

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ГАШЕНИЕ
ФОТОМЕХАНИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА
В γ -ОБЛУЧЕННЫХ КРИСТАЛЛАХ NaCl**

Г.А.Ермаков, Э.М.Надзорный

Как известно [1, 2], механические характеристики щелочно-галогидных кристаллов с F -центрами окраски могут меняться под действием света, и ранее были обнаружены так называемые фотомеханический эффект, т.е. изменение напряжения пластического течения [1], и фотоподвижность дислокаций, т.е. изменение динамических свойств дислокаций [2] при освещении. В момент освещения деформируемого кристалла светом с длиной волны λ_F , соответствующей максимуму оптического F -поглощения, электронная структура F -центра меняется, и это приводит к возникновению дополнительного торможения движущихся дислокаций, что проявляется в росте напряжения течения [1] и уменьшении скорости дислокаций [2]. Совпадение спектральных характеристик фотомеханического эффекта, фотоподвижности

дислокаций, оптического поглощения и фотопроводимости в окрашенных щелочно-галогидных кристаллах показывает, что все эти явления должны быть связаны с одним этапом, а именно, переходом электрона F -центра из основного в возбужденное состояние. Поэтому важно получить дополнительную информацию о таком возбужденном состоянии, при этом особенностью механических свойств является их селективная чувствительность именно к локальным изменениям непосредственно вблизи линии дислокации.

Ниже излагаются результаты, показывающие влияние на фотомеханический эффект освещения инфракрасным светом при низких температурах ($T < 70^\circ\text{K}$).

Выколотые из окрашенного γ -облучением кристалла NaCl образцы размером $2 \times 3 \times 10 \text{ мм}^3$ с концентрацией F -центров (практически единственными центрами окраски) около 10^{17} см^{-3} подвергались одноосному сжатию вдоль направления $\langle 100 \rangle$ с постоянной скоростью деформирования 10^{-3} см/мин на испытательной машине ТТ-СМ с оптическим криостатом. В процессе деформации образцы могли освещаться светом ксеноновых или вольфрамовых ламп с монохроматором SPM-2 или фильтрами. Диаграмма деформации записывалась самописцем с временем пробега всей шкалы менее $0,25 \text{ сек}$.

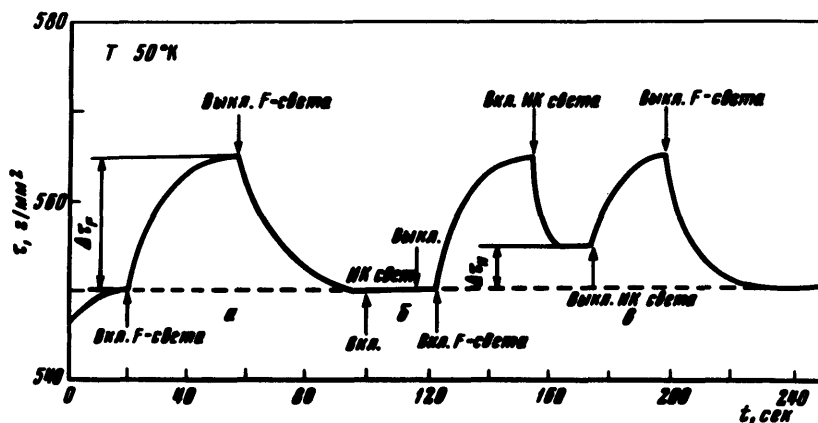


Рис.1. Диаграмма деформации с постоянной скоростью, показывающая: a – действие F -света (фотомеханический эффект), b – действие ИК света, g – совместное действие F - и ИК света (инфракрасное гашение). Пунктиром показана "темновая" диаграмма деформации

После деформации за пределом текучести создавались условия для появления фотомеханического эффекта при освещении образца светом с длиной волны вблизи λ_F (F -свет). Эффект характеризуется обратимым изменением приведенного напряжения сдвига $\Delta \tau_F$ (a на рис. 1). Свет с длиной волны, отличающейся от λ_F (в диапазо-

не $0,2 + 2,5 \text{ мк}$), никакого влияния на диаграмму деформации не оказывал (б на рис.1). При дополнительной же подсветке деформируемого образца инфракрасным светом ($\lambda_{\text{и}} > 0,9 \text{ мк}$, ИК свет) изменение напряжения за счет F -света обратимо уменьшалось до значения $\Delta\sigma$ (в на рис.1). Такое уменьшение течения напряжения естественно и назвать инфракрасным гашением (ИКГ) фотомеханического эффекта. Величина $(\Delta\sigma_F - \Delta\sigma_{\text{и}})/\Delta\sigma_F$ характеризует ИКГ.

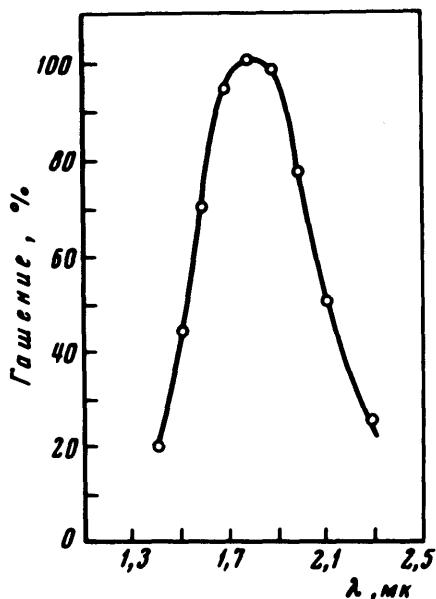


Рис.2. Спектральная характеристика ИКГ, $T = 40^\circ\text{K}$

Явление ИКГ наблюдается только при $T < 70^\circ\text{K}$, его величина зависит от температуры образца (возрастает с понижением T до 30°K), длины волны и интенсивности возбуждающего и гасящего света. Можно так подобрать интенсивности падающих на образец световых потоков, что $\Delta\sigma_{\text{и}} \approx 0$, т.е. ИКГ достигает 100%. Пример спектральной характеристики ИКГ в этих условиях показан на рис.2. Видно, что максимальная величина ИКГ соответствует длине волны ИК света около $1,8 \text{ мк}$, т.е. энергии фотонов $0,7 \text{ эв}$, а полуширина спектра ИКГ составляет около $0,24 \text{ эв}$. Все характерные времена при этом (нарастания и спадов напряжения при включении и выключении F - и ИК света) лежали в пределах $3 - 15 \text{ сек}$ (рис.1).

Приведенные экспериментальные данные можно объяснить на основе следующей модели. Под действием F -света часть F -центров переходит из основного в возбужденное состояние (переход $F^0 \rightarrow F^*$). При высоких температурах, как это следует из данных по фотопроводимости окрашенных кристаллов NaCl , возможна термоионизация F^* -центров с переходом электронов в зону проводимости. При достаточно же низких температурах ($T \lesssim 70^\circ\text{K}$) термоионизация практически прекращается [3] и совершается обратный переход (через релак-

сированное состояние) $F^* \rightarrow F^0$. Такие процессы происходят во всем объеме кристалла, кроме областей, непосредственно примыкающих к дислокациям. Как полагают, за счет дислокационного поля деформации может возникать связанное состояние электронов, т.е. линии дислокации можно приписать определенный энергетический уровень (зону) [4]. При соответствующем расположении дислокационного уровня (зоны) относительно F^* -уровня электроны могут захватываться дислокациями с расположенных вдоль них F^* -центров, т.е. дислокации будут играть роль "центров прилипания". Если дислокации при этом движутся (пластическая деформация), новые F^* -центры, попадая в область действия дислокационного поля, отдают электроны, так что происходит постепенное накопление заряда на дислокациях в процессе деформации. Одновременный уход электронов с дислокации (например, на F -центр с образованием F' -центра), а также возможное перемещение дислокационного уровня (зоны) по мере заполнения приводят к некоторому стационарному значению заряда. Соответственно этому постепенно возрастает на величину Δr_F торможение движущихся дислокаций из-за их дополнительного электростатического взаимодействия с встречающимися дефектами (главным образом, внедрениями [2]).

При добавочном освещении образца ИК светом происходит возбуждение электронов с дислокации в зону проводимости (непосредственно или с помощью термоактивации), установившийся дислокационный заряд становится меньше, что приводит к соответствующему постепенному уменьшению этого вклада в торможение до величины Δr_i (рис. 1). Следовательно, спектр ИКГ (рис. 2) отражает параметры дислокационного уровня (зоны), т.е. его примерное расстояние от дна зоны проводимости (0,7 эВ) и ширину (0,2 эВ). Отметим, что из результатов деформационной люминесценции в [5] недавно это расстояние было оценено как равное около 2,5 эВ. Для согласования этих данных необходимо предположить существование целого ряда дислокационных уровней (зон), проявляющихся в разных явлениях.

Предложенная модель имеет ряд следствий. В частности, в этой области температур при ИК подсветке следует ожидать появления "дислокационной" электронной фотопроводимости, сопровождающей ИКГ и зависящей от плотности дислокаций. Природа ИКГ в окрашенных кристаллах NaCl, согласно этой модели, отличается от наблюдавшегося недавно гашения фотопластичности в полупроводниках [6], объясняемого, как и гашение фотопроводимости, существованием уровней очувствления в запрещенной зоне [7].

В обсуждении результатов активное участие принимали В.Л.Бродде и В.Я.Кравченко, которым авторы выражают свою глубокую признательность.

Литература

- [1] J.S.Nadeau. J.Appl. Phys., 35, 267, 1964.
 - [2] Г.А.Ермаков, Э.М.Надгорный. ДАН СССР, 181, 76, 1968;
Изв. АН СССР, сер. физ., 35, № 6, 1971.
 - [3] G.Glaser. Gött. Nachr., 3, 31, 1937.
 - [4] P.R.Emtage. Phys. Rev., 163, 865, 1967; И.М.Лифшиц, Х.И.Пушкар-
ров. Письма в ЖЭТФ, 11, 456, 1970.
 - [5] В.В.Коршунов, Ф.Д.Сенчуков, С.З.Шмурак. Письма в ЖЭТФ,
13, 408, 1971.
 - [6] Ю.А.Осипьян, В.В.Петренко, И.А.Савченко. Письма в ЖЭТФ, 13,
622, 1971.
 - [7] А.Роуз. Основы фотопроводимости твердых тел. Изд. Мир, 1966.
-