of the student – future physic teachers to the studing of theoretical methods of knowledge by the pupils on the lessons of methodique and technic of physic experiment. The possibility of studding theoretical methods of knowledge by the pupils during physical demonstration experiment is shown. The examples of such demonstrations are given.

В методологии науки выделяют два уровня научного познания: эмпирический и теоретический. Эмпирическое знание обычно связывают с наблюдением, экспериментом, процедурой измерения. Для теоретического уровня характерно применение таких методов, как мысленный эксперимент, моделирование, аналогия, выдвижение гипотез, идеализация и т. д. Перечисленные методы относят к теоретическим методам познания. Методология науки утверждает, однако, только относительную самостоятельность эмпирического и

теоретического знания и раскрывает диалектический характер взаимосвязи эмпирического и теоретического уровней научного исследования. Так, результаты опыта, возникая в известном смысле независимо от теории, рано или поздно охватываются теорией и становятся знаниями, выводимыми из нее. Диалектическая связь эмпирического и теоретического уровней познания проявляется и в том, что в науке появились такие методы исследования, как модельный эксперимент, наблю-