

РАССЕЯНИЕ СВЕТА И ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ

А. А. ТАДЕВОСЯН, В. Е. АРСЕНЬЕВ, А. А. БЛИСТАНОВ,
А. А. ДУРГАРЯН

Изучена температурная зависимость рассеяния света и внутреннего трения в кристаллах LiF на установке, позволяющей проводить эти измерения одновременно. Получена корреляция между максимумами внутреннего трения и спадами рассеяния света на кривых температурной зависимости. Обнаружено, что если с увеличением амплитуды колебания внутреннее трение увеличивается, то рассеяние света, уменьшаясь, проходит через минимум, причем с увеличением температуры этот минимум смещается в сторону меньших амплитуд.

Изменение интенсивности рассеяния света в щелочногалоидных кристаллах, обусловленное изменением состояния примесных ассоциаций, отмечалось в ряде работ [1—5]. Было показано, что при температурах, при которых происходит термическое растворение примесных ассоциаций, наблюдается уменьшение рассеяния света в кристаллах. Изучение анизотропии рассеяния света позволило сделать выводы о форме и ориентации рассеивающих частиц и об их связи с имеющимися в кристалле дислокациями [1, 2].

В кристаллах фтористого лития наблюдалась немонотонная температурная зависимость рассеяния света в интервале 340° — $380^{\circ}K$ и температурное изменение анизотропии рассеяния света [6—8], что позволило высказать предположение о стадийности процесса растворения примесных ассоциаций и о возможности существования дискретного набора примесных ассоциаций.

В [6, 8] были сопоставлены температурные зависимости рассеяния света ($J(T)$) и внутреннего трения ($\Delta(T)$) в монокристаллах LiF и отмечена корреляция между минимумами на кривой $J(T)$ и пиками на кривой $\Delta(T)$ для образцов, имевших одинаковый состав примесей. Эти наблюдения привели к выводу о том, что растворение определенных примесных ассоциаций, обуславливающее конкретный минимум на графике зависимости $J(T)$, одновременно приводит к изменению закрепленности дислокаций, что вызывает пик на графике зависимости $\Delta(T)$. Однако, надежность этих наблюдений и выводов снижалась тем, что измерения $J(T)$ и $\Delta(T)$ проводились хотя и на одних и тех же образцах, но на различных установках, и, следовательно, были разнесены во времени, что затрудняло сопоставление кривых $J(T)$ и $\Delta(T)$. Кроме того, образец при измерении зависимостей $J(T)$ и $\Delta(T)$ имел различную предысторию, так как перед измерением $J(T)$ производились нагрев и охлаждение образца из-за измерения $\Delta(T)$, и наоборот.

Целью настоящей работы было получение более надежного сопоставления зависимостей $J(T)$ и $\Delta(T)$ в монокристаллах фтористого лития и вы-

яснение корреляции между этими зависимостями, а также изучение характера зависимости рассеяния света от амплитуды ультразвуковых колебаний и времени выдержки в процессе вибрации образца при измерении температурной зависимости внутреннего трения от амплитуды и времени.

Для проведения этих исследований была создана установка, позволяющая одновременно производить измерения температурной зависимости внутреннего трения и рассеяния света. В качестве источника света был использован лазерный луч с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм и мощностью 0,02 Вт. Падающий пучок имел в образце направление $[100]$, а рассеянный свет измерялся в направлении $[010]$. Внутреннее трение измерялось на частотах 10^3 — 10^4 гц методом свободного затухания изгибных колебаний, а на частотах 10^5 гц — методом составного резонатора. Исследовались монокристаллы LiF с содержанием примеси 10^{-3} вес.%, с пределом текучести 200 г/мм² и плотностью дислокаций 10^4 см⁻².

На рис. 1 показаны графики температурной зависимости внутреннего трения на частоте $\sim 10^3$ гц и рассеяния света в образце LiF. Образец предварительно был деформирован изгибом со степенью деформации $\sim 1\%$.

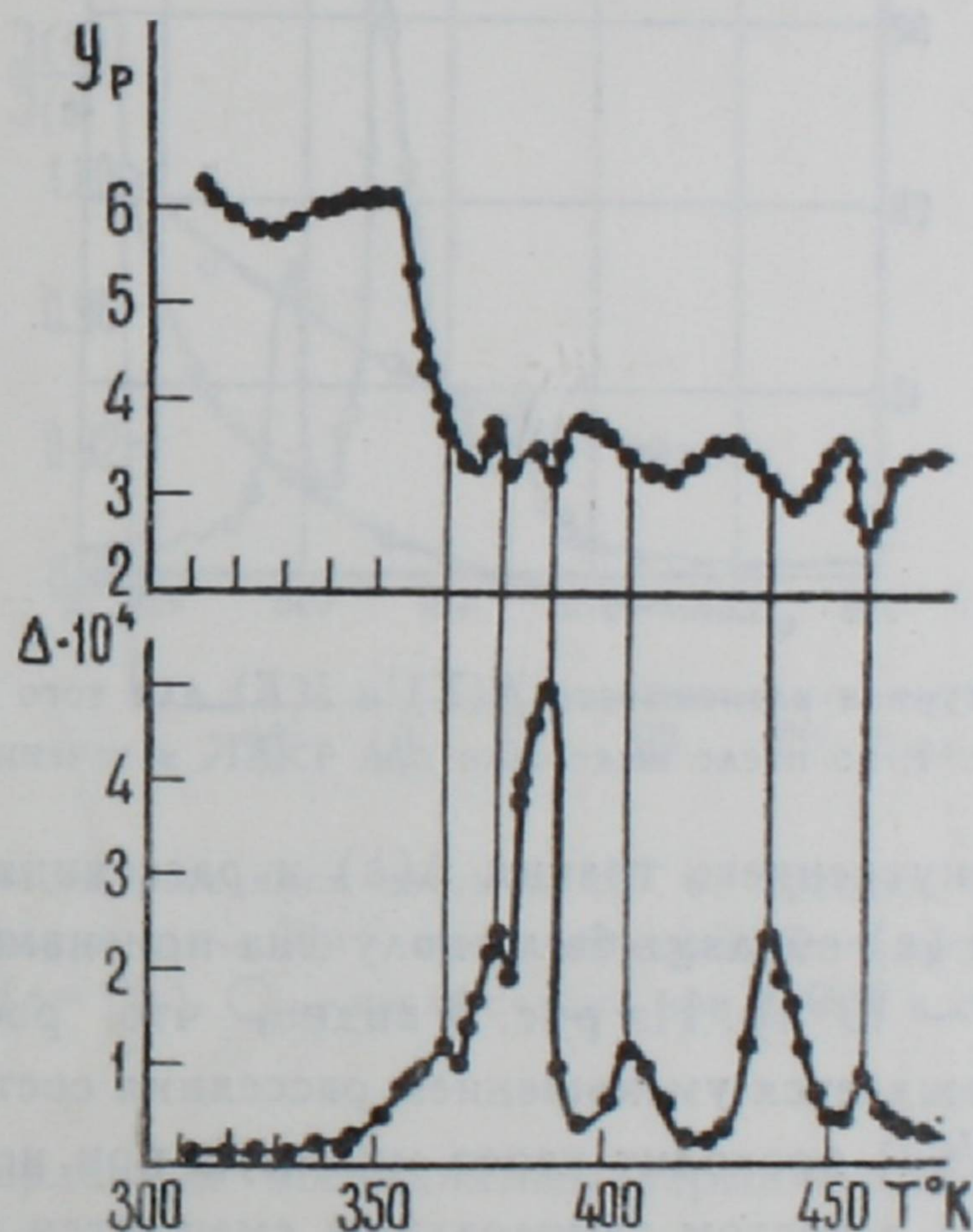


Рис. 1. Температурная зависимость внутреннего трения и рассеяния света кристаллов фтористого лития после предварительной пластической деформации образца $\sim 1\%$. Частота измерения — 2700 гц.

На кривой температурной зависимости внутреннего трения в интервале 350° — 470° К наблюдается шесть пиков. Пики такого рода наблюдались и ранее, и их свойства описаны в [6, 9]. Из рис. 1 видно, что положения вершин пиков $\Delta(T)$ соответствуют спадам на кривой зависимости $J(T)$. Глубина минимумов на зависимости $J(T)$ не коррелирует с высотой максимумов $\Delta(T)$. В ряде случаев (рис. 2) достаточно интенсивному пику при 390° К соответствует очень маленький спад $J(T)$, амплитуда которого соиз-

мерима с разбросом при измерении $J(T)$ ($\sim 5\%$). Однако на рис. 2 хорошо заметен спад при 430°K , соответствующий наибольшему пику на зависимости $\Delta(T)$.

Сравнивая зависимости $J(T)$ и $\Delta(T)$ на рис. 1 и 2, можно видеть, что наибольший максимум в результате низкотемпературного отжига образца сместился в сторону более высоких температур, как это отмечалось в [9]. В то же время, небольшой отжиг делает менее четкой корреляцию между зависимостями $J(T)$ и $\Delta(T)$. Можно отметить также общую тенденцию к появлению серии пиков $\Delta(T)$ в той области температур, где наблюдается провал, состоящий из серии спадов или минимумов на зависимости $J(T)$ в кристаллах LiF .

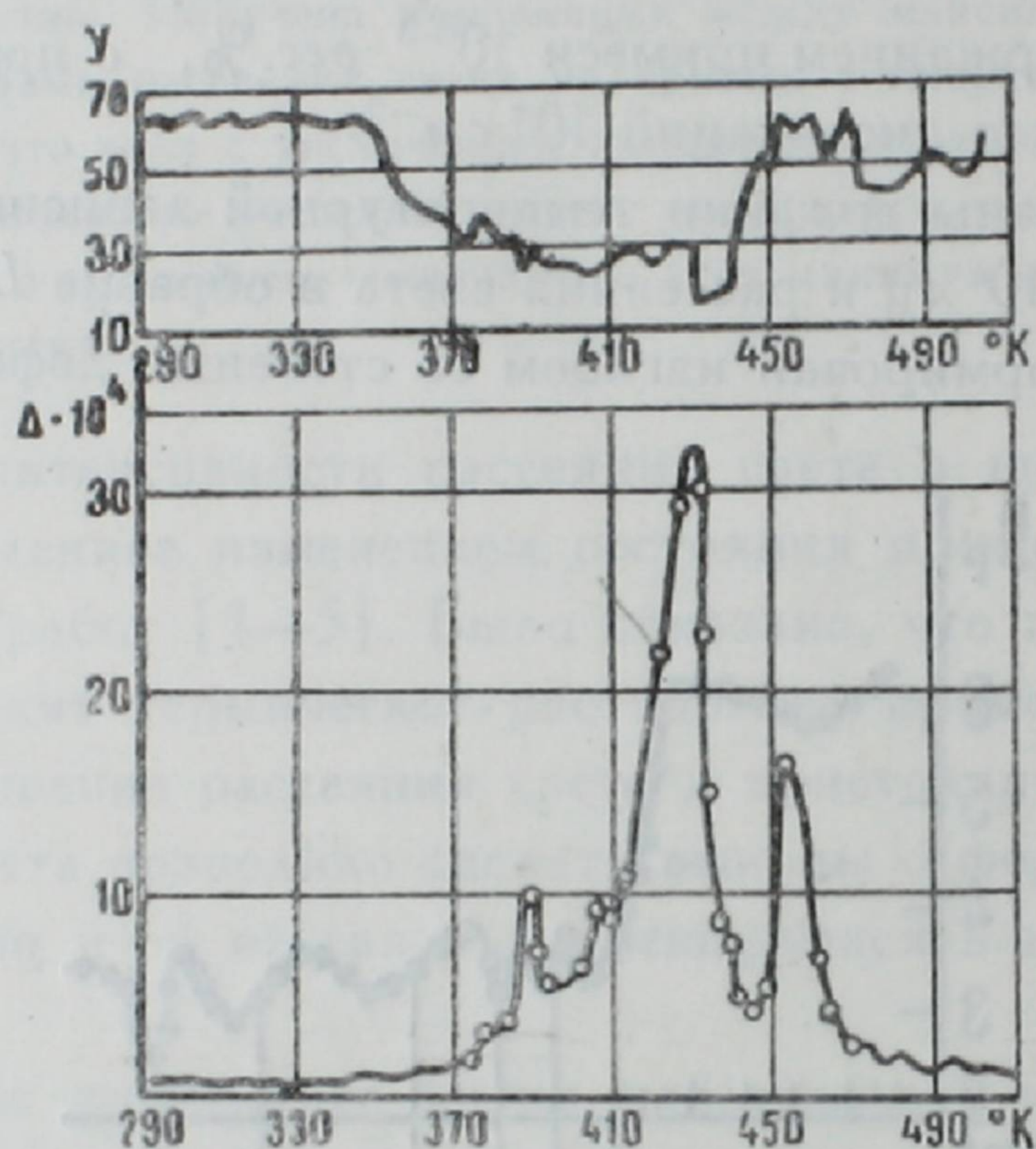


Рис. 2. Температурная зависимость $\Delta(T)$ и $J(T)$ для того же образца, что и на рис. 1, но после выдержки при 450°K в течение 5 час.

Зависимость внутреннего трения $\Delta(\epsilon)$ и рассеяния света $J(\epsilon)$ от амплитуды колебаний (ϵ) образца была получена при измерении внутреннего трения на частоте $\sim 10^5$ гц. Из рис. 3 видно, что рост $\Delta(\epsilon)$ при малых амплитудах сопровождается уменьшением рассеяния света. С ростом амплитуды зависимость $J(\epsilon)$ проходит через минимум при некоторой амплитуде $\epsilon_{\min}$. Минимум $J(\epsilon)$ с ростом температуры смещается в сторону меньших $\epsilon_{\min}$ (см. рис. 3). Выдержка кристалла во времени при некоторой амплитуде вибрации $\epsilon < \epsilon_{\min}$ приводит к уменьшению $J(t)$ (рис. 4), значительно повышая $\Delta(T)$.

Появление пиков на температурной зависимости внутреннего трения в интервале $350^\circ\text{—}600^\circ\text{K}$ в кристаллах фтористого лития связывается с движением дислокаций в этих кристаллах, закрепленных примесными ассоциациями [6, 9]. Это подтверждается поведением этих пиков при деформации, старении и отжиге монокристаллов [9], а также наблюдениями амплитудной зависимости внутреннего трения [6].

Таким образом, совместные измерения $J(T)$ и $\Delta(T)$ подтвердили ранее сделанное предположение о немонотонном изменении закрепленности

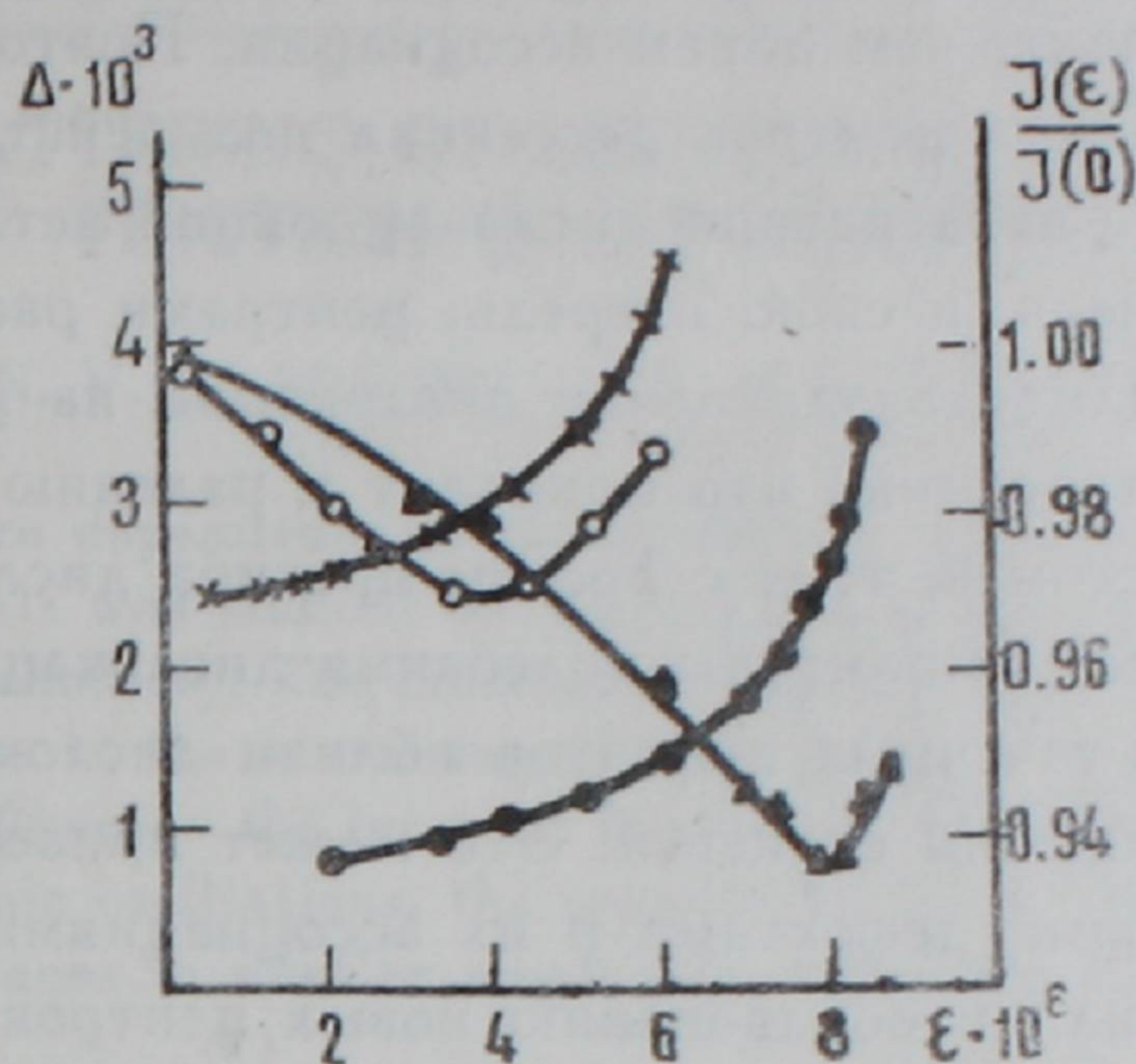


Рис. 3. Зависимости внутреннего трения и рассеяния света в кристаллах *LiF* от амплитуды вибрации ε : ● — внутреннее трение при 295°K, ▲ — рассеяние света при 295°K, × — внутреннее трение при 400°K, ○ — рассеяние света при 400°K.

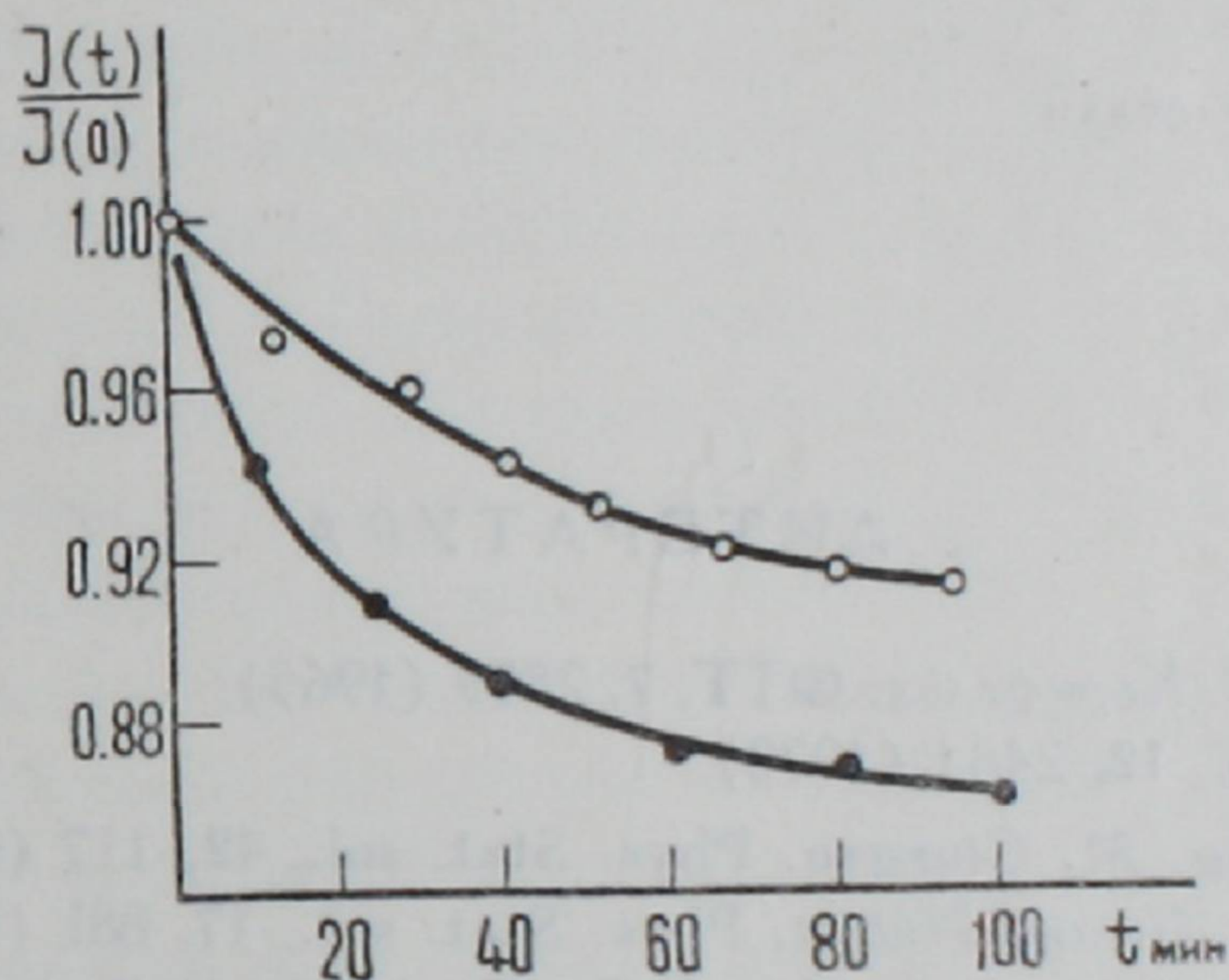


Рис. 4. Зависимость рассеяния света в *LiF* от времени выдержки при амплитудах вибрации $\varepsilon \sim 10^{-6}$ при комнатной температуре: ● — после деформации ($\varepsilon = 1\%$), ○ — после отжига при 450°K в течение 3 час.

дислокаций, обусловленном постадийным термическим разрушением примесных ассоциаций.

С другой стороны, изменение рассеяния света под влиянием вибрации показывает, что движение дислокаций, в свою очередь, способствует растворению примесных ассоциаций при малых амплитудах вибрации. Изменение структуры центров рассеяния (примесных ассоциаций, размер которых близок к длине волны света) в результате непосредственного воздействия на них вибраций с относительной амплитудой $\varepsilon \approx 10^{-6}$ маловероятно, так как изменение энергии ассоциации во всем ее объеме не превосходит $10^2 kT$, тогда как отрыв точечного дефекта (иона примеси или вакансии) от ассоциации, очевидно, требует энергии, соизмеримой с kT (где $T = 350 \div 500^\circ\text{K}$), сосредоточенной в объемах, близких к объему элементарной ячейки, т. е.

в 10^7 — 10^8 раз меньших, чем объем ассоциации. Поэтому можно полагать, что изменение состояния центров рассеяния под действием вибраций происходит в результате воздействия дислокационной петли на ее центры закрепления, являющиеся, в свою очередь, центрами рассеяния.

При малых амплитудах давление дислокаций на центры закрепления способствует их растворению, что приводит к падению интенсивности рассеянного света с ростом ε , т. е. с ростом прогиба дислокационных петель. Однако, с увеличением амплитуды колебания дислокации возможно увеличение концентрации точечных дефектов вблизи дислокации вследствие их зарождения при движении ступенек. Это может привести к сдвигу равновесия между точечными дефектами и их ассоциациями в сторону роста объема ассоциаций или к образованию новых центров рассеяния. Этим можно объяснить наблюдаемый на рис. 3 подъем $J(\varepsilon)$ с ростом амплитуды вибрации. Рис. 4 показывает, что эти процессы развиваются во времени. Переход от уменьшения рассеяния света при вибрации к росту наблюдается тем раньше, чем выше температура выдержки образца.

Ереванский государственный
университет
Московский институт стали
и сплавов

Поступила 25.I.1975

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Абаев, М. И. Корнфельд. ФТТ, 7, 2809 (1965).
2. М. И. Абаев. ФТТ, 12, 2481 (1970).
3. J. Baltog, G. Chita, M. Giurgea. Phys. Stat. sol., 42, 117 (1970).
4. M. M. Hauret, M. Girard-Nottin. Phys. Stat. sol., 17, 881 (1966).
5. H. M. Baltog, G. Chita. G. R. Acad. Sc. Paris, Serie B, t. 271 (1970).
6. А. А. Блистанов, А. Н. Павлов, М. П. Шаскольская. ФТТ, 13, 1901 (1971).
7. А. А. Блистанов, А. Н. Павлов, М. П. Шаскольская. ФТТ, 14, 1229 (1972).
8. А. А. Тадевосян и др. Молодой научный работник ЕрГУ, 2 (18), 219 (1973).
9. А. А. Тадевосян и др. Изв. АН АрмССР, Физика, 8, 343 (1973).

ԼՈՒՅՍԻ ՑՐՈՒՄԸ ԵՎ ՆԵՐՔԻՆ ՇՓՈՒՄԸ LiF ՄՈՆՈՔՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ

Ա. Հ. ԹԱԴԵՎՈՍՅԱՆ, Վ. Բ. ԱՐՍԵՆԵՎ, Ա. Ա. ԲԼԻՍՏԱՆՈՎ, Ա. Հ. ԴՈՒՐԳԱՐՅԱՆ

LiF բյուրեղներում ներքին շփման և լույսի ցրման ջերմաստիճանային կախվածությունները ուսումնասիրված են մի այնպիսի սարքի վրա, որը թույլ է տալիս այդ շափումները կատարել միաժամանակ: Ներքին շփման ջերմաստիճանային կախվածության մաքսիմումների և լույսի ցրման մինիմումների միջև ստացվել է փոխհամապատասխանություն: Չափումները ցույց են տվել, որ եթե տատանման ամպլիտուդայի աճին զուգընթաց ներքին շփումը աճում է, ապա լույսի ցրումը նվազելով, անցնում է մինիմումով, ընդ որում ջերմաստիճանի աճին զուգընթաց այդ մինիմումը շեղվում է փոքր ամպլիտուդների կողմը:

SCATTERING OF LIGHT AND INTERNAL FRICTION IN LiF CRYSTALS

H. A. TADEVOSYAN, V. E. ARSENIEV, A. A. BLISTANOV, A. A. DURGARYAN

The temperature dependence of the scattering of light and of the internal friction in LiF crystals was studied on the arrangement allowing to carry out these measurements simultaneously. The correlation between the maxima of the internal friction and the drops in the scattering of light on the temperature dependence curves is obtained. Whereas the internal friction increases with the increase of the amplitude of ultrasonic oscillations, the scattering of light was detected to have a minimum which displaces to smaller amplitudes with the increase of the temperature.