

Кроме того, на поверхности всех исследуемых сплавов наблюдается образование оксидной пленки, а на нанокристаллическом сплаве ещё и питтинговая коррозия.

Таким образом, наводороживающая среда изменяет механические свойства на нанокристаллическом сплаве на основе Fe, а именно – вызывает увеличение спадов механического напряжения при электро-импульсном воздействии, а кислотная среда уменьшает это воздействие на аморфных сплавах на основе Co. Следовательно, механические свойства могут изменяться не только за счет насыщения сплавов водородом, локализуящемся в свободном объеме, но и за счет изменения состояния поверхности.

Список литературы

1. Яковлев А.В., Плужникова Т.Н., Черемисина Ю.В., Васильева С.В., Федоров В.А., Колесников Д.А., Марадудина О.Н. Воздействие водородсодержащей среды на механические свойства ленточных металлических стекол // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, 2010. Т. 15. Вып. 3. С. 1103-1104.
2. Сидоров С.А., Федоров В.А., Плужникова Т.Н., Кириллов А.М., Яковлев А.В., Черникова А.А. Исследование процессов деформации аморфных сплавов в условиях импульсного электрического тока // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, 2012. Том 17, Вып. 1, С 135 – 138.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛА, ИМПЛАНТИРОВАННОГО В УСЛОВИЯХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЩГК

Федоров В.А.¹, Кочергина Ю.А.¹, Карьев Л.Г.²

¹ Тамбовский государственный университет им. Г.Р.Державина, Тамбов, Россия.
feodorov@tsu.tmb.ru

² Ямало-Ненецкий филиал Тюменского государственного нефтегазового университета,
Новый Уренгой, Россия.
jukova_knp@mail.ru

В работе [1] показано, что при термоэлектрическом воздействии в щелочно-галоидных кристаллах (ЩГК), на поверхностях с различными кристаллографическими индексами, протекают структурно-фазовые превращения. Это проявляется в образовании новой фазы в виде «капель» аморфного вещества, в котором при длительном вылеживании наблюдается рост кристаллов.

Показано также, что методом термоэлектрического воздействия возможна имплантация металла в ЩГК [2]. При этом имеет место изменение механических свойств [3], а на поверхности наблюдаются структурные изменения: образование пор, «антидендритов», дендритная кристаллизация и рост мелких кристаллов.

Цель работы исследование физических свойств кристаллов LiF с имплантированным в них при термоэлектрическом воздействии металлом, а также определение изменения элементного состава и морфологических особенностей поверхностей кристаллов.

Методика эксперимента

Исследованию подвергали образцы LiF размером $20 \times 8 \times (2-3)$ мм, которые выкалывали из крупных кристаллов по плоскостям спайности. Каждый образец раскалывали на две части по плоскости (001), между которыми помещали проволочку из сплава на основе золота (сплав ЗлНМ 7,5-1,5) диаметром ≈ 40 мкм. Образец закрепляли между электродами. Электрическое поле ориентировали нормально к плоскости (001). Комплекс «кристалл-металл» помещали в печь, где осуществляли его нагрев до 873 К со скоростью 200 К/ч. После чего образец в течение часа выдерживали при заданной температуре и напряжении между электродами 400 В. Сила тока при этом составляла 10–20 мА. Охлаждали образцы со скоростью 50 К/ч вместе с печью. После охлаждения образцы раскалывали по плоскости (100) для проведения микроскопических исследований.

Исследование электрофизических свойств проводили на стенде для измерения электрических свойств диэлектриков и полупроводников. Характеристики образцов рассчиты-

вали по следующим формулам: диэлектрическая проницаемость $\epsilon = \frac{C'}{C_0}$, где C' – емкость конденсатора, в котором пространство между и вокруг электродов полностью заполнено испытываемым диэлектрическим материалом, C_0 – емкость таким же образом расположенных электродов в вакууме; проводимость $\gamma = \frac{1}{\rho}$, где ρ – удельное сопротивление; тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{R\omega C}$, где R – сопротивление, ω – угловая частота, C – емкость.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведен участок поверхности (100) кристалла, на котором была расположена проволочка из сплава на основе золота.

Вдоль линий Line 1 и Line 2 было исследовано распределение золота и фтора. Эксперименты выполнены на растровом ионно-электронном микроскопе Quanta 200 3 D. В первом участке (line 1) металл практически не «растворился» и не проник в объем кристалла. Au локализовано в области ~ 40 мкм, что соответствует толщине проволочки. Во втором участке (line 2) металл полностью «растворился». Локальное увеличение концентрации золота наблюдается только вблизи границы контакта металла с кристаллом. Это дает основание полагать наличие в объеме кристалла имплантированных малоразмерных металлических частиц золота. Неоднородное распределение наряду с Au матричного элемента (F) позволяет предположить протекание с его участием твердофазных химических реакций.

И в первом и во втором случае (line 1, line 2) имеет место диффузия Au в объем кристалла. Концентрация Au в объеме кристалла, как показывают исследования, составляет $\sim 2-3$ ат%. На рис. 1б приведено структурное изменение поверхности проволочки из золота, подтверждающее её растворение за счет протекающих твердофазных реакций с образованием соединений фторидов золота. Такое взаимодействие возможно в условиях проводимого эксперимента [4].

Далее проводили исследование электрофизических свойств кристаллов LiF с имплантированным Au. Получены зависимости диэлектрической проницаемости, проводимости и коэффициента диэлектрических потерь от частоты. Характерный ход зависимостей исследуемых величин в кристаллах с имплантированным Au по сравнению с контрольными образцами практически не меняется. Имеют место только количественные изменения выше перечисленных параметров.

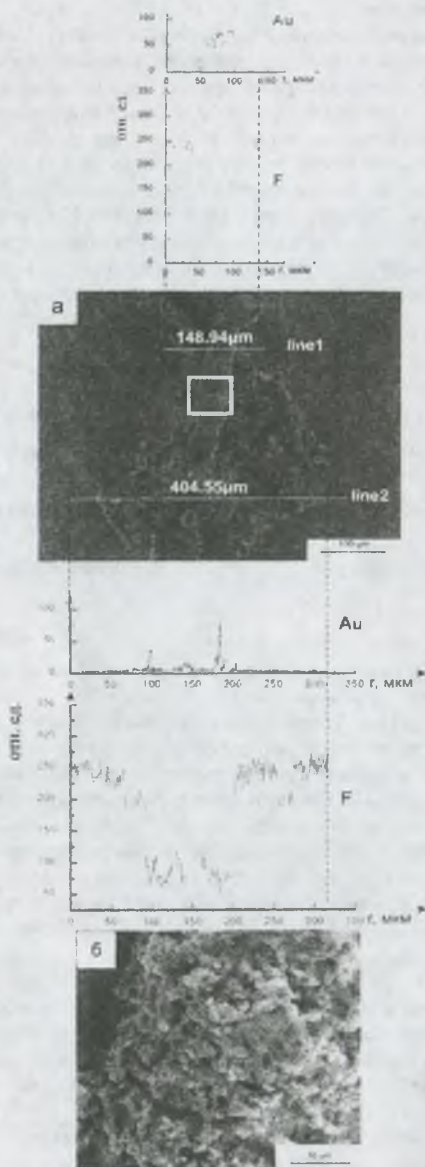


Рис. 1. Имплантация металла (Au) в ионный кристалл LiF; *a*) – поверхность кристалла (100) в зоне расположения Au. Линиями отмечены участки исследования элементного состава; распределение Au и F по направлению [001] вдоль линий line1, line2 в относительных единицах; *б*) – изменение поверхности проволочки после термоэлектрического воздействия. Участок исследования отмечен квадратом на фотографии *a*).

Так например, из графиков видно (рис.2), что диэлектрическая проницаемость понижается для соединений LiF-Au на 10% (рис.2а), проводимость кристаллов с металлическими частицами возрастает на 48% для частоты в 1 МГц (рис.2б), а коэффициент диэлектрических потерь для этих же частот уменьшается на 13% (рис.2в).

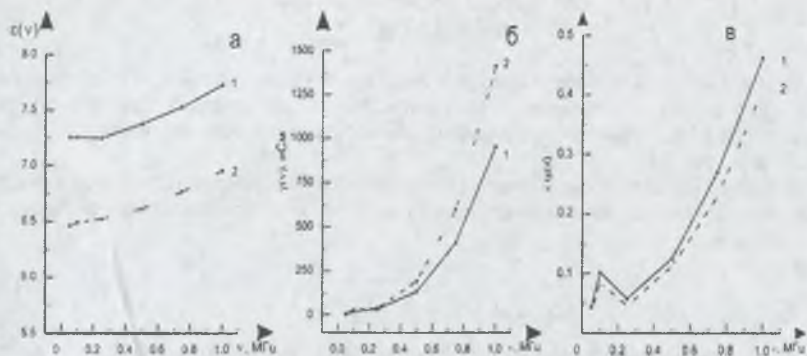


Рис. 2. Частотные зависимости электрофизических свойств кристаллов LiF (1) и кристаллов LiF с имплантированным Au (2): а) – диэлектрической проницаемости; б) – проводимости; в) – коэффициента диэлектрических потерь.

Таким образом, при воздействии нагрева и электрического поля в исследуемых образцах LiF+Au протекают твердофазные химические реакции и процессы диффузии. В результате образуются фториды Au. Появление этих соединений изменяет диэлектрическую проницаемость исследуемых образцов. Диэлектрическая проницаемость веществ является интегральной характеристикой, следовательно можно сделать вывод, что диэлектрическая проницаемость образовавшихся соединений Au имеет меньшие значения $\epsilon(v)$, чем диэлектрическая проницаемость LiF. Количественные изменения таких параметров, как проводимость и коэффициент диэлектрических потерь при изменении частоты являются следствием изменения диэлектрических свойств образцов.

Список литературы

1. Федоров В.А., Карьев Л.Г., Иванов В.П., Николюкин А.М. Поведение поверхностей сколов щелочно-галлоидных кристаллов в электрическом поле при одновременном нагреве. ФТТ 1996, т.38, №2, с.664-666.
2. Федоров В.А., Кочергина Ю.А., Новиков Г.В., Карьев Л.Г. Структура и морфология поверхностей щелочно-галлоидных кристаллов, формирующаяся при термоэлектрическом и электронном воздействиях / Влияние электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов // под ред. Громова В.Е. Новокузнецк: Изд-во «СибГИУ», 2011.-229 с.
3. Кочергина Ю.А., Карьев Л.Г., Федоров В.А., Плужникова Т.Н. Образование малоразмерных структур в ионных кристаллах при имплантации металла в условиях термоэлектрического воздействия // Материаловедение, 2011, №10, с. 38-41.
4. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов по направлению и специальности "Химия" / Я.А. Угай. – 4-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2004. – 527 с.