

**ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ  
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $KCl - KBr - SrCl_2$ , ОБЛУЧЕННЫХ  
ПРОТОНАМИ**

В. А. ГРИШУКОВ

Показано, что в зависимости от концентрации введенной примеси стронция в твердые растворы она оказывает различное влияние на радиационное изменение диэлектрических потерь в этих кристаллах. Если небольшие концентрации примесей (до  $3 \cdot 10^{-3}$  мол. %) вызывают появление мощного диэлектрического поглощения, то дальнейшее увеличение содержания примесей в твердых растворах приводит к значительному уменьшению этого поглощения. Предлагаются механизмы, объясняющие уменьшение диэлектрического поглощения.

It is demonstrated that divalent impurities show different preference on radiation change of dielectric loss in the dependence from introduced concentration impurities in solid solution crystals. A small concentration impurities ( $3 \cdot 10^{-3}$  mol. %) evokes appearance of the paved dielectric absorption. Further increase of maintenance divalent impurities in crystals brings to considerable decrease of the absorption. It is proposed mechanism explaining decrease of dielectric absorption.

Исследование облученных кристаллов твердого раствора  $KCl - KBr$  [1] показало, что в составах с большим содержанием  $KBr$  и в компоненте  $KBr$  наблюдается диэлектрическое поглощение, которое полностью исчезает после отжига до  $200^\circ C$ . Эти результаты свидетельствуют о том, что либо излучение создает вновь дефекты, способные дать такое интенсивное диэлектрическое поглощение, либо оно только увеличивает электрическую активность имеющихся дефектов.

Оптическое и термическое обесцвечивание [2] показало, что центры окраски, по-видимому, не являются составной частью радиационных дефектов, ответственных за диэлектрическое поглощение в  $KBr$ .

Известно, что щелочноземельные ионы являются акцепторами для дырок, генерируемых излучением. Поэтому если в образовании радиационных дефектов, ответственных за диэлектрическое поглощение, участвуют локализованные дырки, то введение ионов стронция в кристалл должно изменить амплитуду пика диэлектрического поглощения. Для выяснения природы обнаруженной абсорбции были исследованы кристаллы твердого раствора с примесью стронция.

Исследуемые кристаллы твердого раствора с различными добавками стронция были выращены из расплава. Концентрация примеси в каждом исследованном образце определялась комплексометрическим методом с помощью колориметра-нефелометра ФЭК-56.

Облучение проводилось протонами с энергией 4,5 МэВ с двух сторон образца, причем толщина кристалла выбиралась такой, чтобы обеспечить наиболее равномерное по объему окрашивание. Интегральная доза составляла  $1 \cdot 10^{15}$  протон/см<sup>2</sup>.

Введение примесей стронция в концентрациях  $3 \cdot 10^{-3}$  мол. % в КВг и составы твердого раствора с большим содержанием КВг привело к появлению мощного диэлектрического поглощения в области температур около  $120^\circ\text{C}$ . На низких частотах (300 гц) намечается раздвоение пика диэлектрического поглощения. В температурной зависимости диэлектрической проницаемости этих кристаллов наблюдается резкое увеличение  $\epsilon$  и смещение максимума при увеличении частоты в область высоких температур.

Раздвоение пика особенно наглядно на облученном и оптически обесцвеченном кристалле КВг (рис. 1). Из рис. 1 видно, что низкотемпературный пик носит явно релаксационный характер с характерным для релаксационных процессов изменением действительной части диэлектрической проницаемости. Энергия активации релаксационной поляризации составляет 1,2 эв.

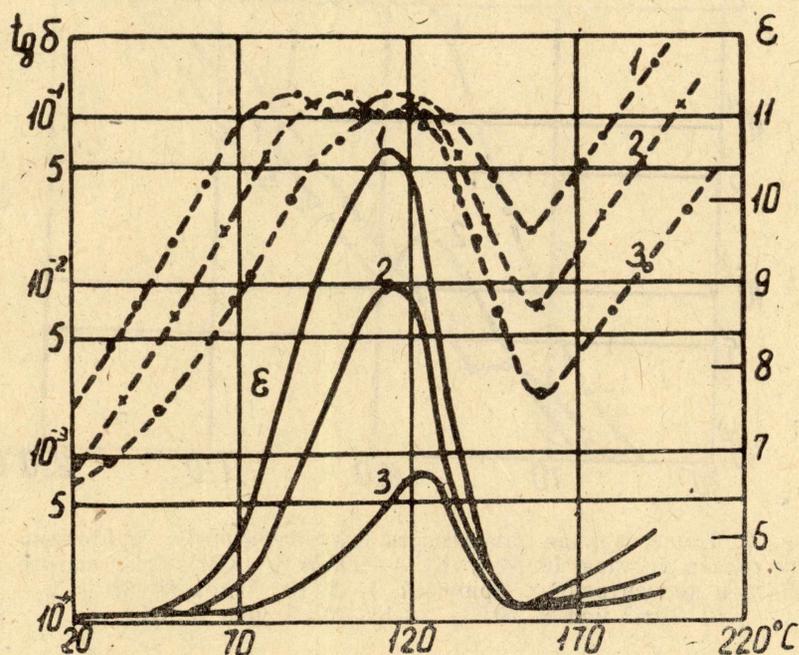


Рис. 1. Температурная зависимость  $\text{tg } \delta$  и  $\epsilon$  для кристаллов КВг +  $3 \cdot 10^{-3}$  мол. %  $\text{Sr Cl}_2$ , облученных протонами и высвеченных белым светом. 1 — 300 гц, 2 — 1000 гц, 3 — 5000 гц

Пик диэлектрического поглощения со стороны высоких температур имеет резкий спад и минимум  $\text{tg } \delta$  на всех частотах приходится на одну и ту же температуру. Это уменьшение  $\text{tg } \delta$  со стороны высоких температур наводит на мысль, что, вероятно, происходит отжиг радиационных дефектов, ответственных за диэлектрическое поглощение. В настоящее время пока нет ясности, действительно ли имеют место два близко расположенных пика диэлектрического поглощения, либо это раздвоение пика обусловлено другими причинами. Обнаружено, что на диэлектрическое поглощение сильное влияние оказывает концентрация примеси в кристалле. Увеличение концентрации примеси стронция в кристаллах приводило к резкому снижению пика диэлектрического поглощения и смещало его в область низких температур (рис. 2). Таким образом, с одной стороны, введение небольших добавок примеси в кристаллы КВг и составы с большим содержанием КВг приводит к появлению одной или двух областей сильного диэлектрического поглощения, значительно превышающего поглощение в «чистых» кристаллах, а с другой—увели-

чение примеси приводит к резкому снижению абсолютной величины диэлектрического поглощения. Это, на первый взгляд, противоречие возможно объясняется следующими причинами.

Можно предположить, что термическая устойчивость радиационных дефектов сильно зависит от концентрации примесей в кристалле. В этом случае при небольших концентрациях стронция в кристалле область температур, при которых начинают релаксировать радиационные дефекты и область устойчивого их состояния, совпадают и наблюдается сильное диэлектрическое поглощение. По мере увеличения концентрации приме-

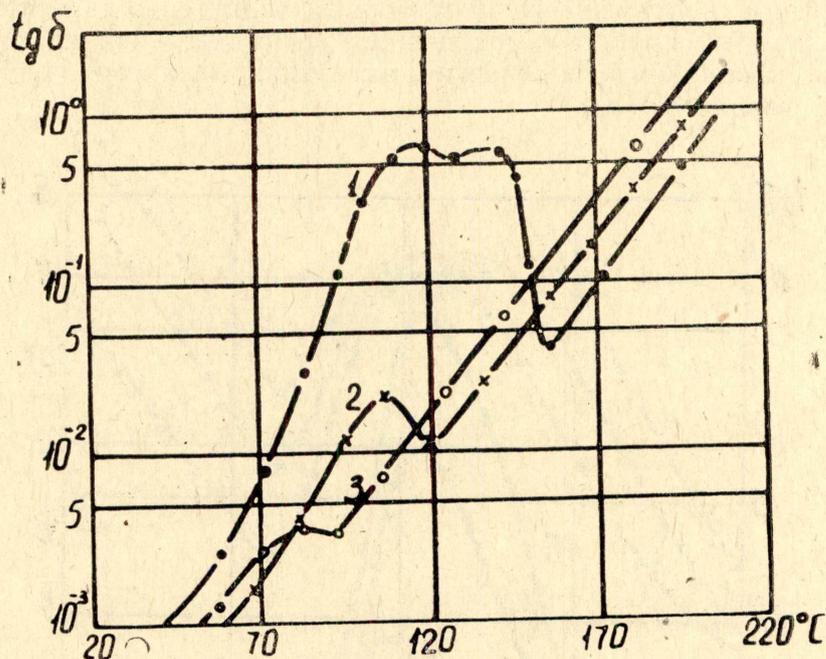


Рис. 2. Температурная зависимость  $\text{tg}\delta$  облученных протонами кристаллов состава 10 М %  $\text{KCl}$ —90 М %  $\text{KBr}$  при частоте 300 гц и концентрациях примесей 1— $3 \cdot 10^{-5}$  мол. %  $\text{SrCl}_2$ , 2— $12 \cdot 10^{-3}$  мол. %  $\text{SrCl}_2$ , 3— $18 \cdot 10^{-3}$  мол. %  $\text{SrCl}_2$

сей температура их разрушения сдвигается в область низких температур, тогда как время релаксации либо уменьшается с меньшей скоростью, либо не изменяется вообще. В этом случае радиационные дефекты отжигаются не успев проявиться в процессах релаксации.

Возможен и другой механизм, объясняющий уменьшение абсорбции. Исходя из положения о двойном распределении примесей в кристаллах, бесспорным является тот факт, что при увеличении концентрации примесей в кристаллах доля примесей на дислокациях, блоках мозаики и т. д. будет возрастать по сравнению с долей примесей, растворенной в решетке. В этом случае, если предположить, что моделью релаксаторов является  $V_2$ -центр, локализованный на катионной вакансии возбужденного комплекса [2], то с увеличением концентрации примесей на особых местах увеличивается вероятность локализации дырок на примесных ионах, находящихся на блоках мозаики, дислокациях и т. д., что приводит к резкому снижению концентрации диполей, ответственных за релаксацию.

Проведенный комплекс исследований показал, что примеси двухвалентных металлических ионов играют важную роль в радиационном изменении диэлектрических свойств твердых растворов  $\text{KCl}$ — $\text{KBr}$ .

В заключение пользуюсь случаем поблагодарить Е. К. Завадовскую и Ю. М. Анненкова за предложение темы и постоянное внимание к работе и В. Воропаеву за проведение измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Анненков, В. А. Гришуков. Известия ТПИ, т. 139, Томск, 1965.
2. Ю. М. Анненков. Изв. ТПИ, т. 139, Томск, 1965.