

ИМПУЛЬСНАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ ЗАСВЕТКИ

© 2004 г. Н. Д. Ворзобова

ВНЦ "Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова", Санкт-Петербург

Обобщены результаты исследования влияния предварительной, последующей и совместной засветок источниками белого света на характеристики регистрирующих сред и качество изображений при записи голограмм в попутных пучках импульсным излучением в зеленой области спектра. Определены условия, при которых возможна регистрация импульсных голограмм при естественном освещении.

Коды OCIS: 090.0090, 090.2900.

Поступила в редакцию 22.01.2004.

Введение

Регистрация импульсных голограмм в условиях внешней засветки представляет большой практический интерес в связи с возможностью исключения дополнительных требований к рабочим помещениям (затемнения, неактивного освещения), а также для обеспечения более безопасной и комфортной съемки живых объектов. Особая актуальность задачи голографической записи при естественном освещении связана с последними разработками передвижных малогабаритных импульсных установок, которые целесообразно использовать в незатемненных помещениях.

Импульсная регистрация при внешнем освещении предполагает действие на регистрирующие среды предварительной и последующей засветок. В работах [1–4] исследовалось влияние на характеристики различных голографических материалов последующей засветки. Полученные результаты представляют интерес с точки зрения увеличения их чувствительности, однако относятся либо к изучению влияния дополнительной засветки на оптическую плотность [2, 3], либо к исследованию зависимости дифракционной эффективности от величины засветки монохроматическим излучением [4] при выделении с использованием светофильтров узкой спектральной области, соответствующей полосе поглощения оптических сенсibilизаторов. Кроме того, эксперименты проводились без изменения условий химико-фотографической обработки. Наибольший практический интерес представляет изучение влияния на голографические характеристики дополнительных засветок обычными источниками белого света. Целью данной работы являлось исследование влияния на характеристики регистрирующих сред и качество восстановленных изображений предварительной и последующей засветок белым светом при их раздельном и совместном дей-

ствии и изменении условий химико-фотографической обработки.

Условия экспериментов

Исследование влияния дополнительных засветок на характеристики материалов и изображений проводилось применительно к технологии получения пропускающих импульсных голограмм, основанной на записи в зеленой области спектра и использовании отечественных серийных галогенсеребряных фотопластинок ВРП [5–7]. Эта технология широко применяется в настоящее время для получения изобразительных голограмм. Голографические характеристики материалов исследовались при записи голограмм плоских волн по методике, изложенной в работе [7]. В качестве источника излучения использовался импульсный лазер с длиной волны 0,53 мкм и длительностью импульса 10 нс. Дополнительная засветка фотопластинок проводилась излучением лампы накаливания с матовым рассеивателем при освещенности 10 лк. Длительность засветки менялась от 10 до 40 с. Освещенность измерялась люксметром Ю-116. Исследование влияния дополнительных засветок на характеристические кривые проводилось при измерении оптической плотности на денситометре СР-25М. Дифракционная эффективность оценивалась отношением интенсивностей излучения в первом порядке дифракции и излучения, падающего на голограмму. Исследование влияния дополнительных засветок на качество восстановленных изображений проводилось при записи голограмм тест-объекта. Яркость изображений определялась интенсивностью действительного изображения светлого поля тест-объекта, контраст – отношением интенсивностей изображений светлого и темного полей. Для обработки фотопластинок использовались проявители ВРП и SM-6 и отбеливатель на основе нитрата железа [8]. Длительность проявления менялась от 2 до 16 мин.

Влияние дополнительных засветок на характеристические кривые фотопластинок ВРП

Исследование влияния предварительной засветки на оптическую плотность фотопластинок ВРП показало, что при увеличении длительности засветки для времени проявления от 2 до 4 мин наблюдается некоторое смещение прямолинейного участка характеристической кривой в сторону больших экспозиций – уменьшение чувствительности. При увеличении времени проявления происходит сдвиг характеристических кривых в сторону малых экспозиций. На рис. 1 приведены результаты, полученные при длительностях проявления 2 и 8 мин и уровне засветки, соответствующем наибольшему изменению оптической плотности.

Действие последующей засветки приводит к более существенному изменению положения характеристических кривых по сравнению с действием предварительной засветки. При увеличении длительности засветки наблюдается смещение характеристических кривых в сторону малых экспозиций – увеличение чувствительности, зависящее от времени проявления. Наибольшее смещение (по уровню $D = 2$) соответствует увеличению чувствительности до 50 раз.

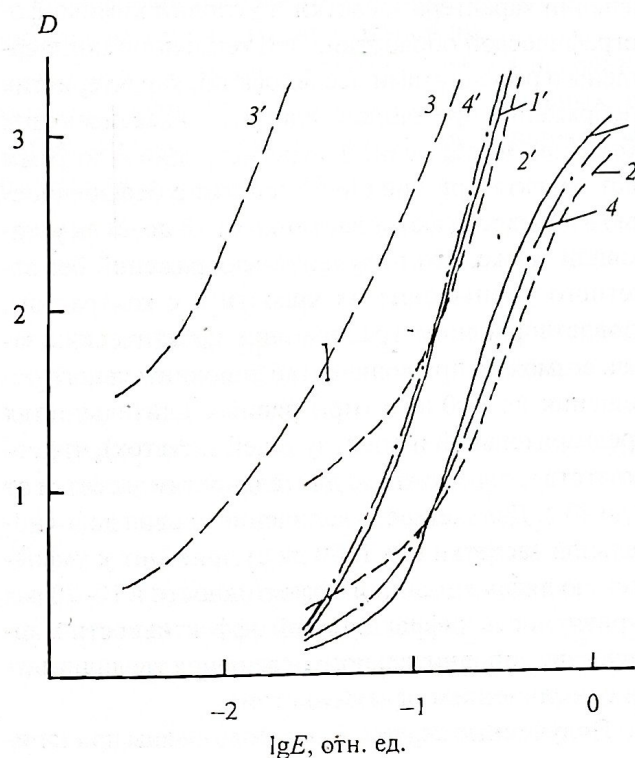


Рис. 1. Влияние дополнительных засветок на характеристические кривые фотопластинок ВРП. Обработка в проявителе SM-6 – 2 мин (1–4) и 8 мин (1'–4'). Количество освещения – 400 лк с. 1, 1' – без засветки, 2, 2' – предварительная, 3, 3' – последующая, 4, 4' – совместная засветки.

Действие совместной засветки (при равных длительностях предварительной и последующей засветок) практически не изменяет положения прямолинейного участка характеристических кривых.

Влияние дополнительных засветок на голографические характеристики фотопластинок ВРП

Исследование влияния дополнительных засветок на дифракционную эффективность фотопластинок ВРП показало, что предварительная засветка приводит к некоторому сдвигу экспозиционных кривых дифракционной эффективности в сторону больших экспозиций – уменьшению чувствительности, а последующая засветка – к их существенному смещению в область малых экспозиций – увеличению голографической чувствительности (рис. 2). Тенденции смещения экспозиционных кривых дифракционной эффективности аналогичны тенденциям смещения характеристических кривых, однако имеются существенные количественные различия, что свидетельствует о неправомерности суждений об увеличении голографической чувствительности на основании измерений оптической плотности. Для длительностей проявления от 2 до 4 мин, являющихся оптимальными с точки зрения дифракционной

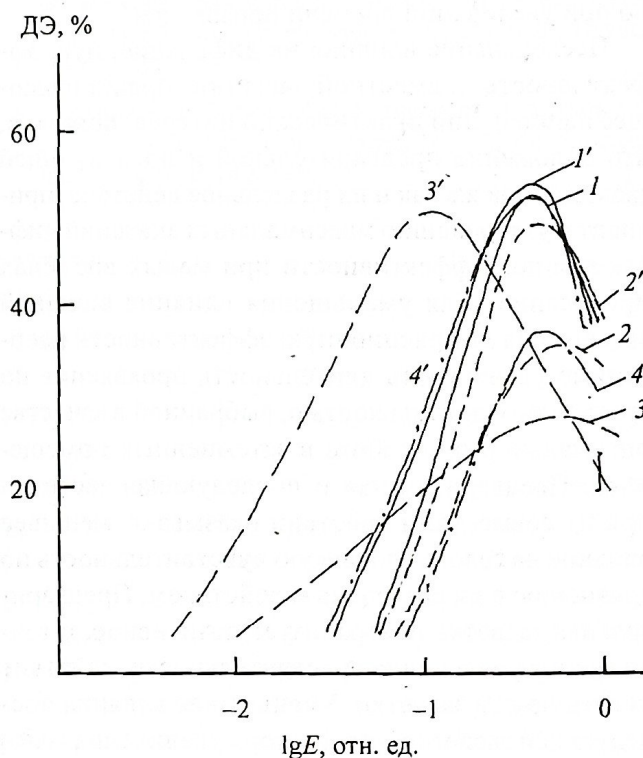


Рис. 2. Влияние дополнительных засветок на дифракционную эффективность фотопластинок ВРП. Обработка в проявителе SM-6 – 2 мин (1–4) и 8 мин (1'–4'). Количество освещения 400 лк с. 1, 1' – без засветки, 2, 2' – предварительная, 3, 3' – последующая, 4, 4' – совместная засветки.

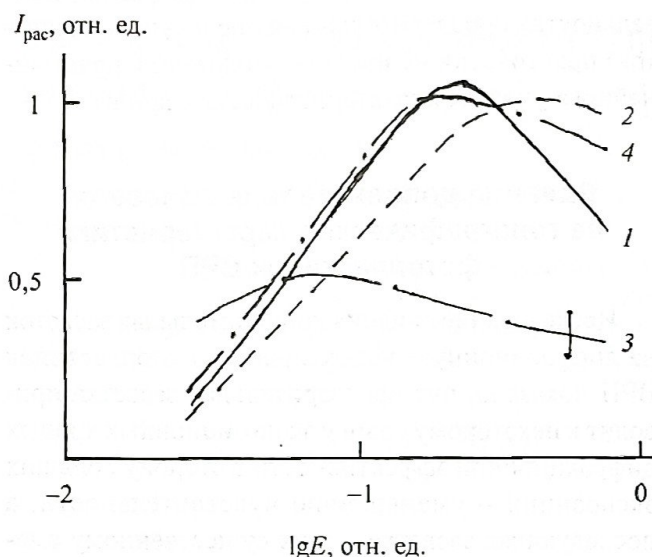


Рис. 3. Влияние дополнительных засветок на светорассеяние фотопластинок ВРП. Обработка в проявителе SM-6 – 8 мин. Количество освещения 400 лк с. 1 – без засветки, 2 – предварительная, 3 – последующая, 4 – совместная засветки.

эффективности и контраста изображений, достигаемых при голографической записи без внешней засветки, наблюдается уменьшение максимальных значений дифракционной эффективности. Уменьшение влияния дополнительных засветок возможно при увеличении времени проявления.

Исследование влияния на дифракционную эффективность совместной засветки, представляющее наибольший практический интерес, показало, что наложение предварительной и последующей засветок, так же как и их раздельное действие, приводит к уменьшению максимальных значений дифракционной эффективности при малых временах проявления. Для уменьшения влияния внешней засветки на дифракционную эффективность необходимо увеличивать длительность проявления по сравнению с длительностью, выбранной в качестве оптимальной при работе в затемненных помещениях. Предварительная и последующая засветки при их совместном действии оказывают меньшее влияние на голографическую чувствительность по сравнению с их раздельным действием. Предварительная засветка нейтрализует позитивное, с точки зрения увеличения чувствительности, действие последующей засветки. Уменьшение влияния последующей засветки, как фактора увеличения голографической чувствительности, может быть связано с конкурентными процессами усиления скрытого изображения, образованного импульсным излучением и излучением предварительной засветки, а также возможным уменьшением влияния пограничных эффектов проявления при голографи-

ческой записи на высоких пространственных частотах.

При регистрации импульсных голограмм в условиях внешней засветки наряду с влиянием дополнительных засветок на дифракционную эффективность, определяющую яркость восстановленных изображений, представляет интерес их влияние на светорассеяние, определяющее контраст изображений. Оценки, проведенные при измерении интенсивности ореола рассеяния вблизи падающего пучка, показали, что последующая засветка существенно уменьшает светорассеяние в области оптимальных (соответствующих $D\Delta_{\max}$) экспозиций (рис. 3). Кроме того, как показали эксперименты по записи голограмм тест-объекта, последующая засветка позволяет уменьшить влияние на качество голограмм неравномерности интенсивности импульсного излучения в опорном пучке. Таким образом, дополнительная последующая засветка может быть использована не только для увеличения чувствительности регистрирующих сред, но и для улучшения качества изображений.

Запись импульсных изобразительных голограмм в условиях внешней засветки

Приведенные выше результаты выявили тенденции изменения характеристик материалов при изменении характера засветки и условий химико-фотографической обработки. Эти тенденции подтверждены и результатами исследований характеристик изображений при записи голограмм рассеивающих объектов. Эксперименты по регистрации голограмм тест-объекта при внешней засветке с освещенностью в плоскости фотопластины от 10 до 60 лк установили также, что получение изображений без заметного уменьшения их яркости и с контрастом, удовлетворяющим требованиям практических задач, возможно при количестве дополнительного освещения до 400 лк с (при равных длительностях предварительной и последующей засветок), что соответствует возможным длительностям засветки от 7 до 40 с. Дальнейшее увеличение уровня дополнительной засветки (до 1500 лк с) приводит к уменьшению дифракционной эффективности в 10–20 раз (критичность дифракционной эффективности к количеству дополнительного освещения увеличивается с увеличением освещенности).

Полученные результаты использованы при записи голографических портретов людей в освещенном лабораторном помещении (при освещенности в плоскости фотопластины при ее вертикальном расположении 60 лк, экспозиции в опорном пучке 5×10^{-5} Дж/см² и обработке в проявителях SM-6 и ВРП в течение 6–8 мин) при ручном открытии и за-

крытии кассеты в течение 4–6 с. Получено качество изображений, сопоставимое с достигаемым при съемке в затемненном помещении.

Выводы

1. Влияние внешней засветки на голографические характеристики фотопластинок ВРП зависит от характера засветки, условий химико-фотографической обработки и экспозиции импульсным излучением.

2. Последующая засветка белым светом приводит к существенному увеличению голографической чувствительности, а предварительная засветка – к некоторому ее уменьшению.

3. Предварительная засветка уменьшает позитивное, с точки зрения увеличения чувствительности, действие последующей засветки. Совместная дополнительная засветка влияет на голографические характеристики меньше, чем предварительная и последующая засветки при их раздельном действии.

4. Уменьшение влияния внешней засветки на максимальные значения дифракционной эффективности возможно при увеличении длительности проявления.

5. Тенденции изменения голографической чувствительности при изменении характера и величины дополнительной засветки коррелируют с тенденциями изменения чувствительности, оцениваемой по оптической плотности, однако существуют значительные количественные различия.

6. Полученные результаты могут быть использованы при записи импульсных изобразительных голограмм в условиях естественного освещения и разботке голографических затворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворзобова Н.Д., Стаселько Д.И. Экспозиционные характеристики высокоразрешающих галоидосеребряных фотоматериалов для регистрации трехмерных голограмм с помощью импульсного лазера // ОМП. 1977. № 4. С. 69.
2. Стаселько Д.И. Особенности голографической регистрации быстропротекающих процессов при использовании импульсного лазера на рубине // Оптическая голография. Л.: Наука, 1973. С. 4.
3. Vorobyev S.P. The sensitisation of VRP russian photo-plates for recording pulsed holograms // Proc. SPIE. 1998. V. 1738. P. 462.
4. Гриневицкая О.В., Крылов В.И., Михайлов В.Н. Латенсификация скрытого изображения голографических фотопластинок ВРП для записи импульсных голограмм // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. 1989. Т. 34. № 4. С. 314.
5. Андреев Р.Б., Ворзобова Н.Д., Калинин А.Г., Стаселько Д.И. Изобразительная импульсная голография с записью в зеленой области спектра // Опт. и спектр. 1980. Т. 49. В. 5. С. 938.
6. Артемьев Е.Ф., Беспалов В.Г., Брыскин В.З., Ворзобова Н.Д., Ермолаев М.М., Стаселько Д.И. Техника получения монохромных голографических портретов, восстанавливаемых в белом свете // Оптическая голография. Л.: Наука, 1985. С. 197.
7. Ворзобова Н.Д., Гребенщикова А.А. Исследование характеристик голограмм, записанных в видимой области спектра с использованием импульсных лазеров // Проблемы оптической голографии. Л.: Наука, 1981. С. 43.
8. Bjelkhagen H.J. Silver-halide recording materials for holography and their processing. New York: Springer Verlag, 1993. P. 140, 190.