

- [1] Dean P. T., Fitzpatrick B. T., Bhargava R. V. Phys. Rev., 1982, vol. 26, N 4, p. 2016—2035.
- [2] Иванова Г. Н., Недеогло Д. Д., Новиков Б. В., Талалаев В. Г. ФТТ, 1981, т. 23, № 9, с. 2693—2699.
- [3] Steiner T., Thewalt M. L. W., Bhargava R. N. Sol. St. Commun., 1985, vol. 56, N 11, p. 933—936.
- [4] Аварба Р. Г., Волков Н. В., Жиллов Ю. Н. и др. Тез. докл. IV Всес. конф. «Оптика лазеров». Л., ГОИ, 1983. 237 с.
- [5] Thomas A. E., Russels G. T., Wood S. J. J. Phys. C, Sol. St. Phys., 1984, vol. 17, N 34, p. 6219—6228.
- [6] Myhailenko S., Batstone T. L., Hutchinson H. J., Steeds J. W. J. Phys. C. Sol. St. Phys., 1984, vol. 17, N 35, p. 6477—6492.

Ленинградский государственный
университет им. А. А. Жданова
Ленинград

Поступило в Редакцию
21 октября 1987 г.
В окончательной редакции
27 января 1988 г.

УДК 548.0 : 537

Физика твердого тела, том 30, в. 7, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 7, 1988

УПРОЧЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ LiF В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Н. И. Гершензон, Д. О. Зиллимиани, П. В. Манджгаладзе,
О. А. Похотелов

1. Влияние внешнего постоянного магнитного поля (МП) на процессы пластической деформации и разрушения ионных кристаллов мало изучено. Однако имеется ряд экспериментальных наблюдений, указывающих на возможность такого влияния. Ранее авторами было показано, что достаточно сильное МП (10^5 — 10^6 А/м) при определенных условиях может вызывать изменение направления прорастания трещины в монокристаллах LiF [1]. Трещина, распространяясь в плоскости скола $\langle 100 \rangle$, при вхождении в область сильного МП, силовые линии которого расположены параллельно плоскости трещины, меняет направление и переходит на плоскость скольжения $\langle 110 \rangle$. Мы объясняем это явление возникновением в устье трещины больших электрических полей из-за электризации поверхностей скола. В отсутствие МП поверхностный заряд и электрическое поле сравнительно быстро релаксируют. Но даже в этом случае электростатическая энергия составляет ощутимую долю полной энергии разрушения [2]. В достаточно сильных МП релаксация заряда может быть подавлена [1, 3], при этом энергия, необходимая для раздвижения бортов трещины, растет с ростом ее длины и может стать значительно больше энергии поверхностного натяжения. В этом случае влияние МП на дальнейшее разрушение будет определяющим.¹ В [4] прямыми наблюдениями показано воздействие постоянного МП на движение дислокаций в монокристаллах NaCl и LiF. Авторы [4] полагают, что этот эффект связан с уменьшением эффективной высоты рельефа Пайерлса или с изменением сил взаимодействия дислокаций с точечными дефектами. Результаты [1, 4] косвенно указывают на возможность влияния МП на прочностные свойства ионных монокристаллов.

2. Для проверки этой гипотезы нами были проведены испытания образцов монокристаллов LiF размеров $(2.5-7) \times (2.5-7) \times (18-20)$ мм

¹ Поворот трещины авторы связывают с возникновением асимметрии из-за неоднородности МП (более подробно см. [1]).

при наличии МП и без него. Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1. Образец 1 деформировался с постоянной скоростью $5 \cdot 10^{-6}$ м/с пуансонами 3, нагрузка измерялась тензометрическим датчиком, встроенном в нагружающее устройство. Акустические импульсы (АИ), возникающие в результате движения групп дислокаций или образования микротрещин, фиксировались пьезодатчиком (ЦТС-19) 4, помещенным в нижний пуансон. Сигнал с пьезодатчика подавался на усилитель с коэффициентом усиления 80 дБ и далее на счетчик импульсов. Счетчик воспринимал сигналы, имеющие на выходе усилителя амплитуду более 100 мВ. Накопленная информация автоматически снималась со счетчика каждые три секунды. Магнитное поле величиной $3 \cdot 10^5$ А/м создавалось электромагнитом 2. Испытания проводились до полного разрушения образца, т. е. до раскола его на две или несколько частей. Для испытания подбира-

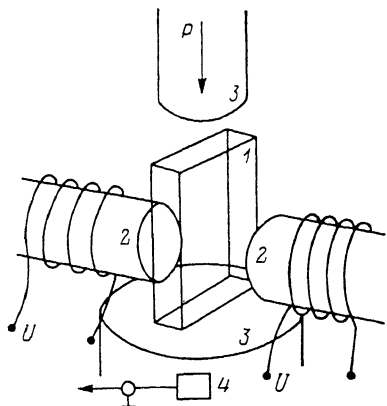


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — образец, 2 — электромагнит, 3 — пуансоны, 4 — пьезодатчик.

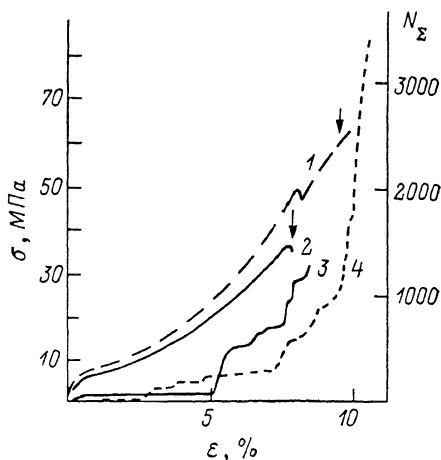


Рис. 2. Зависимость нагрузки на образец σ и количества акустических импульсов N_{Σ} от деформации для двух пар образцов.

1 — $\sigma(\varepsilon)$ с МП, 2 — $\sigma(\varepsilon)$ без МП, 3 — $N_{\Sigma}(\varepsilon)$ без МП, 4 — $N_{\Sigma}(\varepsilon)$ с МП.

лись пары образцов одинаковых геометрических размеров, выколотых из одного куска LiF. Всего было испытано 13 пар.

На рис. 2 приведены результаты экспериментов для двух пар образцов. На левой оси ординат отложена нагрузка σ , на правой — количество АИ N_{Σ} , на оси абсцисс — деформация ε ; штриховая кривая 1 изображает зависимость нагрузки от деформаций при наличии МП, сплошная кривая 2 — без МП; линии 3 и 4 обозначают зависимость от деформации общего числа АИ, зарегистрированных с начала испытания без МП и с МП соответственно. Усредненное по всем 13 парам образцов значение отношения предельных нагрузок, выдерживаемых образцом в присутствии МП и без него, составляет 1.41 ± 0.33 . Среднее значение отношения предельных деформаций равно 1.28 ± 0.37 и, наконец, отношение общего числа АИ — 2.50 ± 1.3 .

Полученные данные свидетельствуют о том, что прочность образцов монокристаллов LiF при одноосном сжатии повышается на несколько десятков процентов при внесении их в МП. Предельная деформация и количество импульсов также в среднем увеличиваются. Отметим, что эффект влияния МП проявляется тем лучше, чем больше отношение длины к ширине основания образца. Резкий сброс нагрузки (изменение наклона кривой $\sigma-\varepsilon$ на рис. 2) и появление одновременно с этим большого количества АИ (кривая $N_{\Sigma}-\varepsilon$) свидетельствуют, по-видимому, об образовании микротрещин. Из рис. 2 видно, что трещины в образце появляются задолго до полного разрушения.

3. Полученных данных недостаточно для однозначной интерпретации эффектов упрочнения и увеличения предельных деформаций. Тем не менее попытаемся представить качественную картину явления. Если предположить, что основное или по крайней мере ощутимое количество АИ связано с движением дислокаций, то результаты экспериментов указывают на увеличение их подвижности. Это согласуется с выводами работы [4]. Увеличение предельных нагрузок и деформаций можно объяснить влиянием МП на эффективную работу разрушения. Это происходит по следующей причине. Известно, что на поверхностях скола ионных кристаллов образуется знакопеременная зарядовая мозаика с первоначальной плотностью зарядов 10^{-4} — 10^{-3} Кл/м [5]. В результате в устье трещины возникает электрическое поле 10^4 — 10^6 В/м, которое приводит к сравнительно быстрой релаксации зарядов. Механизмы релаксации могут быть различными, однако в любом случае она осуществляется переносом электронов с одного борта трещины на другой. При наличии МП, имеющего достаточно большую составляющую перпендикулярно к вектору напряженности электрического поля, электроны будут дрейфовать в направлении, перпендикулярном электрическому и магнитному полям, т. е. вдоль поверхности скола. В случае, если ларморовский радиус электрона меньше расстояния между стенками трещины, электроны не достигнут противоположной стенки, релаксация будет подавлена. Численные оценки этого эффекта см. в [1, 3]. Величина электростатической части энергии разрушения является сложной функцией величины МП, количества микротрещин, их расположения относительно вектора МП, времени и т. д. Трещины, перпендикулярные вектору МП, не испытывают его действия. Для увеличения размеров трещины необходимо преодолеть кроме сил молекулярного сцепления в вершине трещины силы электростатического притяжения бортов трещин. В случае квадратного основания образца вероятность зарождения микротрещин одинакова в плоскостях $\langle 100 \rangle$ и $\langle 010 \rangle$. При увеличении нагрузки развиваются микротрещины, перпендикулярные вектору МП. Поэтому влияние МП на такие образцы должно быть меньше, чем на образцы с прямоугольным основанием, если вектор напряженности МП параллелен плоскости малой грани. Это и наблюдается в эксперименте.

Описанный гипотетический механизм воздействия МП на прочность образцов монокристаллов LiF согласуется с результатами работы [6]. В ней показано, что прочность ионных кристаллов уменьшается, если во время одноосного сжатия облучать их ультрафиолетовым излучением, способным вызвать в данном материале поверхностный фотоэффект. При этом релаксация поверхностных зарядов происходит значительно быстрее, чем в отсутствие облучения, электростатическая часть энергии разрушения уменьшается.

Таким образом, полученный в настоящей работе эффект упрочнения кристаллов LiF может быть объяснен увеличением эффективной работы разрушения за счет увеличения ее электростатической части.

Л и т е р а т у р а

- [1] Гершензон Н. И., Зилпмиани Д. О., Манджгаладзе П. В., Похотелов О. А. ФТТ, 1986, т. 28, № 3, с. 708—712.
- [2] Финкель В. М., Тялин Ю. И., Колодин А. Н., Тялина Л. Н. ФТТ, 1986, т. 28, № 9, с. 2908—2913.
- [3] Молоцкий М. И. ФТТ, 1977, т. 19, № 9, с. 1834—1835.
- [4] Альшиц В. И., Даринская Е. В., Пепекалина Т. М., Урусовская А. А. ФТТ, 1987, т. 29, № 2, с. 467—471.
- [5] Финкель В. М., Тялин Ю. И., Головин Ю. И. и др. ФТТ, 1979, т. 21, № 7, с. 1943—1947.
- [6] Гершензон Н. И., Зилпмиани Д. О., Манджгаладзе П. В., Похотелов О. А. ФТТ, 1987, т. 29, № 2, с. 281—283.