

- [7] Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 567 с.
- [8] Физика взрыва / Под ред. К. П. Станюковича. М.: Наука, 1975. 704 с.
- [9] Взрывчатые вещества. Методы определения чувствительности к удару. М.: Изд-во стандартов, 1981. 18 с.
- [10] Пригожин И. // УФН. 1980. Т. 131. № 2. С. 185—207.
- [11] Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1985. 423 с.
- [12] Климонтович Ю. Л. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. Вып. 9. С. 1412—1416. Там же. 1984. Т. 10. Вып. 2. С. 80—83.
- [13] Кернер Б. С., Осипов В. В. // ДАН СССР. 1982. Т. 26. № 6. С. 1366—1370.
- [14] Оравский А. И. // ЖЭТФ. 1985. Т. 89. Вып. 2. С. 608—617.
- [15] Баланкин А. С. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. Вып. 13. С. 1221—1226; 1231—1234.
- [16] Галицкий В. М., Елесин В. Ф. Резонансное взаимодействие электромагнитных полей с полупроводниками. М.: Энергоатомиздат, 1986. 192 с.
- [17] Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 796 с.
- [18] Мелкер А. И., Иванов А. В. // ФТТ. 1986. Т. 28. Вып. 11. С. 3396—3402.
- [19] Гуфан Ю. М. Структурные фазовые переходы. М.: Наука, 1982. 304 с.
- [20] Беляков А. В., Витман Ф. Ф., Златин Н. А. // ЖТФ. 1983. Т. 33. Вып. 8. С. 990—995.
- [21] Григорян С. С., Черный Г. Г. // ДАН СССР. 1987. Т. 292. № 6. С. 1319—1328.
- [22] Бразовский С. А. // ЖЭТФ. 1975. Т. 68. Вып. 1. С. 175—185.
- [23] Михайлов А. С., Упоров И. В. // ДАН СССР. 1980. Т. 298. № 3. С. 733—736.
- [24] Финкель Б. М. Физика разрушения. М.: Металлургия, 1970. 375 с.
- [25] Leonard R. W., Laber D., Linse V. // Proc. 2nd Intern. Conf. HERP, 1969. P. 234—238.

Поступило в Редакцию
14 апреля 1988 г.
В окончательной редакции
30 декабря 1988 г.

НЕСТАЦИОНАРНОЕ УСИЛЕНИЕ ДИФФУЗНЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ТЕПЛОВЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ГОЛОГРАММАМИ

А. М. Березинская, А. М. Духовный

Высокоэффективное нестационарное взаимодействие плоских волны одинаковой частоты излучения в нелинейных средах с локальным откликом теоретически и экспериментально исследовалось в [1–5], в [6–8] изучалось нестационарное усиление плоских волн в поле пространственно неоднородных световых пучков применительно главным образом к задаче пространственной коррекции излучения. Авторами [6–8] была установлена важная роль соотношения величин нелинейностей, ответственных за кросс- и интермодуляционное взаимодействия (α и α' соответственно) в процессе преобразования плоской волны динамической голограммой (ДГ), сформированной плоской и диффузной волнами, в частности, показано, что эффективное усиление плоской волны осуществляется при условии $|\alpha'/\alpha| \ll 1$ и становится невозможным, если $\alpha'/\alpha = 1$. В данной работе исследуется эффективность преобразования диффузных пучков в поле плоской волны на примере записи отражательных ДГ в линейно поглощающей среде, что актуально с точки зрения разработки оптических усилителей малоинтенсивных изображений.

Теоретический анализ нестационарного усиления диффузной волны (объектной) в поле плоской (опорной) проводился на основе системы связанных дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействия пучков в отражательной ДГ, записанной в кубической среде с локальным откликом [6, 7]. В отличие от [6, 7] слабой усиливаемой волной являлась диффузная волна, а сильным пучком — плоская волна, причем диффузный пучок был представлен в виде набора плоских компонентов не только, как и в [6, 7], одинаковых, но и заметно отличающихся по амплитуде. Расчет эффективности преобразования η , определяемой как отношение усиленной волны на выходе к суммарной интенсивности всех волн на входе ДГ, для случая трех компонентов диффузного пучка одинаковой и различных амплитуд показал практически совпадение η в обоих рассматривавшихся случаях в исследованном диапазоне изменения параметра нелинейности G (явный вид G приведен в [4]). Поэтому в последующих расчетах амплитуды всех компонентов принимались одинаковыми, а число компонентов диф-

фузного пучка N было равно 100, так как в соответствии с [7] дальнейший рост N на эффективность преобразования не влияет. Численные расчеты проводились как в условиях, когда имело место интермодуляционное взаимодействие между компонентами диффузного пучка ($\alpha'/\alpha=1$), так и в его отсутствие ($\alpha'/\alpha=0$). Диапазон изменения параметра нелинейности составлял $G=5-150$, начальная прозрачность $T=0.4$, соотношение опорного и объектного пучков $M=25$ и 10^4 . Расчет проводился в условиях, когда длительность записывающего ДГ излучения была значительно меньше времени релаксации кросс- и интермодуляционных решеток. Результаты расчетов эффективности преобразования диффузной (кривые 1—4) при различных соотношениях пучков на входе ДГ и плоской волн (кривые 5—6) для сравнения приведены на рис. 1. Из рисунка следует, во-первых, что эффективность преобразования диффузного пучка мало отличается от η плоской волны, следовательно, как и в случае усиления плоской волны [4], η может достигать высоких значений, близких к 100 %, во-вторых,

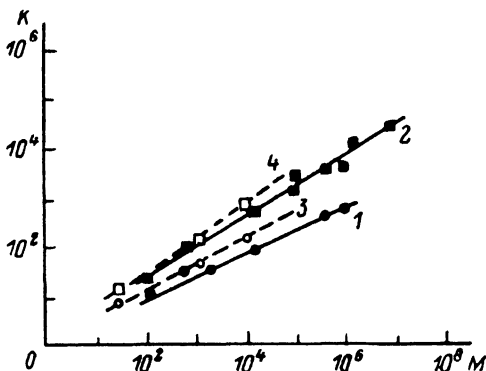
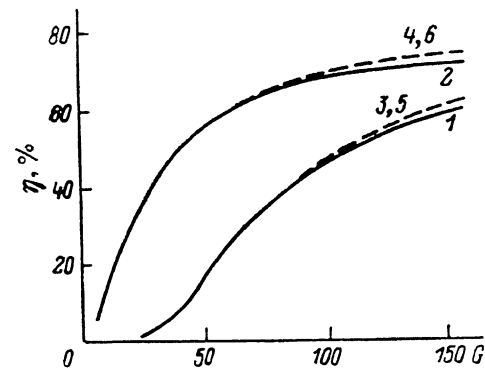


Рис. 1. Зависимость эффективности преобразования диффузных (1—4) и плоских (5, 6) волн в поле плоских опорных пучков при нелинейном взаимодействии между компонентами объектного пучка (1, 2) и в его отсутствие (3, 4).

$M=25$ (2, 4, 6), 10^4 (1, 3, 5).

Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления диффузной (1, 2) и плоской (3, 4) волны от отношения интенсивности пучков на входе ДГ при $w=0.4$ (1, 3), 1 Дж/см² (2, 4).

наличие нелинейного взаимодействия между компонентами объектного пучка ($\alpha'/\alpha \neq 0$) не является фактором, ограничивающим рост η , как это имело место при усилении плоской волны в поле диффузного пучка [6—8].

Экспериментально исследование усиления диффузных пучков ДГ осуществлялось по традиционной оптической схеме записи голограмм во встречных пучках. В качестве источника излучения использовался моноимпульсный одномодовый лазер на неодимовом стекле с длительностью импульса 13 нс. ДГ формировались в кювете длиной 5 см, заполненной поглощающей смесью окислов азота и ксенона [9] при парциальном давлении последнего 42 атм и начальной прозрачности смеси $T=0.4$. Времена релаксаций кросс- и интермодуляционных решеток превышали 85 нс и значительно превосходили длительность лазерного импульса излучения, что обеспечивало нестационарный характер записи всех тепловых решеток. В плечо объектного пучка устанавливались диффузно рассеивающая стеклянная пластина и светофильтры, позволявшие регулировать соотношение пучков на входе ДГ от $M=20$ до 10^6 . Соотношение пучков определялось экспериментально с помощью калориметра, установленного за диафрагмой, размер которой соответствовал диаметру опорного пучка, в плоскости середины кюветы с газам. Диффузный рассеиватель устанавливался таким образом, чтобы прошедший ДГ опорный пучок не попадал на него, тем самым исключая влияние отраженной от рассеивателя и усиливаемой в голограмме опорной волны на величину измеряемых коэффициентов усиления. Энергия пучков на входе и выходе ДГ измерялась стандартными калориметрами, а также оптико-акустическим приемником импульсного излучения [10], позволившим измерять маломощные диффузные пучки сечением до 60 мм. Коэффициенты усиления K определялись как $K=W_{\text{вых}}/W_{\text{вх}} \cdot T$, где $W_{\text{вых}}$, $W_{\text{вх}}$ — энергия объектного пучка на выходе и входе ДГ соответственно. Результаты экспериментального исследования зависимостей коэффициентов усиления диффузных пучков (кривые 1, 2) от соотношения интенсивностей пучков на входе ДГ при различных значениях плотности энергии опорного пучка w приведены на рис. 2. Здесь же представлены кривые 3, 4, полученные для случая усиления

плоских волн в аналогичных условиях. Как следует из рисунка, коэффициенты усиления диффузных и плоских волн находятся в удовлетворительном согласии друг с другом и с выводами теоретического анализа об их примерном равенстве. Некоторое отличие в величинах K для указанных двух случаев связано, очевидно, с недостаточно широкой полосой усиления пространственных частот ДГ. Это можно проиллюстрировать экспериментами с расширенными по сечению опорными пучками. Результаты измерений угловых распределений коэффициентов усиления при различных диаметрах опорного пучка представлены на рис. 3 (Θ — угол между осевым направлением объектного пучка и направлением измерения K). Видно, что увеличение диаметра опорного пучка от 6 до 50 мм приводит к существенному расширению области эффективного преобразования диффузных пучков от 5 до 20–25° по уровню спада K в два раза от максимального значения соответственно и тем самым к расширению полосы усиления пространственных частот ДГ, сближению величин K диффузных и плоских волн, а также к повышению равномерности углового распределения K .

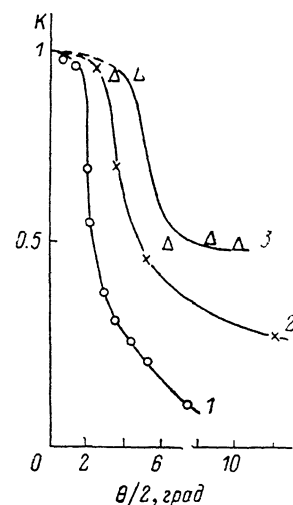


Рис. 3. Угловое распределение нормированного коэффициента усиления при диаметрах опорного пучка 6 (1), 20 (2), 50 мм (3).

Таким образом, в работе показана возможность эффективного, как и в случае плоских волн, усиления диффузных пучков ДГ в нелинейной среде с тепловой нелинейностью, что является актуальным с точки зрения разработки оптических усилителей изображений диффузно рассеивающих объектов на основе динамических голограмм.

Список литературы

- [1] Брыский В. З., Грозный А. В., Сидорович В. Г., Стаселько Д. И. // Письма в ЖТФ. 1976. Т. 2. Вып. 12. С. 561—565.
- [2] Лещев А. А., Сидорович В. Г., Стаселько Д. И. // Тез. докл. I Всесоюз. конф. «Оптика лазеров». Л., 1977. С. 229—230.
- [3] Духовный А. М., Стаселько Д. И. // Письма в ЖТФ. 1978. Т. 4. Вып. 6. С. 354—357.
- [4] Грозный А. В., Духовный А. М., Лещев А. А. и др. // Оптическая голография. Л.: Наука, 1979. С. 92—122.
- [5] Ананьев Ю. А., Горланов А. В., Гришманова И. И. и др. // Квантовая электрон. 1979. Т. 6. № 8. С. 1813—1815.
- [6] Духовный А. М., Стаселько Д. И. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. Вып. 16. С. 1009—1014.
- [7] Березинская А. М., Духовный А. М., Стаселько Д. И. // ЖТФ. 1983. Т. 53. Вып. 10. С. 1986—1994.
- [8] Зельдович Б. Я., Лернер И. Б. // Квантовая электрон. 1983. Т. 10. № 9. С. 1764—1770.
- [9] Березинская А. М., Духовный А. М., Стаселько Д. И. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. Вып. 15. С. 905—909.
- [10] Старобогатов И. О. // Импульсная фотометрия. Л.: Машиностроение, 1984. Вып. 8. С. 128—130.

Поступило в Редакцию
28 октября 1988 г.

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ И $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$

Н. И. Кацавец, Л. Б. Кулева, Е. И. Леонов, И. П. Никитина, О. В. Титкова

Монокристаллы со структурой силленита, в частности силикат $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) и германат $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ (BGO) висмута, нашли свое применение в устройствах оптической обработки информации и голографической интерферометрии [1–4]. Запись оптической информации в сил-