

НЕЧЕПУРЕНКО Ю. В., ПОЛИКАНИН А. М., СОКОЛОВ В. Г.,
БРАНИЦКИЙ Г. А., БУДКЕВИЧ Б. А.

ЗАПИСЬ ГОЛОГРАММ НА ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ДИОКСИДА ТИТАНА

Применение оптических квантовых генераторов, излучающих в УФ-диапазоне спектра, дает возможность расширить круг регистрирующих материалов для записи оптической информации. Среди несеребряных светочувствительных систем, пригодных для голографической регистрации информации, определенный интерес представляют фотографические слои на основе тонких прозрачных пленок диоксида титана, поскольку они имеют достаточно высокую (до 10^7 Дж $^{-1}$ ·см 2) чувствительность в УФ-области спектра и малую усадку [1–3]. При проявлении в физических проявителях (ФП) на поверхности пленок TiO $_2$ формируется фотографическое изображение в виде тонкого блестящего металлического слоя (серебра, никеля, меди), что позволяет получать голограммы как на пропускание, так и на отражение.

Ранее [3] сообщалось о возможности использования пленочных TiO $_2$ -слоев для записи голограмм в области пространственных частот до 2000 мм $^{-1}$ ($\lambda=440$ нм), однако достигаемые при этом характеристики и особенности формирования дифракционных решеток на пленках TiO $_2$ не рассматривали. В данной работе приведены результаты изучения влияния условий фотографической обработки на достигаемую дифракционную эффективность (η) при записи голограмм на TiO $_2$ -слоях с использованием N-лазера ($\lambda=337,1$ нм).

Фотографические слои (применяли низкотемпературную модификацию гидратированного аморфного диоксида титана) получали по методике, изложенной в [2, 4]. Следует отметить, что фотографическая чувствительность изучаемых слоев составляла 10^4 Дж $^{-1}$ ·см 2 , что на 2–3 порядка ниже, чем достигаемая на аналогичных слоях на основе высокотемпературных пленок TiO $_2$, приготовление которых осуществляется по более сложному технологическому процессу [4]. Запись дифракционных решеток (диаметр голограмм 2 мм) осуществляли излучением импульсного лазера типа ЛГИ-21 по схеме с ахроматизацией полос, описанной в [5], на пространственной частоте 500 мм $^{-1}$. В качестве светоделительного элемента применяли дифракционную решетку, работающую на отражение и изготовленную способом контактного копирования на TiO $_2$ -слое с использованием никелевого ФП [6]. Дифракционная решетка имела эффективность $\sim 20\%$. Луч лазера падал на нее под углом 9° . Визуализацию изображения осуществляли путем проявления в серебряном или никелевом ФП по методике, описанной в [2, 6]. Восстановление голограмм проводили посредством He–Ne-лазера ($\lambda=632,8$ нм).

Величина минимальной экспозиции, при которой начиналась запись дифракционных решеток на указанной длине волны, составляла 1,5–2 мДж·см $^{-2}$, что находится в хорошем согласии с кривой спектральной чувствительности фотографических слоев на основе гидратированного TiO $_2$ (рис. 1).

Зависимость дифракционной эффективности пропускающих амплитудно-фазовых голограмм от экспозиции имеет экстремальный характер с максимумом в области 6–10 мДж·см $^{-2}$ (рис. 2), причем его положение мало зависит от того, из какого металла (серебра или никеля) сформирована на поверхности TiO $_2$ дифракционная решетка. Максимальное значение η в этом случае достигает 4,5%. Рост значений η с увеличением экспозиции до 6 мДж·см $^{-2}$ связан с повышением контраста интерференционных полос при проявлении; дальнейшее увеличение экспозиции приводит к расшире-

нию и зарастанию этих полос, что вызывает уменьшение дифракционной эффективности голограмм.

Из рис. 2 (кривые 1-3) следует, что достигаемые значения η существенно зависят от продолжительности проявления в ФП. При этом следует отметить, что поскольку фотографические материалы на основе пленок TiO_2 имеют высокий коэффициент контрастности (γ до 15), увеличение времени проявления приводит к повышению контраста проявляемых интерференционных полос и, следовательно, значений η за счет увеличения

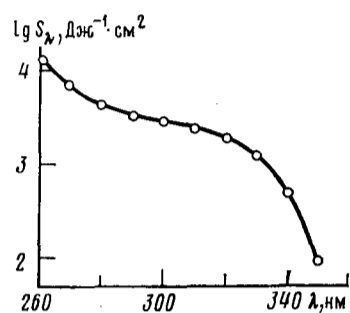


Рис. 1

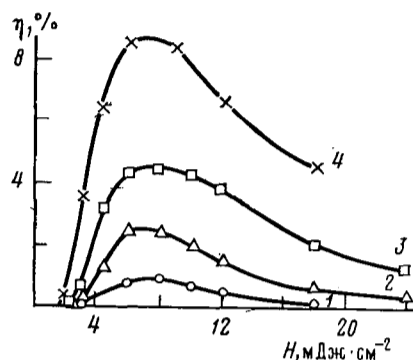


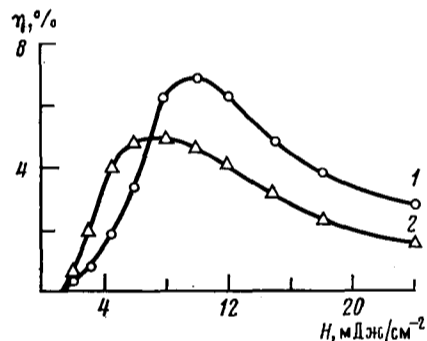
Рис. 2

Рис. 1. Спектральная чувствительность фотографических слоев на основе гидратированного диоксида титана

Рис. 2. Зависимость дифракционной эффективности пропускающих амплитудно-фазовых (серебро, 1-3) и фазовой (отбеленное серебро, 4) голограмм от экспозиции. Продолжительность проявления в серебряном ФП 1 (1), 3 (2) и 6 мин (3, 4)

модуляции коэффициента поглощения и толщины пленки металла; однако при этом происходит сужение области оптимальных экспозиций для линейной записи волнового фронта на голограмме. Поэтому для каждого

Рис. 3. Зависимость дифракционной эффективности полученных на отражение голограмм из никеля (1) и отбеленного серебра (2) от экспозиции. Продолжительность проявления в ФП 6 мин



конкретного состава ФП необходимо проведение исследования зависимости коэффициента амплитудного пропускания от экспозиции для выявления оптимальной области экспозиций при различных продолжительностях проявления.

При отбеливании амплитудно-фазовых серебряных голограмм в соответствующих растворах, например на основе галогенидов меди [7], формируются фазовые голограммы, имеющие аналогичный вид зависимости $\eta-H$, но значения η увеличиваются, достигая в максимуме 8,5% (рис. 2, кривая 4).

Характерно для изучаемых TiO_2 -фотографических слоев то, что дифракционные решетки, сформированные из тонкого металлического слоя (серебра или никеля) на пленке TiO_2 при соответствующем проявлении, имеют значительную отражательную способность. При этом характер за-

зависимости η - H для голограмм, полученных на отражение и пропускание, сходен (рис. 2 и 3, кривые 1), а η голограмм, полученных на отражение, может достигать 7% и более. Отражательную способность имеют также и дифракционные решетки, сформированные из отбеленного серебра (рис. 3, кривая 2). Однако в этом случае при отражении достигаются меньшие значения η , чем при пропускании.

Результаты предварительного исследования показали, что сходные закономерности в формировании голографических решеток наблюдаются и на более чувствительных TiO_2 -слоях (на основе высокотемпературной модификации TiO_2), а также TiO_2 -слоях, сенсibilизированных красителями в видимой области спектра [3].

Таким образом, результаты показывают, что фотографические материалы на основе тонких прозрачных пленок TiO_2 могут быть применены для записи голограмм, получаемых на пропускание и отражение, с достаточно высокими значениями дифракционной эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов В. Г., Браницкий Г. А., Свиридов В. В. Ж. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр., 1979, т. 24, № 5, с. 334.
2. Соколов В. Г., Браницкий Г. А., Свиридов В. В. Деп. в ВИНТИ № 3310-78. 17 с.
3. Соколов В. Г., Разманов А. К., Михайлов В. П. и др. В кн.: Предельные свойства фотографических материалов. Черноголовка, 1979, с. 75.
4. Свиридов В. В., Браницкий Г. А., Соколов В. Г. А. с. № 636579 (СССР).— Оpubл. в Б. И., 1978, № 45.
5. Козенков В. М., Белов В. В., Квасников Е. Д. и др. В кн.: Регистрирующие среды для голографии. Л.: Наука, 1975, с. 114.
6. Браницкий Г. А., Воробьева Т. Н., Данильченко Е. М. и др. В кн.: Всес. конф. по процессам усиления в фотогр. системах регистрации информации. Минск: БГУ, 1981, с. 248.
7. Кириллов Н. И. Высокорастворимые фотоматериалы для голографии и процессы их обработки. М.: Наука, 1979, с. 87.

Научно-исследовательский институт
физико-химических проблем
Белорусского государственного
университета,
Институт электроники АН БССР,
Минск

Поступила в редакцию
4.11.1983