

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И ТВЕРДОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ**

А. А. ВОРОБЬЕВ и А. М. ТРУБИЦЫН

Физические характеристики кристаллических диэлектриков определяются величиной их энергии решетки. Вследствие указанного должна существовать связь между различными характеристиками вещества [1].

С увеличением энергии решетки кристаллов щелочно-галогидных солей возрастает их электрическая прочность, температура плавления и твердость, определенная по методу царапания [2].

Н. С. Курнаков и С. Ф. Жемчужный [3] установили, что для непрерывных твердых растворов зависимость электропроводности и температурного коэффициента сопротивления от химического состава твердого раствора выражается кривой с минимумом. Для этих случаев диаграммы зависимости твердости и давления истечения через отверстие выражаются кривыми с максимумом.

Пользуясь методом сверления, В. Д. Кузнецов и К. В. Савицкий [4] установили, что зависимость величины диаметра лунки от состава для твердых растворов системы $KCl - NaCl$ имеет минимум около 50% KCl , а для сплавов $KCl - KBr$ около 60 мол. % KCl . Соответственно твердость указанных сплавов в зависимости от состава будет изменяться по кривой с максимумом.

А. М. Трубицыным были измерены величины электрической прочности на импульсах в однородном поле для монокристаллов твердых растворов систем: $NaCl - NaBr$, $KCl - KBr$ и $KI - KBr$. Электрическая прочность монокристаллов чистых солей и твердых растворов сопоставлялась с величиной микротвердости, определенной с помощью прибора ПМТ-3.

Для определения твердости под действием постоянной нагрузки в поверхность кристалла вдавливалась алмазная пирамида с углом при вершине $136^{\circ}8'$ и квадратным основанием. Число твердости в $кг/мм^2$ определялось как частное от деления силы вдавливания пирамиды на площадь полученного отпечатка.

Для сопоставления электрической прочности с механической характеристикой последнюю также желательно иметь для малого объема.

Малая величина диагонали отпечатка (порядка 60 *микрон* при грузе 20 г) характеризует механические свойства материала в малом объеме. Процессы, приводящие к пробоям, развиваются в малых объемах. Диаметр канала пробоя составлял 80—100 *микрон*. Таким образом, измерение свойств материала в этих опытах производилось в соизмеримых объемах.

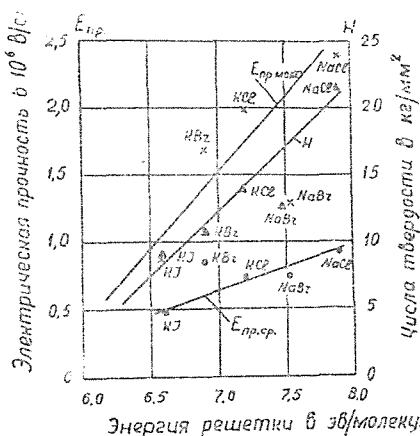
Специально исследовалось изменение микротвердости вблизи места пробоя. Изменения микротвердости монокристалла после действия высокого напряжения или пробоя не обнаружили.

На фиг. 1 представлена зависимость электрической прочности и микротвердости от энергии решетки для одних и тех же кристаллов чистых щелочно-галогидных солей. С увеличением энергии решетки, а следовательно, и химической устойчивости соединения увеличивается их микротвердость.

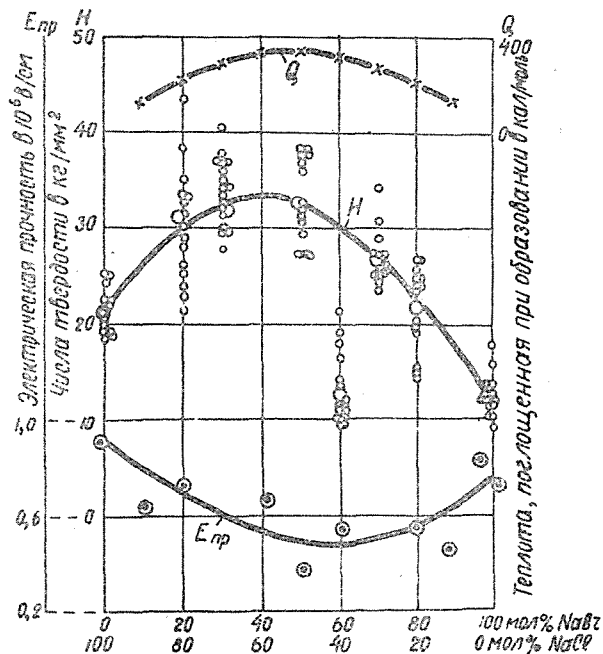
Этот результат согласуется с полученным ранее для твердости по методу царапания.

На фиг. 2, 3 и 4 представлено изменение микротвердости, электрической прочности и теплоты, поглощенной при образовании твердого раство-

Фиг. 1. Зависимость электрической прочности и микротвердости от энергии решетки для кристаллов щелочно-галогенидных солей.

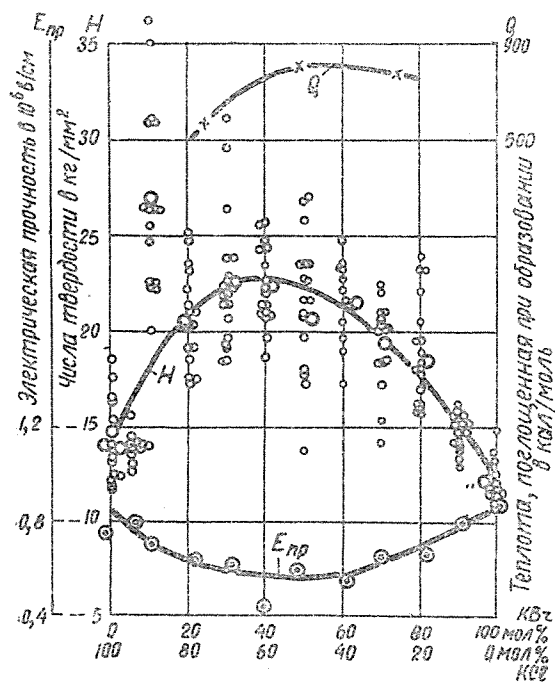


ра, в зависимости от состава монокристаллов. Измерения микротвердости производились на 3—5 пробитых образцах. Микротвердость каждого образца измерялась в 5—7 местах. На фигурах большими окружностями обозначены средние значения микротвердости.

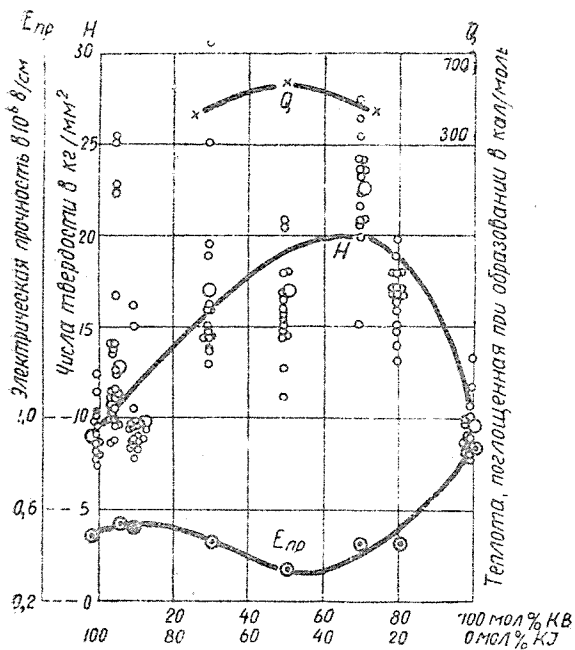


Фиг. 2. Зависимость электрической прочности ($E_{пр}$), микротвердости (H) и теплоты, поглощенной при образовании твердого раствора (Q), от состава монокристаллов системы $NaCl-NaBr$.

Изменение микротвердости монокристаллов твердых растворов получено такое же, как в опытах Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного и В. Д. Кузнецова и К. В. Савицкого для твердости, определенной другими методами.



Фиг. 3. Зависимость электрической прочности ($E_{пр}$), микротвердости (H) и теплоты, поглощенной при образовании твердого раствора (Q), от состава монокристаллов системы $KCl-KBr$.

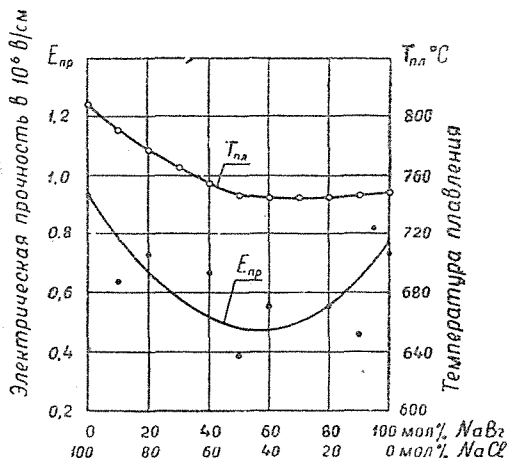


Фиг. 4. Зависимость электрической прочности ($E_{пр}$), микротвердости (H) и теплоты, поглощенной при образовании твердого раствора (Q), от состава монокристаллов системы $KI-KBr$.

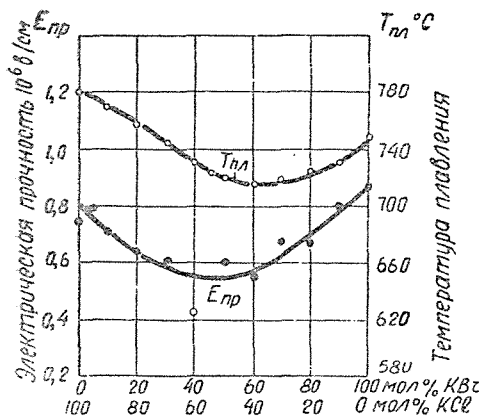
В отличие от результатов, полученных для монокристаллов чистых солей, для твердых растворов с замещенным галогидом увеличение микротвердости сопровождается уменьшением их электрической прочности.

Изменение электрической прочности монокристаллов твердых растворов ранее мы связали с величиной энергии, поглощенной при образовании твердого соединения, с его химической устойчивостью [5]. Электрическая проч-

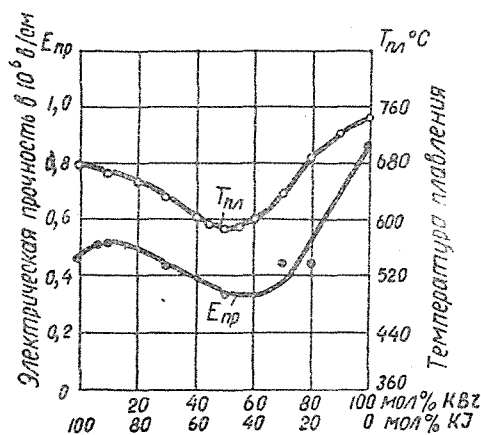
Фиг. 5. Изменение электрической прочности ($E_{пр}$) и температуры плавления ($T_{пл}$) в зависимости от химического состава монокристаллов твердых растворов NaCl—NaBr.



ность и температура плавления для рассматриваемых сплавов с замещенным анионом изменяются одинаково, уменьшаясь или увеличиваясь при изменении химического состава (фиг. 5, 6, 7). Следовательно, с увеличением химической устойчивости сплавов возрастает их температура плавления и электрическая прочность.



Фиг. 6. Изменение электрической прочности ($E_{пр}$) и температуры плавления ($T_{пл}$) в зависимости от химического состава монокристаллов твердых растворов KCl—KBr.



Фиг. 7. Изменение электрической прочности ($E_{пр}$) и температуры плавления ($T_{пл}$) в зависимости от химического состава монокристаллов твердых растворов KI—KBr.

Соотношение между микротвердостью монокристаллов твердых растворов и их электрической прочностью на основании теории сплавов можно объяснить следующим образом.

Считают, что изменение физических свойств металла обусловлено наличием в кристаллической решетке напряжений и остаточных микроискажений. Избыточная потенциальная энергия атомов, смещенных из равновесного по-

ложения, представляющая скрытую энергию деформации решетки, количественно характеризует степень несовершенства кристаллической решетки. Свойства деформированного металла связывают с величиной этой энергии.

Из теории сплавов известно, что внутренние напряжения, возникающие при закалке стали, повышают ее твердость и микротвердость. Поэтому с увеличением концентрации энергии, поглощенной при образовании твердого раствора, возрастает и микротвердость монокристаллов.

С возрастанием величины поглощенной энергии микротвердость монокристаллов твердых растворов действительно возрастает. Таким образом, уменьшение электрической прочности монокристаллов твердых растворов и одновременное увеличение их микротвердости можно объяснить как следствие степени искажения кристаллической решетки и концентрации внутренних напряжений.

Приведенные в этой статье материалы экспериментальных исследований устанавливают связь между величиной электрической прочности твердых диэлектриков и их механической характеристикой—микротвердостью и внутренними напряжениями, величина которых определяется энергией, поглощенной во время образования твердого раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ферсман А. Е. Геохимия, т. 3, 1937. Воробьев А. А. и Завадовская Е. К. Известия ТПИ, т. 83, 1955. ДАН 81, 375, 1951, ЖФХ XXVIII, 7, 1210—1212, 1954.
2. Воробьев А. А. Известия ТПИ, т. 83, 1955.
3. Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф. Собрание избранных работ Н. С. Курнакова, т. 1, 1938.
4. Кузнецов В. Д. и Савицкий К. В. Труды СФТИ, 5, 175, 1939.
5. Воробьев А. А., Завадовская Е. К. и Трубицын А. М. ДАН.
6. Хоткевич В. И., Чайковский Э. Ф. и Зашквара В. В. ДАН 96, 483, 1954.