

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 .

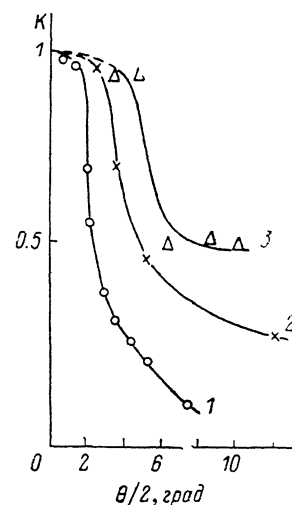


Рис. 3. Угловое распределение нормированного коэффициента усиления при диаметрах опорного пучка 6 (1), 20 (2), 50 мм (3).

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.

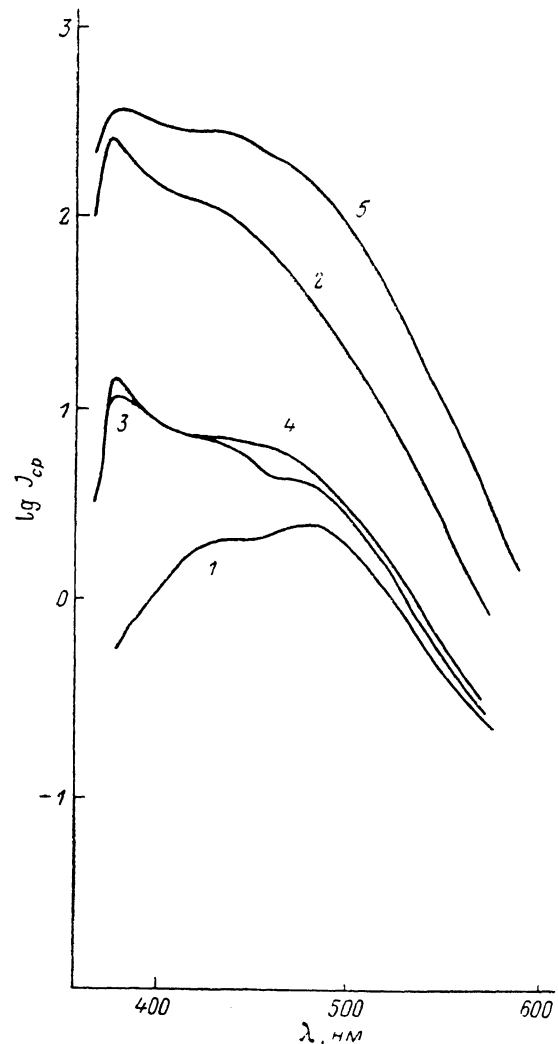
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ И $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$

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-

лентгах осуществляется благодаря неоднородному в пространстве фотовозбуждению неравно-весных носителей заряда, их дрейфу во внешнем электрическом поле и захвату на глубокие примесные центры. Поэтому исследование характеристик фотопроводимости (ФП) таких кристаллов представляет несомненный интерес. Этому вопросу посвящено значительное число работ [5-7], экспериментальные данные которых во многом противоречивы. Это отно-сится как к виду спектров, так и к величине стационарной ФП.

В экспериментах использовались монокристаллические пластины ВГО и BSO толщи-ной 1000 мкм и ориентацией плоскости среза, перпендикулярной кристаллографическому



направлению [100]. Пластины выреза-лись из монокристаллической були, шлифовались с помощью корундового порошка (Al_2O_3), а затем последова-тельно полировались эльборовоной (ЛПМ-7) и алмазной (АМ1/0) пастами. Высо-котемпературный отжиг осуществлялся на воздухе при температуре 800 °С в те-чение 3 ч с последующим медленным охлаждением ($v_{ох}=2$ град/мин). Травле-ние кристаллов производилось в поли-рующем травителе на основе соляной кислоты [8]. Для исследования струк-турного совершенства поверхности кри-сталлических срезов ВГО и BSO ис-пользовался метод двухкристалльной рентгеновской спектрометрии. В качестве первичного излучения использовалось излучение $Mo K_{\alpha}$ ($\lambda_{K_{\alpha}}=0.7092261$ А). Мо-нохроматором служил монокристалл ВГО (100), механически полированный и подвергнутый последующему дли-тельному высокотемпературному отжи-гу. Исследовались кривые дифракцион-ного отражения (КДО) (600) $Mo K_{\alpha}$. Глубина проникновения первичного из-лучения в максимуме отражения (600) $Mo K_{\alpha}$ составляет 1.5 мкм.

Исследование спектров стационар-ного фототока (ФТ) производилось с по-мощью монохроматора МДР-23. Исто-чником излучения служила лампа нака-ливания КГМ-100. В качестве электро-

Рис. 1. Спектры стационарного фототока монокристаллов ВГО, подвергнутых различным обработкам.

дов использовалась паста аквадаг. Электроды наносились на одну из поверхностей кристал-лических пластин. Расстояние между ними составляло 800 мкм.

На рис. 1 представлены спектры стационарного ФТ монокристаллических пластин ВГО (аналогичные спектры наблюдались в BSO), вырезанных из одной були и подвергнутых ме-ханической шлифовке и полировке (1), травлению на глубину 100 мкм (2) и высокотемператур-ному отжигу (3) после механической обработки, а также высокотемпературному отжигу после травления (4) и травлению на глубину 10 мкм после высокотемпературного отжига (5). Как видно из рисунка, способ обработки поверхности и высокотемпературный отжиг оказы-вают существенное влияние как на величину, так и на вид спектров фоточувствительности исследованных образцов.

С целью выяснения роли поверхности в процессах токопереноса были проведены исследо-вания структурного совершенства поверхности монокристаллических пластин ВГО и BSO методом двухкристалльного отражения.

На рис. 2 представлены типичные КДО монокристаллических пластин ВГО и BSO, подвергнутых различным внешним воздействиям (нумерация кривых соответствует нумерации на рис. 1), а в таблице приведены усредненные по трем точкам значения коэффициента отражения в максимуме (R_{\max}) и полуширина ($W_{1/2}$) КДО, характеризующие структурное совершенство поверхности.

Анализ полученных результатов показал, что КДО механически полированных образцов представляет собой симметричные «размытые» максимумы, характерные для нарушенных в результате механической обработки поверхностных слоев. Нарушенные слои играют роль диэлектрика, что приводит к пониженной фоточувствительности образцов как в собственной ($\lambda=300$ нм), так и в «примесной» ($\lambda=400$ нм) областях спектра.

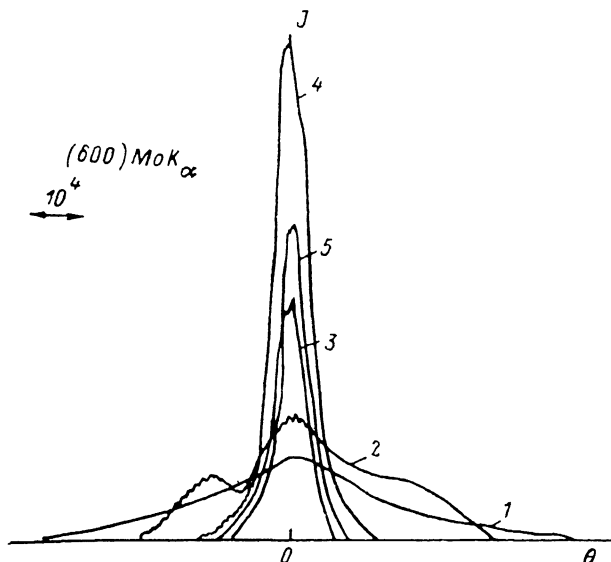


Рис. 2. КДО образцов, нарезанных из одной пластины.

«Глубокое» травление образцов (~ 100 мкм) приводит к удалению «нарушенного» слоя. При этом полуширина КДО уменьшается, однако они имеют асимметричный характер и представляют собой наложение двух или трех широких максимумов отражения, сдвинутых относительно друг друга на $15-60^\circ$. Их вид существенно изменяется при сканировании рентгеновского луча по поверхности образца.

Эти результаты говорят о том, что после травливания «нарушенного» слоя на поверхности образцов проявляются объемные структурные дефекты как I-го, так и II-го классов (по классификации Кривоглаза), неоднородно распределенные по объему були — «ро-

Обработка	ВГО (100)		BSO (100)	
	R_{\max} , %	$W_{1/2}$, угл. с	R_{\max} , %	$W_{1/2}$, угл. с
Механическая полировка (1)	4	47	4	103
Высокотемпературная обработка (800°C , 3 ч) (2)	10	7.8	15	8.2
Травление (~ 100 мкм) (3)	7	43	16	27
Высокотемпературная обработка после травления (4)	33	9	24	7.8
Травление (10 мкм) после высокотемпературной обработки (5)	18	8.7	14	9

стовые дефекты». Эти дефекты играют роль центров рекомбинации неравновесных носителей заряда и ограничивают фоточувствительность образцов. Хотя следует заметить, что величина фоточувствительности образцов, подвергнутых «глубокому» травлению, значительно возрастает по сравнению с механически полированными образцами (рис. 1, кривая 2).

Высокотемпературный отжиг приводит к существенному улучшению структурного совершенства поверхности как полированных, так и травленных образцов (рис. 2). При этом КДО травленных образцов после отжига (см. таблицу) имеют наилучшие параметры, приближающиеся к теоретически рассчитанным для идеальных кристаллов BSO и BGO (рассчитанные по динамической теории КДО имеют следующие параметры: для BSO $R_{\max}=45.8\%$, $W_{1/2}=7.8''$, для BGO $R_{\max}=45\%$, $W_{1/2}=7.7''$). Таким образом, в процессе высокотемпературной обработки происходит не только отжиг дефектов, внесенных механической обработкой, но и отжиг «ростовых дефектов».

Высокотемпературный отжиг структурных дефектов должен приводить к увеличению фоточувствительности образцов вследствие уменьшения рекомбинации свободных носителей заряда, однако оказалось, что он приводит, напротив, к существенному уменьшению фоточувствительности травленных образцов, незначительно увеличивая фоточувствительность полированных образцов (рис. 1, кривые 3, 4).

Существенно повысить фоточувствительность образцов можно путем стравливания тонкого приповерхностного слоя толщиной порядка 10 мкм после высокотемпературного отжига (рис. 1, кривая 5). Параметры КДО при этом не ухудшаются (см. рис. 2 и таблицу).

Исходя из этих результатов, можно предположить, что в процессе высокотемпературной обработки наблюдается не только отжиг структурных дефектов, но и диффузия неконтролируемых примесей в тонкий приповерхностный слой. Эти примеси, не внося существенного изменения в структурное совершенство поверхности, значительно снижают ее ФП, что приводит в свою очередь к уменьшению фоточувствительности образцов во всем исследованном спектральном диапазоне.

Вопрос о природе примесей пока остается открытым. Не исключено, что это кислород, диффундирующий в приповерхностный слой BGO и BSO из воздуха, или адсорбированные на рыхлой полированной поверхности атомы других элементов.

Список литературы

- [1] *Hau S. L., Oliver D. S.* // Appl. Phys. Lett. 1971. Vol. 18. N 8. P. 325—328.
- [2] *Петров М. П., Хоменко А. В., Красинькова М. В.* // ЖТФ. 1981. Т. 51. Вып. 7. С. 1422—1431.
- [3] *Huignard J. P., Herriau J. P.* // Appl. Opt. 1978. Vol. 17. P. 2671—2672.
- [4] *Ja Y. H.* // Appl. Phys. 1985. Vol. B-36. N 1. P. 21—24.
- [5] *Анцыгин В. Д., Гудачев О. А., Малиновский В. К.* // Автометрия. 1980. № 1. С. 109—113.
- [6] *Волосов А. Я., Костюк В. Х., Кудзин А. Ю., Соколянский Г. Х.* // ФТТ. 1981. Т. 23. Вып. 7. С. 2187—2189.
- [7] *Камышилов В. Ф., Косцов Э. Г.* // ЖТФ. 1983. Т. 4. Вып. 7. С. 65—67.
- [8] *Леонов Е. И., Орлов В. М., Титкова О. В.* Травитель для обработки монокристаллов силикатов. Заявка № 430082/31-26. 18.02.1988. Положит. решение от 22.08.1988.

Физико-технический институт
им А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
16 июня 1988 г.

В окончательной редакции
8 декабря 1988 г.

ОПТИЧЕСКИЙ КОРРЕЛЯТОР С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗАПИСЬЮ ФУРЬЕ-СПЕКТРОВ

М. П. Петров

В настоящей работе рассматривается когерентно-оптический коррелятор, в плоскости фильтра которого осуществляется запись фурье-образов как эталона, так и текущего изображения. Однако в отличие от схемы с совместным фурье-преобразованием [1] в данном случае запись фурье-образов осуществляется не одновременно, а последовательно. Появление произведения двух фурье-образов возникает за счет нелинейности светочувствительной среды (перекрестных эффектов). Возможность использования нелинейности фоторефрактивных сред для задач корреляционного анализа применительно к объемным голограммам рассматривалось ранее [2-4]. В настоящем сообщении исследованы условия, при которых возможно