

Таким образом, методом стандартной фотолитографии с проявлением в водных растворах были получены сверхпроводящие структуры состава $Y-Ba-Cu-O$ сложной конфигурации с шириной линии ~ 2 мкм. Никакой ощутимой деградации температуры сверхпроводящего перехода при этом не наблюдалось.

Авторы выражают глубокую благодарность А.А. Комару и А.П. Шотову за внимание к работе, а так же Е.Г. Чижевскому за уникальный монтаж контактов на пленочных элементах.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Zheng J.P., Kim H.S., Ying Q.Y., Barone R., Bush P., Shaw D.P., Kwok H.S. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 10. P. 1044-1046.
- [2] Harriott L.R., Polakos P.A., Rice C.E. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 5. P. 495-497.
- [3] Your M.E., Barmes R.L. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 7. P. 532-534.
- [4] Баранова Г.К., Зверьков С.А., Овчинникова Л.В. Тез. докл. П Всес. конф. по высокотемпературной сверхпроводимости. Киев, 1989, Т. 3, С. 161-162.
- [5] Frenkel A., Venkatesan T., Chinn-Lion Lin, Wu X.D., Hedge M.S., Inam A., Dutta D. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 26. P. 2704-2706.
- [6] Багуля А.В., Казаков И.П., Негодаев М.А., Цехош В.И. Тез. докл. П Всес. конф. по высокотемпературной сверхпроводимости. Киев, 1989, Т. 2, С. 289-290.

Физический институт им П.Н. Лебедева
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
8 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

26 августа 1990 г.

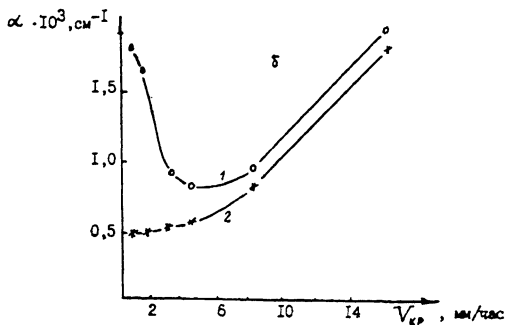
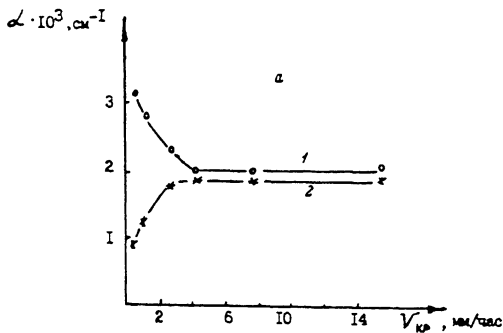
05.1; 07

© 1990

ОТЖИГ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ $YAG-Er^{3+}$
ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ
МИЛЛИСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

В.И. Жеков, Т.М. Мурина,
А.В. Попов, А.М. Прохоров

Поглощающие дефекты и включения в оптических материалах в большинстве случаев являются доминирующим источником лазерного разрушения оптических элементов [1]. Для получения совершенных оптических материалов, например, лазерных кристаллов, необходимо, с одной стороны, повышать степень очистки шихты, из ко-



Зависимость коэффициента объемного поглощения кристалла $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ от скорости кристаллизации (до лазерной обработки - 1; после лазерной обработки - 2). а - $\alpha_o(\lambda = 1.08 \text{ мкм}, \tau_{ИМП} = 10 \text{ нс})$, б - $\alpha_o(\lambda = 2.94 \text{ мкм}, \tau_{ИМП} = 0.2 \text{ мс})$

торой выращивают кристаллы, с другой - оптимизировать технологические параметры кристаллизации (температурный градиент, скорость роста, атмосфера кристаллизации, материал контейнера и т.д.). Сочетание этих требований позволяет получать структурно-совершенные кристаллы с минимальным содержанием в них макро- и микродефектов.

Для повышения лучевой стойкости некоторых оптических материалов используется их высокотемпературный отжиг в окислительной, нейтральной и других средах. В работах [2, 3] после проведения отжига наблюдалось термическое упрочнение кристаллов рубина, ШГК, иттрий-эрбий-алюминиевого граната. Например, отжиг кристаллов $YAG-Er^{3+}$ при $T = 1300 \text{ К}$ в окислительной среде (воздухе) в течении 20 часов приводил к значительному (5-7 раз) повышению порога разрушения некоторых образцов, обладающих относительно низкой исходной лазерной прочностью. Однако, как показали исследования [4, 5], при высокотемпературном отжиге кристаллов наблюдается выпадение фаз, диффузия атомов, что в свою очередь приводит к образованию точечных дефектов типа F -центров

и кислородных вакансий, которые являются дополнительными центрами поглощения и рассеяния света в кристаллах. Наличие таких дефектов в активных элементах может снижать эффективность работы лазера. В последние годы широкое развитие получила лазерная обработка материалов с целью отжига поверхности полупроводников [6], а также для закалки поверхности металлов [7]. Существенным преимуществом лазерного отжига в отличие, например, от высокотемпературного отжига, является возможность разогрева лазерным излучением локальных объемов до высоких температур (в некоторых случаях выше температуры плавления), не изменяя при этом существенно температуру всего объема обрабатываемого материала.

Исследования кристаллов $YAG-Er^{3+}$ методом импульсной адиабатической лазерной калориметрии показали, что в них содержатся сильнопоглощающие дефекты с локальным коэффициентом поглощения $\sim 10^3 \text{ см}^{-1}$. Образование таких дефектов наиболее эффективно происходит в кристаллах, выращенных со скоростью кристаллизации $\leq 3 \text{ мм/час}$ [8, 9].

С целью уменьшения поглощения на локальных дефектах в кристаллах $YAG-Er^{3+}$ нами был разработан метод лазерного отжига кристаллов. Исследования проводились на серии кристаллов, выращенных с различной скоростью кристаллизации. Кристаллы просвечивались излучением $YAG-Er^{3+}$ -лазера ($\lambda = 2.94 \text{ мкм}$), работающего в режиме свободной генерации с миллисекундными длительностями импульса. Контроль кристаллов до и после отжига осуществлялся по изменению коэффициентов объемного поглощения (α_0) на двух длинах волны 1.08 и 2.94 мкм (см. рисунок). Из рисунка видно, что лазерный отжиг наиболее эффективно приводит к уменьшению α_0 для кристаллов, поглощение которых в основном связано с поглощением на локальных частицах.

Уменьшение коэффициента поглощения локальных дефектов, по-видимому, может быть связано с диффузией примесных атомов, или их валентными трансформациями в результате окислительно-восстановительных процессов, происходящих в дефектах при высоких температурах.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] М а н е н к о в А.А., П р о х о р о в А.М. // Успехи физических наук. Т. 48. В. 1. С. 179-211.
- [2] А к у л е н о к Е.М., Д а н и л е й к о Ю.К., М а н е н к о в А.А., Н е ч и т а й л о В.С., П и с к у н А.Д., Х а и м о в - М а л ь к о в В.Я. // Письма в ЖЭТФ. 1972. Т. 16. В. 6. С. 336-339.
- [3] Б а г д а с а р о в Х.С., Б е л у г и н а Н.В., Г о м е л а у р и Г.В., М а н е н к о в А.А., // Квантовая электроника. 1980. Т. 7. № 6. С. 1351-1353.
- [4] М а s u m o t o Т., К u m a n o Y. // Jap. J. Appl. Phys. 1985. V. 24. N 5. P. 546-551.

- [5] K v a r i l J., K v a r i l J o s., P e r n e k B., M a n e k B., B l a z e k K. // Cryst. Res. Tech - nol. 1985. V. 20. Ser. 4. P. 474-478.
- [6] Головач Д.Г., Куземченко Т.А., Маненков А.А., Михайлова Г.Н., Сеферов А.С. Тез. докл. Ш Всесоюз. конф. по взаимодействию оптич. излучения с веществом. Л., 1988.
- [7] Валиев Р.А., Гуреев Д.М., Романов Е.С., Чистяков В.А., Ялдин Ю.А. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. № 8. С. 1711-1713.
- [8] Жеков В.И., Мурина Т.М., Попов А.В., Прохоров А.М. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 45. № 6. С. 271-279.
- [9] Багдасаров Х.С., Жеков В.И., Мурина Т.М., Попов А.В., Тарасова Н.В., Федоров Е.А. Тез. докл. 7 Всесоюз. конф. по росту кристаллов. М., 1988. Т. Ш. С.386-387.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
12 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

26 августа 1990 г.

05.4

© 1990

РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК $Y-Ba-Cu-O$
НА САПФИРОВЫХ ПОДЛОЖКАХ

Б.М. А т а е в, И.К. К а м и л о в,
М.Х. Р а б а д а н о в

Сообщается о получении монокристаллических ВТСП - пленок на широко используемых в практике подложках $\alpha-Al_2O_3$. Эти подложки считаются мало подходящими для выращивания на них сверхпроводящих пленок $Y-Ba-Cu-O$ по двум причинам: а) большого различия параметров решеток материалов подложки и пленки; б) диффузии атомов Al в ВТСП-слои из-за активного взаимодействия $Al_2O_3 - Y-Ba-Cu-O$. Пленки, выращенные на подложках $SrTiO_3$, ZrO_2 , MgO , более совершенны и имеют более высокие критические параметры перехода в сверхпроводящее состояние (см., например, [1-3]). Однако сапфировые подложки предпочтительнее в СВЧ-применениях из-за их меньшей диэлектрической проницаемости, поэтому остается актуальной задача получения более совершенных ВТСП-пленок на этих подложках как непосредственно, так и с предваритель-