

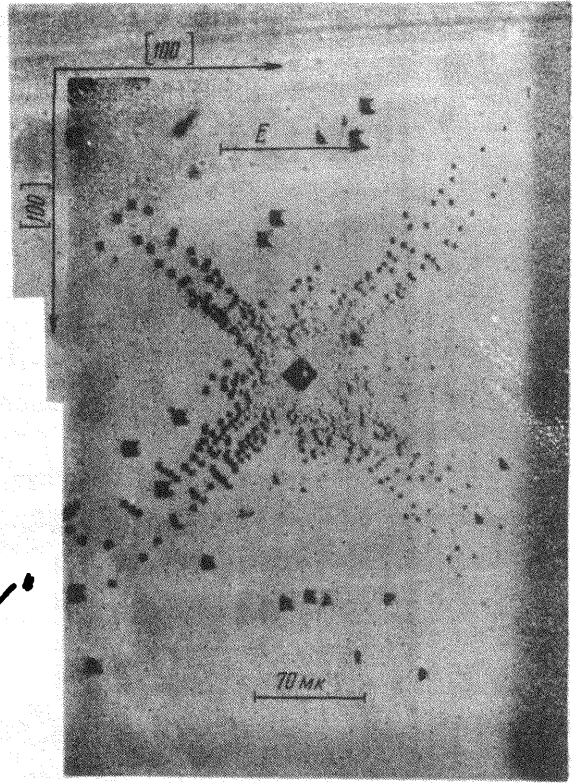
*Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 283 – 286*

*5 сентября 1971 г.*

## ОБ ОЦЕНКЕ ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА НА ДИСЛОКАЦИЯХ В КРИСТАЛЛАХ NaCl

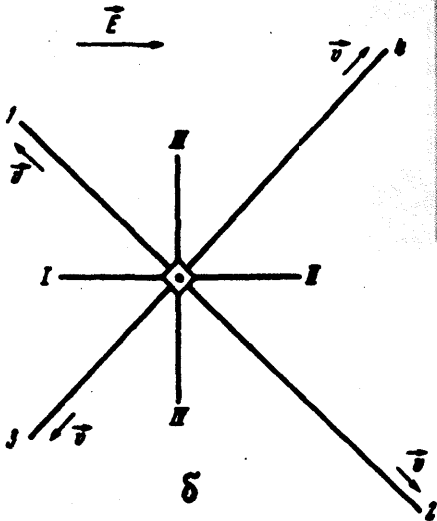
*Н. В. Загоруйко, В. И. Савенко, Н. Н. Беккауер*

Важнейшей характеристикой дислокации в ионных кристаллах является линейная плотность эффективного (нескомпенсированного) заряда, распределенного вдоль линии дислокации. Оценки этой плотности осуществлялись до настоящего времени либо косвенными методами [1 – 3], либо исходя из модельных представлений [4] и поэтому являются в значительной степени приближенными. В данной работе описан новый экспериментальный метод определения линейной плотности заряда на дислокациях, возникающих и перемещающихся в кристаллах NaCl при одновременном действии сосредоточенной нагрузки и внешнего электрического поля.



а

Характерная ассиметричная дислокационная розетка, возникшая при микроиндентировании в электрическом поле  $E = 26 \text{ кэ/см}$ . Стрелками показаны направления движения дислокаций в лучах



б

1. Нами были измерены длины лучей дислокационных розеток (т. е. пробеги лидирующих или головных дислокаций), возникающих при микроиндентировании поверхности (001) монокристаллов NaCl во внешнем электрическом поле и без него. В качестве образцов использовались выколоченные по плоскости спайности бруски размерами  $4 \times 4 \times 10 \text{ м.м.}^3$  (предел текучести  $\sigma_y = 250 \text{ т/мм}^2$ ; исходная плотность дислокаций  $N = 10^4 \text{ см}^{-2}$ ; суммарная концентрация двухвалентных примесей  $10^{-2}$  ат.%). Микроиндентирование проводилось на приборе ПМТ-3 с помощью алмазной пирамиды, нагрузка на индентор составляла 2 тр. В опытах в электрическом поле образцы помещались между расположенными вертикально пластинами конденсатора; вектор внешнего электрического поля  $E$ , совпадавший с направлением  $[100]$  кристаллической решетки образца, был коллимирован диагонали отпечатка. После нанесения серни отпечатков образцы травились в ледяной уксусной кислоте.

При этом вокруг каждого отпечатка выявлялась характерная для деформации под действием сосредоточенной нагрузки дислокационная розетка укола.

2. При исследовании действия внешнего электрического поля на длины лучей дислокационной розетки следует ожидать прежде всего изменения длин так называемых краевых лучей, т. е. пробегов лидирующих дислокаций краевого типа, так как именно краевые дислокации сохраняют заряд при своем движении. Что касается винтовых лучей, то их длины также могут измениться, поскольку петельки, из которых состоят винтовые лучи розетки, из-за своей кривизны имеют краевые компоненты. Однако изменение длин винтовых лучей под действием поля должно быть сравнительно мало. Экспериментальные данные, полученные при микроиндентировании кристаллов NaCl во внешнем электрическом поле, подтверждают эти предположения.

В таблице приведены средние (усреднение по 200 розеткам) расстояния от центра розетки до лидирующих дислокаций в краевых и винтовых лучах, расположенных по отношению к вектору внешнего поля так, как показано на рис. 6.

	Длина винтовых лучей, ( $\mu$ )				Длина "краевых" лучей ( $\mu$ )			
	$\zeta_I$	$\zeta_{oII}$	$\zeta_{III}$	$\zeta_{IV}$	$\zeta_{o1}$	$\zeta_{o2}$	$\zeta_{o3}$	$\zeta_{o4}$
$E = 0$	29	29	28,5	28,5	67	67	66	66
$E = 26 \text{ кВ/см}$	30	29,5	29,5	30	68	81	67	79

Опыт свидетельствует, что средние значения длин винтовых лучей розеток, полученных в поле и без него, практически совпадают. Совпадают также длины винтовых лучей  $\zeta_{oII}$  ( $\zeta_I$ ) и  $\zeta_{III}$  ( $\zeta_{IV}$ ), различно ориентированных по отношению к вектору  $E$  (рис. 6). Это означает, что добавочными механическими напряжениями в кристалле, связанными с электрострикцией, возможным в данном случае (несмотря на центросимметричность кристаллов NaCl) обратным пьезоэфф. эффектом и пондеромоторными силами между частями прибора можно пренебречь. Поэтому увеличение в среднем на 20% (при среднеквадратичной ошибке не более 2%) длин краевых лучей  $\zeta_{o2}$  и  $\zeta_{o4}$  в которых дислокации двигались по направлению составляющей вектора  $E$ , может быть обусловлено непосредственным взаимодействием положительно заряженных краевых дислокаций с внешним электрическим полем.

3. Это обстоятельство позволило найти среднюю линейную плотность заряда на краевых дислокациях. Индентирование части образцов проводилось при замене внешнего электрического поля одноосным сжатием образца. Барьированием давления на его торцы в соответствующих плоскостях скольжения создавались добавочные скальвающие напряжения  $\tau_b$ , вызывавшие такое же увеличение пробегов лидирующих краевых дислокаций, как и под действием электрического поля. Как показал опыт,  $\tau_b = 26 \text{ т/мм}^2$ . Приравнивая добавочные силы, действующие на едини-

пу длины лидирующей дислокации во внешнем электрическом поле и в одноосном напряженном состоянии, получим:

$$\rho_+ = \frac{\tau_b^{(20\%)} b}{E \cos 45^\circ} = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ CGSE а/см} \quad (1)$$

(здесь  $b$  — вектор Бюргерса краевой дислокации).

4. Длины краевых лучей, в которых дислокации перемещались против составляющей вектора  $E$  в соответствующих плоскостях, оказались (в пределах ошибок опыта) практически одинаковыми в поле и без него (см.  $\ell_{01}$  и  $\ell_{03}$  в таблице). При таком движении относительно вектора  $E$  должны были бы увеличиться пробеги краевых дислокаций, имеющих нескомпенсированный отрицательный заряд: расчет, аналогичный пункту 3, позволил указать верхнюю границу средней линейной плотности возможного отрицательного заряда на дислокациях:

$$\rho_- = \frac{\tau_b^{(2\%)} b}{E \cos 45^\circ} = - 8 \cdot 10^{-5} \text{ CGSE а/см} \quad (2)$$

здесь  $\tau_b^{2\%}$  — добавочное скалывающее напряжение, вызывающее удлинение краевых лучей на 2%. Эта величина (по модулю) является одновременно мерой точности оценки линейной плотности заряда, данной соотношением (1).

В заключение выражаем благодарность Е.Д.Лукину, Н.А.Тяпуниной, Л.А.Кочановой за обсуждение работы и ценные советы.

Университет дружбы народов  
им. П.Лумумбы

Литература

Поступила в редакцию  
5 июля 1971г.

- [ 1 ] R.L.Sproull. Phil. Mag., 5, 56, 815, 1960.
- [ 2 ] R.Strumane, R. de Batist, S.Amelinkz. Phys. Stat. Solidi, 3, 8, 1379, 1963.
- [ 3 ] А.А. Урусовская. Обзор в сб. Динамика дислокаций, Харьков, 1968, стр. 611.
- [ 4 ] Н.В.Загоруйко. Кристаллография, 10, 1, 81, 1965.