

УДК 537.226.0015

Г.К. Кошкина

ВЫБОР КОНТАКТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ЩЕЛОЧНОГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Электрическое старение неорганических диэлектриков – изменение их электрических и оптических свойств при длительном воздействии высокой температуры и постоянного электрического поля – ранее исследовалось на титаносодержащих керамиках и макрокристаллах щелочногалоидных соединений. Нитевидные кристаллы щелочногалоидных соединений выгодно отличаются от макрокристаллов бездислокационностью, пониженным содержанием структурных дефектов и полиметаллических примесей, совершенством поверхности и малой, постоянной по всей длине образца естественной толщиной. Поэтому можно ожидать, что выбор в качестве объектов исследования нитевидных кристаллов, позволяющих многократно исследовать процесс старения на одном образце, даст возможность надежнее и однозначно интерпретировать результаты эксперимента.

При разработке методики исследования электрического старения нитевидных кристаллов щелочногалоидных соединений в первую очередь встает вопрос о контактах. Необходимо подобрать контакты для работы в сильных (до $10^5 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$) электрических полях при высоких (до 900 К) температурах.

В исследованиях электрического старения макрокристаллов щелочногалоидных соединений в качестве катода обычно используют один из трех видов контактов: катод из расплавленного щелочного металла, плоский прижимной катод и катод-острие.

Рассмотрим возможность применения каждого из этих контактов для исследования электрического старения нитевидных кристаллов.

Поскольку толщина исследуемых нитевидных кристаллов очень мала (5–80 мкм), использование контактов из расплавленного щелочного металла представляется неприемлемым. При работе в вакууме в диапазоне температур (300–900 К), необходимых для исследования электрического старения, следует ожидать интенсивного испарения щелочного металла. Поэтому применение щелочнометаллических контактов стало возможным лишь при нанесении защитного покрытия из тугоплавкого металла. Известно, однако, что при высоких температурах щелочные металлы вступают во взаимодействие практически со всеми веществами, которые можно было бы использовать в качестве покрытий. Это взаимодействие сопровождается образованием интерметаллических и других соединений. В результате такого взаимодействия свойства контакта могут изме-

ниться: получится контакт не из щелочного металла, а из более сложного соединения.

Для проверки был выполнен следующий контрольный эксперимент.

На середину широкой грани нитевидных кристаллов через маску в вакууме методом термического испарения был нанесен металлический натрий таким образом, что боковые поверхности нитевидных кристаллов остались свободными от металла. Затем без нарушения вакуума на пленку щелочного металла наносился защитный алюминиевый слой. При выдержке на воздухе даже при комнатной температуре уже через полчаса натрий начал растекаться из-под алюминия, и вскоре вся поверхность кристалла была покрыта слоем окисленного натрия. Аналогичным был и результат такого же эксперимента, выполненного на образце, выколотом из макрокристалла NaCl. Таким образом, использовать для исследования электрического старения нитевидных кристаллов щелочногалоидных соединений щелочнометаллические контакты, даже защищенные тугоплавким металлическим покрытием, представляется нецелесообразным.

Плоские прижимные электроды, используемые в исследованиях электрического старения макрокристаллов щелочногалоидных соединений, охватывают большую поверхность кристалла. При этом обеспечивается хорошая однородность электрического поля. Однако в случае нитевидных кристаллов лишь один плоский контакт мог быть прижимным – тот, на поверхности которого рас-

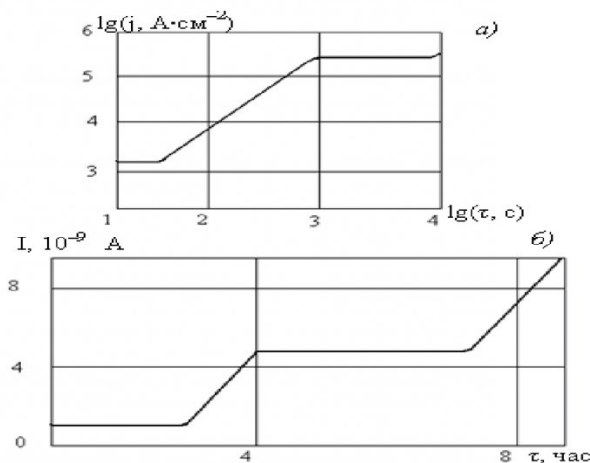


Рис. 1. Зависимость тока от времени при электрическом старении: а) макрокристаллов щелочногалоидных соединений; б) нитевидных кристаллов KBr толщиной 38 мкм

полагался исследуемый образец. Подведение же сверху второго прижимного плоского контакта сопряжено с большими трудностями, связанными с малыми размерами нитевидных кристаллов.

Поэтому плоские контакты наносились на поверхность нитевидных кристаллов методом термического испарения в вакууме. Напыление производилось на середину образца через защитную маску, испаритель при этом располагался снизу. Сверху нитевидный кристалл закрывался колпачком для защиты боковых поверхностей от попадания на них атомов металла, отраженных от стенок вакуум-колокола. Результаты, полученные при электрическом старении нитевидных кристаллов с такими контактами, согласуются с экспериментальными данными по электрическому старению макрокристаллов щелочногалоидных соединений при температурах до 600 К (рис. 1). При температуре выше 600 К начинается интенсивное испарение алюминиевых контактов с поверхности образца, и однородный прежде, равномерно нанесенный контакт становится островковым. Трактовка результатов, полученных на образцах с использованием таких контактов, затруднена.

При низких напряжениях острый металлический контакт является запиорным для электронов. Однако уже при умеренных напряжениях потенциальный барьер становится достаточно узким, и начинается эмиссия электронов в диэлектрик. Выше этих напряжений контакт становится инжектирующим.

Технология изготовления прижимных контактов острее – плоскость или острее-сфера для исследования электрических свойств нитевидных кристаллов щелочногалоидных соединений разработана ранее [1]. Острый платиновый катод является хорошим инжектирующим контактом. Это подтверждается контрольным экспериментом, в котором «ус раскола» макрокристалла KBr, легированного свинцом (0,5 молярных процента), помещался между электродами острее-сфера. Как известно, свинец является акцептором – более эффективным, чем анионные вакансии. Захват электронов на Pb^{++} -центры должен приводить к проявлению коричневой окраски.

Эксперимент выполнялся при температуре 570 К, средняя по толщине образца напряженность поля изменялась от $10^3 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$ до $10^5 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$. Как

и ожидалось, в полях $2,3 \cdot 10^3 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$ в точке контакта катод – кристалл и в дефектных местах на поверхности кристалла появились следы красно-коричневой окраски. В полях $10^4 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$ и выше наблюдалось распространение окраски от катода в объем образца, а при напряженности $5 \cdot 10^4 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$ все межэлектродное пространство равномерно окрашивалось в течение получаса. Это означает, что даже при относительно невысокой средней напряженности поля прикатодное поле достаточно велико, чтобы привести к инжекции электронов в образец путем автоэлектронной (туннельной) эмиссии или эмиссии Шоттки. На графике зависимости тока, протекающего через «ус раскола» макрокристалла KBr с примесью свинца, от вре-

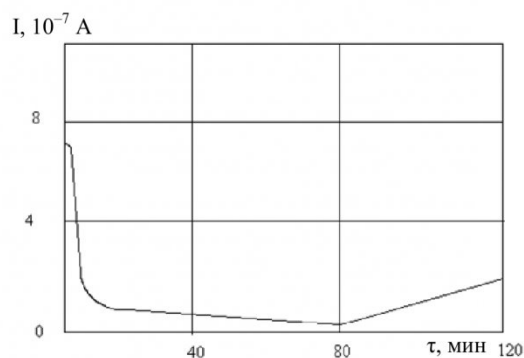


Рис. 2. Зависимость тока от времени для макрокристаллов KBr – Pb (0,5 мол. %) при действии постоянного электрического поля $1 \cdot 10^4 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$ при температуре 650 К

мени (рис. 2) наблюдается заметный начальный спад тока, связанный с заполнением глубоких ловушек электронами.

Таким образом, для исследования электрического старения нитевидных кристаллов щелочногалоидных соединений во всем температурном диапазоне (400–940 К) наиболее удобными являются прижимные электроды острее – плоскость или острее – сфера, изготовленные из тугоплавкого металла. Алюминиевые контакты, нанесенные на широкие грани нитевидных кристаллов методом термического испарения в вакууме, целесообразно применять в экспериментах, требующих однородности поля, при температурах ниже 600 К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минаев, С. М. Электрический пробой нитевидных щелочногалоидных кристаллов в зависимости от концентрации F-центров и температуры / С. М. Минаев, Э. Н. Лебединская, И. Я. Мелик-Гайказян. – Томск : Изв. ВУЗов. – Физика, 1976, №4. – С. 124–126.

□ Автор статьи:

Кошкина
Галина Кронидовна
– канд. ф.-м. наук, доц.
каф. физики КузГТУ
Тел. 8-3842-39-63-71