

О НАБЛЮДЕНИИ САМОИСКРИВЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОГО ИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В КРИСТАЛЛЕ NaCl

М.С.Бродин, А.М.Камуз

В работе приведены результаты первых наблюдений специфического проявления самовоздействия лазерного пучка с неоднородным распределением интенсивности по его сечению в среде – самоискривление. Этот эффект обусловлен неоднородным изменением показателя преломления n среды, вызванным неоднородным полем пучка, т.е., возникновением градиента n в направлении, перпендикулярном его оси, и недавно описан в работе [1]¹⁾.

Было изучено распространение фокусированного пучка рубинового лазера (модулированная добротность, исходная средняя пиковая мощность 50 – 80 Мвт) в кристалле NaCl. О форме пучка в кристалле судили по распределению следов нарушений, возникающих по ходу пучка [3]. Исходный пучек имел поперечное сечение, близкое к эллиптическому, и обладал градиентом интенсивности вдоль длинной оси эллипса (см. рис. 1, верхняя часть). Об этом, в частности, свидетельствовало распределение точек нарушений, возникающих на поверхности кристалла по месту действия на него сконцентрированного пучка. Для увеличения градиента плотности входящего в кристалл пучка было использовано его косое падение на кристалл, как это показано на рис. 1. (плоскость рисунка соответствует продольному сечению пучка вдоль длин-

¹⁾Искривление однородного пучка, распространяющегося в среде с градиентом показателя преломления, известно из классической оптики [2].

ной оси эллипса; плотность падающего на кристалл пучка уменьшается от точки A_1 к точке B_1). Поскольку угол падения на кристалл, а следовательно, и коэффициент отражения от его поверхности, плавно возрастает от A_1 к B_1 , входящий в кристалл пучек в этом же направлении приобретает дополнительный градиент плотности. К тому же, рассматриваемый градиент усиливается и за счет деформации сечения входящего в кристалл пучка при выбранном косом падении (из рис. 1, *а* видно, что $A_1 O_1 < O_1 B_1$, а $AO = OB$).

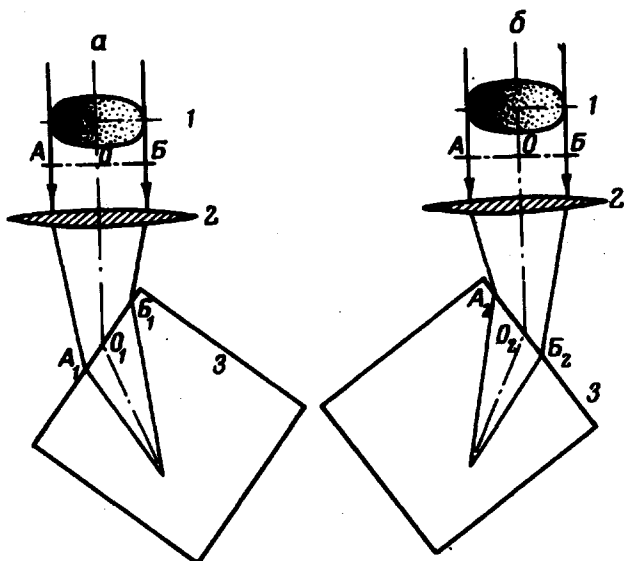


Рис. 1. Схема опыта: 1 – сечение пучка, 2 – линза, 3 – кристалл NaCl. *а* – градиент интенсивности входящего в кристалл пучка усиливается; *б* – градиент интенсивности входящего в кристалл пучка сглаживается

В нашем опыте была использована линза с фокусным расстоянием 5 см, расположенная на расстоянии 2,5 см от поверхности кристалла. Ось падающего на кристалл пучка составляла с нормалью к поверхности угол $55 - 60^\circ$. В общем, изменение интенсивности входящего в образец пучка от A к B составляло 80%.

На рис. 2, *а* показана фотография следов нарушений в кристалле, полученная в направлении, перпендикулярном к оси пучка. Градиент интенсивности пучка расположен в плоскости рисунка и направлен сверху вниз. Из рисунка видно, что в области фокуса F ось пучка искривля-

ется, отклоняясь вниз от первоначального направления CD и, впоследствии, выходит на прямую линию. Выход на прямую, по-видимому, связан с разрушением профиля неоднородности пучка в рассматриваемом месте, вызванным диффракцией [1]. Угол ϕ между направлением этой прямой и осью входящего в кристалл пучка CD , составляет 6° .

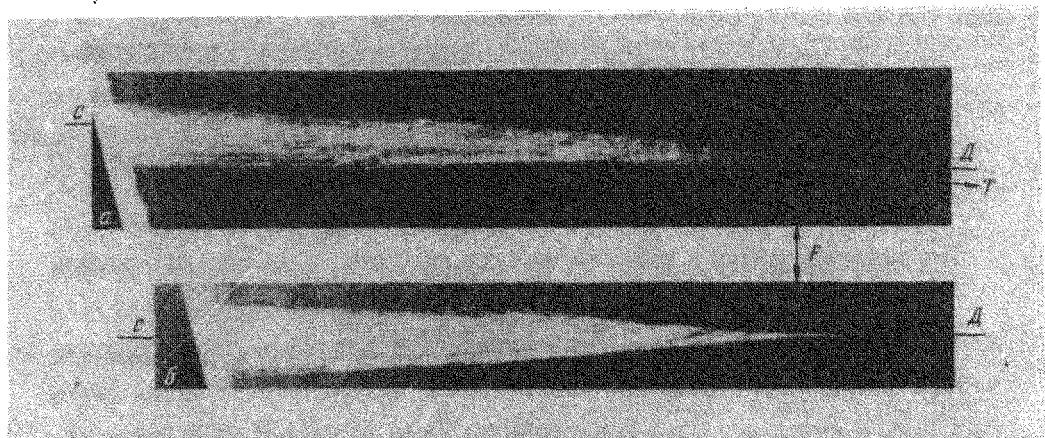


Рис. 2. Фотографии следов нарушений в кристалле $NaCl$, увеличение $\times 6$: a – входящий в кристалл пучок имел градиент интенсивности (на рисунке сверху вниз), b – градиент интенсивности входящего в кристалл пучка отсутствует. CD – ось входящего в кристалл пучка, F – область фокуса, T – направление оси пучка после его искривления и выхода на прямую линию

При нормальном падении пучка на кристалл (ось сфокусированного пучка перпендикулярна к поверхности кристалла) искривление значительно меньше, что связано со сравнительно малым градиентом интенсивности лазерного излучения в этом случае.

Для контроля было рассмотрено распространение в кристалле того же пучка при том же угле косоугольного падения, но при такой геометрии, когда за счет неодинакового отражения и деформации сечения пучка градиент его плотности в кристалле не усиливается, а, наоборот, сглаживается, и пучок становится почти однородным (см. рис. 1, b). В этом случае искривление оси пучка практически не наблюдалось, что видно из фотографии (рис. 2, b).

По измеренному углу излома пучка (рис. 2, a) можно оценить величину нелинейного изменения показателя преломления $NaCl$, точнее коэф-

коэффициент n_2 при квадратичном члене в выражении $n = n_0 + n_2 E^2 + \dots$, воспользовавшись соотношением [1]:

$$\phi = \frac{16\pi^2 n_2 P}{\lambda_0 n_0^2 c a},$$

здесь P — полная мощность пучка, обладающего линейным градиентом интенсивности, a — диаметр пучка, λ_0 и c — длина волны и скорость света в вакууме.

Приняв, в соответствии с опытом, $P = 5 \cdot 10^{14}$ эрг/сек и $a = 0,01 - 0,03$ см (пределы изменения a в области искривления) получаем $n_2 = 7 \cdot 10^{-14} - 2 \cdot 10^{-13}$ CGSE.

Искривление пучка в направлении поперечного градиента его интенсивности свидетельствует о положительном изменении показателя преломления кристалла NaCl под действием поля рассматриваемого излучения. В таком кристалле при определенной интенсивности пучка должна иметь место его самофокусировка. Нами ранее [3] действительно наблюдались признаки самофокусировки в кристалле NaCl: фотографированием сечения пучка на выходе из кристалла было установлено отсутствие его расхождения на довольно большом расстоянии от фокальной области. По нашему мнению, распределение следов нарушений на фотографиях рис. 2 (особенно, фотография б) свидетельствует о том, что и здесь имели место самофокусировки. Действительно, за фокусом не наблюдается расхождение нарушений, а видно их сосредоточение вдоль линии, совпадающей с осью пучка.

Институт физики

Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
9 апреля 1969 г.

Литература

- [1] А.Е.Каплан. Письма в ЖЭТФ, 9, 58, 1969.
- [2] Р.В.Поль. Оптика и атомная физика. М., Изд. Наука, 1966, §136.
- [3] М.С.Бродин, В.М.Ватулев, А.М.Камуз. УФЖ, 11, 1151, 1966.