

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПРОТОНАМИ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ KCl—KBr

В. А. ПОПОВ, В. Д. РУЦКОВ

Известно, что основной вклад в ионную проводимость щелочно-галогидных кристаллов обусловлен катионными вакансиями; таким образом, измеряя электропроводность кристаллов, можно контролировать дефективность катионной субрешетки [1].

В работах Кобаяси, Смолуховского и Пирлштейна было показано, что предварительное облучение протонами снижает электропроводность щелочно-галогидных кристаллов [1, 2, 3].

Возможны по крайней мере два объяснения этого явления:

1. Уменьшение проводимости связано с нейтрализацией вакансий, ответственных за электропроводность, путем захвата электронов и дырок [1]. Эта гипотеза основана на быстром электронном процессе, не зависящем от температуры. Она не получила экспериментального подтверждения.

2. Уменьшение электропроводности связано с образованием нейтральных комплексов катионных и анионных вакансий, вследствие чего уменьшается число свободных вакансий, ответственных за электропроводность [2]. Этому соответствует механизм Варли. Этот механизм обеспечивает избыток анионных вакансий. При достаточно высоких температурах, обеспечивающих подвижность вакансий, становится возможным образование нейтральных комплексов, состоящих из анионных и катионных вакансий, в результате чего происходит уменьшение проводимости. При дальнейшем повышении температуры группы вакансий диссоциируют и дефекты отжигаются [2]. Это приводит решетку кристалла в исходное состояние, и проводимость становится равной проводимости необлученного кристалла.

В данной работе исследовалось влияние изодозного протонного облучения $6 \cdot 10^{14}$ прот./см² на электропроводность твердых растворов KCl—KBr. Монокристаллы твердых растворов выращивались методом Киропулоса. Измерение электропроводности образцов производилось не позднее, чем через 10 дней после выращивания монокристалла. Электропроводность измерялась в условиях вакуума с помощью усилителя типа „Кактус“. Облучение образцов производилось протонами с энергией $4,0 \pm 0,1$ Мэв на циклотроне Томского политехнического

института. При облучении предполагалось, что прокрашивание растворов изменяется аддитивно с составом. Глубина прокрашивания KCl — 270 $\mu\text{к}$, KBr — 220 $\mu\text{к}$. Температура образцов во время облучения не превышала 40°C (ток протонного пучка 0,2 $\mu\text{а}$). Зависимость $\lg \sigma = f\left(\frac{10^4}{T}\right)$ для необлученных образцов имела вид прямых. Для облученных кристаллов в линейной зависимости $\lg \sigma = f\left(\frac{10^4}{T}\right)$ наблюдается

перелом при различных температурах в зависимости от состава. Результаты исследования электропроводности твердых растворов KCl—KBr представлены на рис. 1 в виде зависимости $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}} = f(t^\circ\text{C})$.

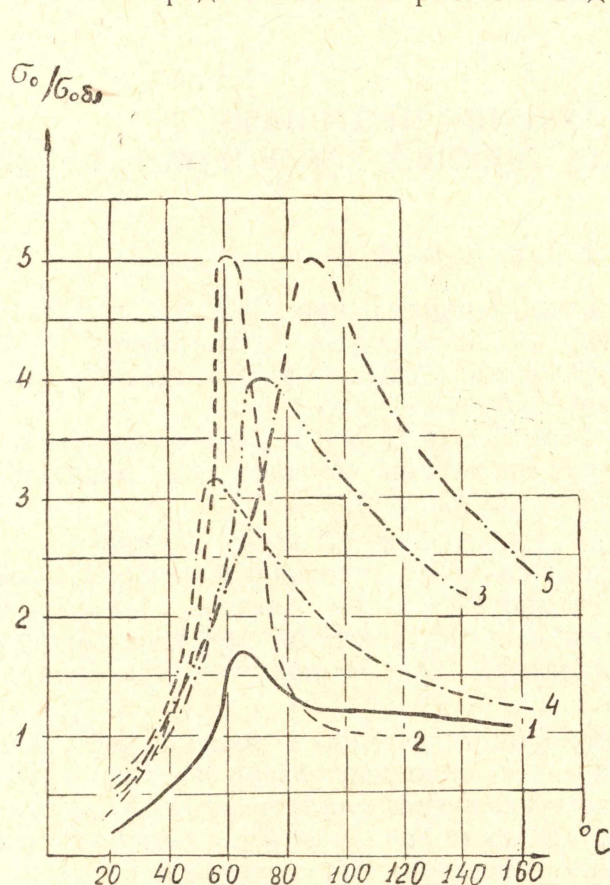


Рис. 1. Зависимость $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}} = f(t^\circ\text{C})$ для твердых растворов KCl—KBr: 1. KBr; 2. KCl; 3. KCl—KBr 50—50 %. 4. KCl—KBr 10—90 %; 5. KCl—KBr 90—10 %.

содержания KCl в KBr вызывает сдвиг максимума $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}}$ в сторону более высоких температур.

Понижение проводимости твердых растворов KCl—KBr при изодозном облучении протонами $6 \cdot 10^{14}$ прот./ см^2 , видимо, связано с образованием нейтральных комплексов [2]. При исследовании диэлектрических потерь в щелочно-галогидных кристаллах, проводимом аспирантом Ю. М. Анненковым наблюдались релаксационные максимумы в зависимости $\lg \delta = f(t^\circ\text{C})$, возникновение которых связано с образованием нейтральных комплексов.

В области температур 20° — 40°C проводимость облученных кристаллов выше, чем у необлученных. Выше 40°C проводимость образцов всех составов (кроме KBr) уже ниже, чем у необлученных. В облученных образцах KBr проводимость ниже, чем в необлученных, уже при $t > 56^\circ\text{C}$. Отношение $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}}$ в зависимости от температуры достигает максимума для кристаллов KCl и KBr в интервале температур от 58°C до 63°C. Величина максимума $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}}$ для кристалла KCl в 3 раза больше, чем для KBr. Таким образом, наибольшее понижение электропроводности после облучения протонами наблюдается у кристаллов KCl.

Для твердых растворов величина максимума $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}}$ изменяется в зависимости от соотношения компонент, а именно, возрастает с увеличением содержания KCl в KBr. Кроме того, увеличение

В зависимости $\lg \delta = f(t^{\circ}\text{C})$ после облучения протонами наблюдаются релаксационные максимумы, возникновение которых объясняется образованием нейтральных комплексов.

Из зависимости $\lg \sigma = f\left(\frac{10^4}{T}\right)$ была определена энергия активации процесса электропроводности согласно формуле

$$\sigma = A \cdot e^{-\frac{U}{\kappa T}}. \quad (1)$$

В табл. 1 приведены энергия активации и температура перелома в зависимости $\lg \sigma = f\left(\frac{10^4}{T}\right)$.

Таблица 1

Состав в % моль KCl—KBr	Энергия активации в эв			$t^{\circ}\text{C}$ перелома
	необлученные	облученные		
		до перелома	после перелома	
0—100	1,07	0,59	1,10	63
10—90	0,81	0,86	0,91	56
50—50	0,99	0,59	1,03	20
90 10	1,01	0,62	1,19	86
100—0	1,15	0,65	1,19	58

Энергия активации твердых растворов меньше, чем у чистых компонент. С увеличением содержания KCl в KBr возрастает энергия активации процесса электропроводности.

Выводы

1. Получены качественные данные о влиянии изодозного облучения протонами на электропроводность твердых растворов KCl—KBr: выше 40°C проводимость твердых растворов KCl—KBr ниже, чем у необлученных образцов.

2. Величина максимума $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}}$ в твердых растворах возрастает с увеличением содержания KCl в KBr.

3. Положение максимума $\sigma_0/\sigma_{\text{обл}}$ смещается в сторону более высоких температур с увеличением содержания KCl в KBr.

4. Энергия активации процесса электропроводности твердых растворов KCl—KBr, необлученных и после облучения протонами меньше, чем у чистых компонент.

5. Энергия активации процесса электропроводности зависит от химического состава твердых растворов, с увеличением содержания KCl в KBr энергия активации растет.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Kobayashi. The Phys. Rev. vol. 102, 348, 1956.
2. Р. Смолуховский. Доклад на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, т. 7, 1955.
3. Pearlstein E. A. Phys. Rev. vol. 29, № 4, 1953.
4. Тезисы докладов на XII совещании по люминесценции, Львов, 30/1-5/II—64 г. стр. 34, 1964.