

О ПРИРОДЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ КРИСТАЛЛА NaCl

М.С.Бродин, А.М.Камуз

Обычно нелинейности конденсированных сред, приводящие к самовоздействию интенсивного лазерного излучения в них, связываются с механизмами: керровским [1], стрикцией [2], тепловым [3], ВКР [4]. Мы хотим показать, что в случае щелочногалогидных кристаллов типа NaCl имеется еще одна возможность, которая играет существенную роль в процессах самовоздействия. О наличии таких процессов (самофокусировка, самоискривление) в кристалле NaCl свидетельствуют результаты наших предыдущих работ [5, 6].

Еще в работе [7] нами было показано, что в области разрушений кристалла NaCl, возникающих под действием излучения рубинового лазера, появляются центры окраски. Им соответствуют полосы поглощения, расположенные в видимой области спектра в стороне от линии излучения рубинового лазера и приводящие к увеличению дисперсии на частоте этой линии. Естественно возник вопрос о том, появляются ли эти центры уже на протяжении действия лазерного импульса и, следовательно, имеют отношение к проявляющейся нелинейности, как было предположено нами ранее [8], или они возникают после действия лазерного импульса и к процессам самовоздействия непосредственного отношения не имеют.

Для его выяснения необходимо было получить спектр поглощения кристалла NaCl на протяжении действия на него лазерного импульса ($\sim 10^{-8}$ сек). Такие спектры были получены в данной работе с помощью разработанной нами ранее методики [9]. По этой методике импульс зондирующего излучения со сплошным спектром, имеющий длительность примерно равную длительности опорного лазерного пучка, совмещался с ним во времени при прохождении через исследуемый кристалл. Результаты измерений подтвердили правильность наших предположений о возникновении центров окраски в кристалле во время его облучения моноимпульсом рубинового лазера и показали, что нелинейность кристалла NaCl, в основном, связана именно с этим обстоятельством.

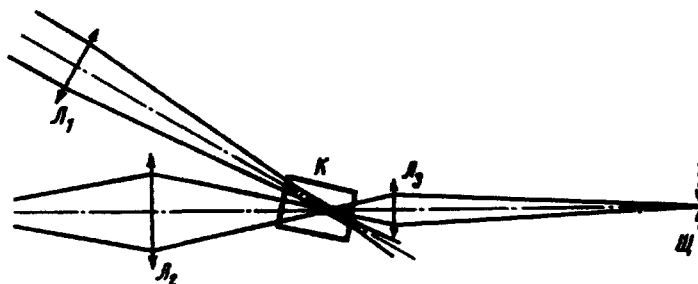


Рис.1. Схема опыта для получения спектра поглощения кристалла во время облучения его лазерным импульсом. *K* – исследуемый кристалл, *W* – щель спектрального прибора

В опытах использовался одномодовый рубиновый лазер с пассивной модулирующей добротности. Излучение лазера фокусировалось линзой L_1 в исследуемый кристалл. Линза L_2 передавала изображение точечного импульсного зондирующего источника сплошного спектра так, что оно перекрывалось в кристалле с фокальной областью линзы L_1 (см. рис.1). Зондирующий пучок и изображение фокальной области линзы L_1 передавалось оптической системой L_3 на щель спектрографа с 50-и кратным увеличением. Совпадение в кристалле фокальной области линзы L_1 и области изображения зондирующего источника линзой L_2 проверялось экспериментально. Измерения велись при комнатной температуре. Спектры поглощения фотографировались при плотности пучка, несколько меньшей порогового значения разрушений. Порог разрушения исследуемого кристалла NaCl излучением рубинового лазера составлял $2,5 \cdot 10^9$ Вт/см², что соответствует литературным данным [10, 11].

Измерения показали, что в отсутствие действия лазерного импульса кристалл в видимой области практически прозрачен. При действии лазерного импульса в нем появляются полосы поглощения, типичный вид которых показан на рис.2.

Используя формулу типа Зельмеера и исходя из данных измерений, можно оценить вклад возникающих полос в изменение показателя преломления на частоте рубинового лазера. Пусть n_0 – показатель преломления исходного кристалла, а n – показатель преломления облучае-

мого кристалла и нелинейное изменение n есть $\Delta n = n - n_0$. Имея в виду одну полосу с максимумом ν_0 , ее вклад в величину $n(\nu_L)$ на частоте ν_L можно записать с помощью выражения

$$n^2(\nu_L) = n_0^2 + \frac{B}{\nu_0^2 - \nu_L^2}, \quad (1)$$

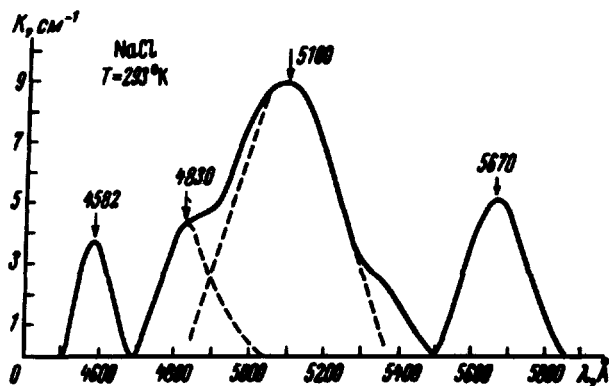


Рис.2. Спектр поглощения кристалла NaCl во время облучения его лазерным импульсом

где $B = (Nf) (e^2 / \pi mc^2)$; здесь N – число центров окраски в 1 см^3 , f – сила осциллятора полосы, e и m – заряд и масса электрона соответственно, c – скорость света в вакууме. Из (1) получаем

$$(n^2 - n_0^2) = \frac{B}{\nu_0^2 - \nu_L^2} = (n + n_0)(n - n_0) \approx 2n_0 \Delta n,$$

так как $(n + n_0) \approx 2n_0$ и $(n - n_0) = \Delta n$. Отсюда

$$\Delta n = \frac{B}{2n_0(\nu_0^2 - \nu_L^2)} = (Nf) \frac{(e^2 / \pi mc^2)}{2n_0(\nu_0^2 - \nu_L^2)}. \quad (2)$$

Здесь неизвестным является произведение (Nf) , которое определим по формуле Смакулы [12]

$$(Nf) = 5,24 \cdot 10^{17} \frac{n_0}{(n_0^2 + 2)^2} K_{\max} \Delta H, \quad (3)$$

где K_{\max} – коэффициент поглощения в максимуме полосы поглощения в см^{-1} , ΔH – полуширина полосы поглощения в электронвольтах.

Беря значения K_{\max} и ΔH , соответственно, для полос 4582, 4830, 5100, 5670 Å, по формуле (3) вычисляем для них значения (Nf) и, подставляя их в формулу (2), получаем: $(\Delta n)_1 = 1,04 \cdot 10^{-6}$, $(\Delta n)_2 = 1,85 \cdot 10^{-6}$, $(\Delta n)_3 = 9,42 \cdot 10^{-6}$, $(\Delta n)_4 = 4,23 \cdot 10^{-6}$. Общее изменение показателя преломления на частоте ν_L равно их сумме, то есть $\Delta n = 1,65 \cdot 10^{-5}$.

Полученное значение Δl по знаку и порядку величины соответствует тому значению нелинейности, которое было рассчитано ранее [6] по углу самоискривления неоднородного пучка рубинового лазера в кристалле NaCl . Таким образом, возникающие в нрм центры окраски, в основном, ответственны за наблюдаемые самовоздействия.

Институт физики
Академии наук
Украинской ССР

Поступила в редакцию
21 декабря 1970 г.

Литература

- [1] Y. Shen. *Phys. Rev. Lett.*, **20**, 378, 1966; G. Mayer, F. Gires. *Compt. Rend.*, **258**, 2039, 1964.
- [2] Y. Shen. *Phys. Rev. Lett.*, **20**, 378, 1966; R. Chiao, E. Garmire, C. Townes, *Phys. Rev. Lett.*, **13**, 479, 1964; *Phys. Rev. Lett.*, **14**, 1056, 1965.
- [3] Ю.П. Райзер. Письма в ЖЭТФ, **4**, 286, 1966; **4**, 124, 1966; А.Г. Литвак, Письма в ЖЭТФ, **4**, 341, 1966; Ю.П. Райзер. ЖЭТФ, **52**, 470, 1967.
- [4] В.С. Бутылкин, А.Е. Каплан, Ю.Г. Хронопуло. Изв. высш. уч. зав., сер. Радиофизика, **12**, 1792, 1969.
- [5] М.С. Бродин, А.М. Камуз. Укр. физ. журнал, **10**, 1151, 1966.
- [6] М.С. Бродин, А.М. Камуз. Письма в ЖЭТФ, **9**, 577, 1969.
- [7] М.С. Бродин, В.Н. Ватулев, С.В. Закревский, А.М. Камуз. Квантовая электроника. Труды республиканского семинара по квантовой электронике, Киев, "Наукова думка", 1965.
- [8] М.С. Бродин, А.М. Камуз. Укр. физ. журнал, **14**, 1978, 1969.
- [9] М.С. Бродин, А.М. Камуз. Укр. физ. журнал, **14**, 517, 1969.
- [10] D. Olness. *Appl. Phys. Lett.*, **8**, 283, 1966.
- [11] Н.В. Карлов, Г.П. Кузьмин, А.М. Прохоров. Письма в ЖЭТФ, **12**, 363, 1970.
- [12] Д. Сен-Жам. Центры окраски, М., 1958, стр. 84.