

Рис. 1. Типичные разрушения кристаллов лазерным излучением с длиной волны $\lambda = 1,06 \text{ мк}$ и $\lambda = 0,7 \text{ мк}$

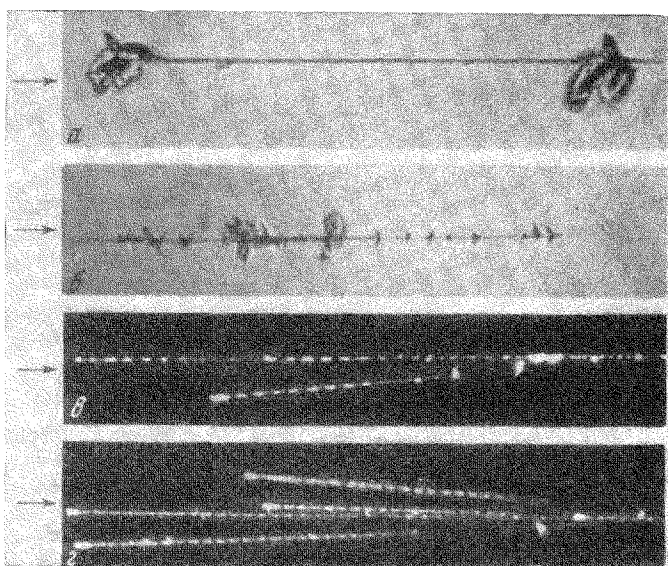


Рис. 2. Разрушения кристаллов излучением с $\lambda = 0,53 \text{ мк}$ и $\lambda = 0,35 \text{ мк}$. *a* и *б* — фотография в рассеянном свете. Увеличение: *a* — в 40х, *б*, *в* и *г* — в 20х. Стрелками указано направление луча лазера

САМОФОКУСИРОВКА ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В КРИСТАЛЛАХ РУБИНА И ЛЕЙКОСАФИРА

Г.М.Зверев, Т.Н.Михайлова, В.А.Пашков, Н.М.Соловьева

Самофокусировка интенсивных световых пучков наблюдалась ранее в ряде жидкостей [1-4]. В прозрачных твердых диэлектриках это явление было обнаружено лишь в стеклах при разрушении их мощным лазерным излучением [5]. В данной заметке сообщается о наблюдении самофокусировки в кристаллах рубина и лейкосапфира.

Были исследованы разрушения в кристаллах рубина и лейкосапфира под действием световых импульсов на частотах рубинового и неодимового лазеров и их вторых гармоник. Лазеры на стекле с неодимом и рубине работали в режиме модуляции добротности, для получения вторых гармоник использовались кристаллы КДР. Излучение фокусировалось в объеме изучаемых образцов сферической линзой с $f = 45$ мм. Микроскопическое изучение характера разрушений в кристаллах лейкосапфира и кристаллах рубина без центров окраски [8] показало следующее.

Разрушение в кристаллах под действием излучения рубинового ($\lambda = 0,69$ мк) или неодимового ($\lambda = 1,06$ мк) лазеров возникало в области фокуса линзы и состояло из плоских трещин, пересекающихся по оси луча (рис.1, см.вклейку).

Под действием излучения вторых гармоник рубина ($\lambda = 0,35$ мк) и неодима ($\lambda = 0,53$ мк) возникали разрушения в виде очень тонких ~ 10 мк и протяженных (около 5 мм) нитей, обычно исходящих из фокуса и направленных вдоль оси лазерного луча. Вдоль такой нити наблюдались трещины размером в несколько десятых миллиметра (рис.2-а, б см. вклейку). Иногда возникало несколько нитей разрушения, сходящихся к фокусу (рис.2-в, г). Такие разрушения наблюдались под действием излучения гармоник со значительными неоднородностями поля в поперечном сечении луча. При одинаковой мощности излучения нити разрушения в кристаллах рубина оказывались всегда более протяженными, чем в кристаллах лейкосапфира. При увеличении мощности длина нитей возрастала.

Разрушения в виде протяженных и очень тонких нитей с поперечным размером в несколько длин волн могут быть объяснены только с помощью явления самофокусировки и самоканализации лазерных пучков [6,7]. Нами были измерены пороги разрушения в кристаллах рубина и

лейкосапфира. Пороговыми разрушениями считались минимальные повреждения в образце, различимые в пучке газового лазера, просвечивающего область фокуса. Размер фокального пятна определялся на половине интенсивности путем фотографирования области фокуса через микроскоп. Было учтено поглощение излучения вторых гармоник в кристалле рубина. Результаты измерений представлены в таблице.

Т а б л и ц а

Пороговая мощность нефокусированного пучка ($P_{\text{пор}}$, *вт*) и поток мощности, усредненный по сечению фокального пятна ($S_{\text{пор}}$, *вт/см²*)

Длина волны излучения, <i>мк</i>	0,53	0,35	
Длительность импульса, <i>мсек</i>	20	15	
Лейкосапфир	$P_{\text{пор}}$	$4,2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$
	$S_{\text{пор}}$	$1,5 \cdot 10^{10}$	$2,0 \cdot 10^{10}$
Рубин	$P_{\text{пор}}$	$1,1 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$
	$S_{\text{пор}}$	$4 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{10}$

Явление самофокусировки связано с увеличением показателя преломления среды в поле световой волны

$$n = n_0 + n_2 E^2.$$

Увеличение показателя преломления может быть вызвано эффектом Керра, электрострикцией или кубичной электронной поляризуемостью [7]. Кроме того для веществ с $\partial n / \partial T > 0$, где T — температура, к увеличению n может привести нагрев вещества световым пучком [6, 9]. В нашем случае самофокусировка может быть связана именно с тепловыми эффектами (для сапфира $\partial n / \partial T > 0$ [10]). Об этом свидетельствуют следующие результаты.

1. Нити самофокусировки наблюдаются на частотах вторых гармоник рубинового и неодимового лазеров, соответствующих полосам поглощения ионов Cr^{+3} в рубине. Кристаллы лейкосапфира в наших опытах также содержали в малых количествах примесь хрома ($C \sim 10^{-3} \%$). Пороги разрушения с самофокусировкой для кристаллов рубина ниже, чем для лейкосапфира (см. таблицу). Экспериментально не наблюдалась большая разница в порогах пробоя рубина и лейкосапфира, хотя коэффи-

коэффициенты поглощения в них отличаются значительно. Возможно это объясняется насыщением коэффициента поглощения, связанного с хромом, под действием интенсивного излучения.

2. Нити самофокусировки не наблюдаются на частотах излучения рубинового и неодимового лазеров. Это может быть связано с повышением порога самофокусировки при увеличении длины волны излучения [11] и с отсутствием достаточного поглощения в кристаллах, приводящего к нагреву.

Разрушения кристаллов на этих частотах могут определяться ударной ионизацией и развитием электронной лавины. Эксперименты, подтверждающие этот механизм, будут опубликованы.

В заключение отметим, что самофокусировку не удается наблюдать в кристаллах рубина с центрами окраски. Разрушения в этих кристаллах на всех четырех частотах были одинаковы и имели вид характерных "треков", состоящих из микротрещин. Пороги пробоя на всех частотах были около 10^9 вт/см², что, по-видимому, ниже порогов самофокусировки.

Поступило в редакцию
14 марта 1967 г.

Литература

- [1] Н.Ф.Пилипецкий, А.Р.Рустамов. Письма ЖЭТФ, 2, 88, 1965.
- [2] Y.Shen. Y.Shaham. Phys. Rev. Lett., 15, 1008, 1965.
- [3] C.Wang. Phys. Rev. Lett., 16, 344, 1966.
- [4] W.Kaiser, A.Laubereau, M.Maier. Phys. Lett., 22, 60, 1966.
- [5] B.Hercher. J. Opt. Soc. Amer., 54, 563, 1964.
- [6] Г.А.Аскарьян. ЖЭТФ, 42, 1567, 1962.
- [7] R.Y.Chiao, E.Garmire, C.H.Townes. Phys. Rev. Lett., 13, 479, 1964.
- [8] В.А.Пашков, Г.М.Зверев. ЖЭТФ, 51, 777, 1966.
- [9] А.Г.Литвак. Письма ЖЭТФ, 4, 341, 1966.
- [10] T.W.Houston, L.F.Johnson. J. Opt. Soc. Amer., 53, 1286, 1963.
- [11] Ю.П.Райзер. Письма ЖЭТФ, 4, 3, 1966.