

## МОБИЛЬНАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ЗАПИСИ ЦВЕТНЫХ ГОЛОГРАММ

© 2009 г. И. Женте\*; М. К. Шевцов\*\*, канд. физ.-мат. наук

\* Голографическая лаборатория, Бордо, Франция

\*\* ВНИЦ “Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова”, Санкт-Петербург

E-mail: yves.gentet@wanadoo.fr, ms@vs2037.spb.edu

Для записи цветных голограмм музейных объектов по методу Ю.Н. Денисюка была разработана и изготовлена голографическая камера, позволяющая вести съемку вне голографической лаборатории. Камера размером 30×40×50 см и массой 12 кг представляет собой лазерный прожектор “белого” света, способный обеспечить запись цветных голограмм размером до 30×40 см на фотопластинках лабораторного изготовления “Ultimate”. Камера не требует массивного виброустойчивого стола, водяного охлаждения, большой электрической мощности, что является важным условием для работы непосредственно в музеях или месте нахождения объектов съемки.

*Ключевые слова:* голографическая камера, галогенидосеребряная эмульсия, спектральная сенсibilизация, цветная голограмма.

Коды OCIS: 090.0090

Поступила в редакцию 04.02.2009

### Введение

Метод регистрации объемных изображений в когерентном свете, предложенный Ю.Н. Денисюком в 60-е годы прошлого столетия, сразу получил широкое распространение в связи с возможностью наблюдения изображений в белом свете. Чтобы продемонстрировать уникальную способность голограмм восстанавливать близкое к реальности по своим оптическим свойствам объемное изображение, в качестве объектов для записи голограмм часто использовались музейные объекты. Предполагалось, что практическое применение изобразительная голография найдет в музейном деле при создании оптических копий произведений искусства. Многие музеи мира предоставляли свои объекты для записи голограмм, которые демонстрировались на передвижных выставках. Это позволяло широкой публике знакомиться как с новым направлением оптической науки, так и с культурным и историческим наследием. Однако все голограммы были монохромными и записывались исключительно в лабораторных условиях.

### Голографические камеры для работы в музеях

Для регистрации голограмм обычно использовались лазеры, генерирующие в красной области спектра (He-Ne или Kr), которые располагались на тяжелых виброустойчивых плитах. Ввиду низкой чувствительности фотоматериалов обеспечить стабильность условий во время записи голограмм (до нескольких минут) удавалось только в лабораторных условиях.

Известен опыт компании “Союз” (Москва), которая в начале 90-х годов успешно продемонстрировала работу мобильной установки по записи монохромных голограмм Денисюка на фотопластинках ПФГ-03 с помощью He-Ne-лазера (40 мВт), оснащенного оптоволоконной системой. Объект помещался на горизонтальный металлический диск диаметром 50 см, установленный на автомобильной камере и имеющий вертикальную штангу высотой около 2 м, на конце которой крепился конец оптоволокна. С помощью этой установки были записаны голограммы уникальных объектов в

музеях Сергиева Посада и Суздаля размером до 30×40 см, но монохромные.

Снижение массы голографической установки, увеличение размеров голограмм до 60×80 см, расширение круга объектов для съемки удалось достичь за счет создания малогабаритных мобильных голографических камер на основе импульсных Nd:YAG-лазеров, работающих на второй гармонике основного излучения [1, 2]. Запись мастер-голограммы пропускающего типа осуществляется непосредственно на месте, где находится объект, а отражательная копия уже изготавливается в лабораторных условиях. Такая техника позволяет повысить яркость голограмм, привнести дополнительные эффекты, записывать голограммы живых и динамических объектов. В отличие от голограмм Денисюка, они имеют ограниченный угол обзора, а изображение объекта, восстановленное голограммой, теряет свой истинный цвет, что во многих случаях является неприемлемым.

Мобильная голографическая камера для записи цветных голограмм Денисюка с археологических объектов была изготовлена в лаборатории биофизики университета Мюнстера (Германия). Все лазеры, элементы схемы и объект располагались на небольшой платформе. Для записи голограмм использовались следующие лазеры: гелий-неоновый, непрерывный Nd-YAG и аргоновый с воздушным охлаждением, что позволяло на фотопластинках ПФГ-03Ц записать голограммы размером до 9×12 см с невысоким качеством с точки зрения яркости и насыщенности цветов, особенно в синей области.

### Разработка мобильной камеры для цветной голографии Денисюка

Для записи цветных голограмм Денисюка непосредственно в стенах музеев авторами была разработана и изготовлена мобильная голографическая камера. Начало работ относится к 1995 году и связано с разработкой и совершенствованием галогенидосеребряной эмульсии для голографии. Голографический материал получил название “Ultimate” и в настоящее время имеет три модификации: “Ultimate 08”, “Ultimate 15” и “Ultimate 25” в соответствии с размером микрокристаллов галогенида серебра [3]. Фотоматериал сенсibilизируется к определенной зоне спектра в зависимости от длины волны записи – монохромный вариант, или к трем зонам спектра (красной, зеленой и синей) одновременно – цветной вариант. Энергетическая

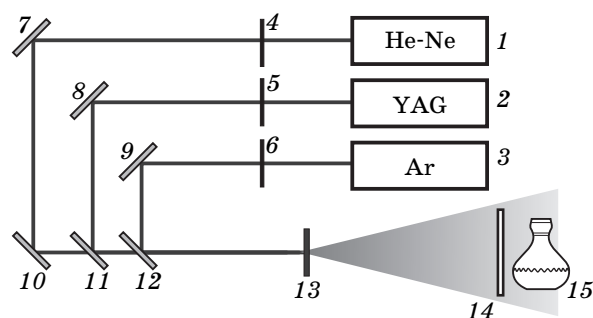


Рис. 1. Оптическая схема мобильной камеры для цветной голографии. 1–3 – лазеры, 4–6 – аттенюаторы, 7–10 зеркала, 11, 12 – смесители пучков, 13 – пространственный фильтр, 14 – фотопластинка, 15 – объект.

чувствительность фотоматериала находится в диапазоне от 3 до 300 мкДж/см<sup>2</sup> в зависимости от размеров микрокристаллов галогенида серебра, и для цветной голографии Денисюка она составляет в настоящее время около 100 мкДж/см<sup>2</sup> на каждый цвет, что примерно на порядок превышает чувствительность аналогичных промышленных фотоматериалов, например, ПФГ-03Ц (около 1 мДж/см<sup>2</sup>). Это явилось существенным шагом к снижению требований к стабильности схемы при съемке и позволило обойтись без тяжелого виброустойчивого стенда.

Оптическая схема камеры соответствует классической схеме записи голограмм Ю.Н. Денисюка с “белым” источником света, который образован тремя непрерывными когерентными лазерами (рис. 1): полупроводниковым ( $\lambda = 639$  нм) и твердотельными с диодной накачкой компании “Coherent” ( $\lambda = 532$  нм) и “Cobolt” ( $\lambda = 473$  нм) с мощностью 25, 120 и 70 мВт соответственно. Лазеры отличаются своей компактностью, долговечностью, стабильностью, низким потреблением электрической энергии – около 500 Вт и отсутствием водяного охлаждения. С помощью интерференционной оптики излучение от трех лазеров сводится в один “белый” пучок света, который, проходя пространственный фильтр, освещает фотографическую пластинку и объект. Выходные мощности излучения для всех лазеров регулируются аттенюаторами и в выходном пучке составляют около 25 мВт для каждой длины волны, что обеспечивает согласование с равной чувствительностью фотоматериала “Ultimate” в трех зонах спектра. Плотность мощности излучения на поверхности фотопластинки размером 30×40 см составляет  $7 \pm 1$  мкВт/см<sup>2</sup> на каждой длине волны, что соответствует времени экспо-

зиции около 20 с при чувствительности материала  $150 \text{ мкДж/см}^2$ , причем разница в освещенности в центре и на краях фотопластинки составляет не более 25%. Компактность лазеров и рациональное построение оптической схемы (рис. 2) позволили разместить все элементы установки, включая электронные блоки, в одном корпусе размером  $30 \times 40 \times 50 \text{ см}$ , а масса камеры составила 12 кг. Внешний вид камеры и фотография голограммы, записанной на ней, показаны на рис. 3.

### Результаты

Испытания показали, что вся установка обладает достаточной стабильностью для записи высококачественных цветных голограмм, и квалифицированным специалистам позволяет

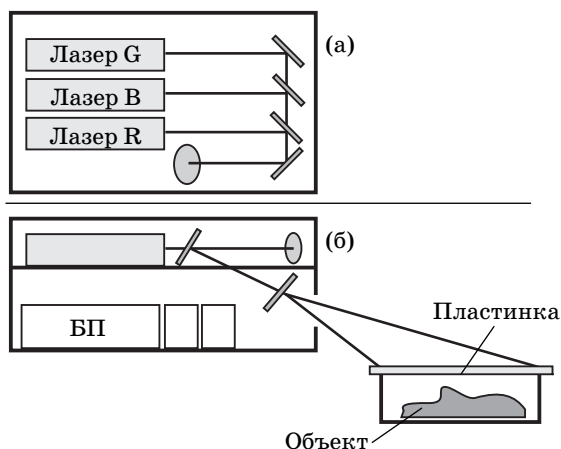


Рис. 2. Схема размещения лазеров, оптических элементов и электронных блоков в мобильной камере для цветной голографии. а – вид сверху, б – вид сбоку.

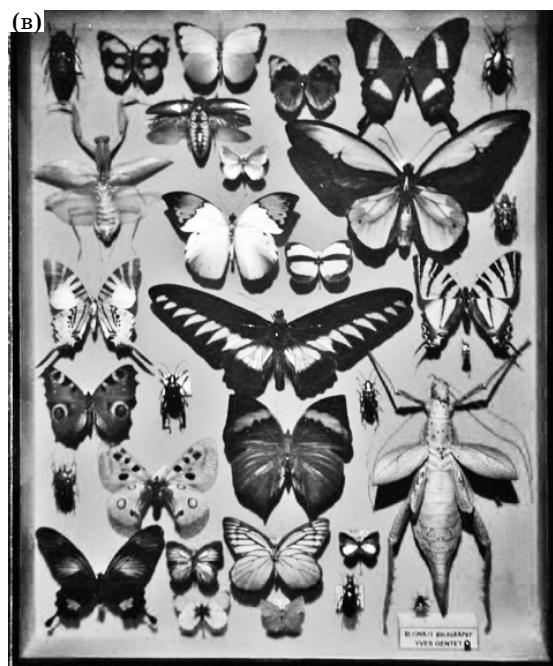
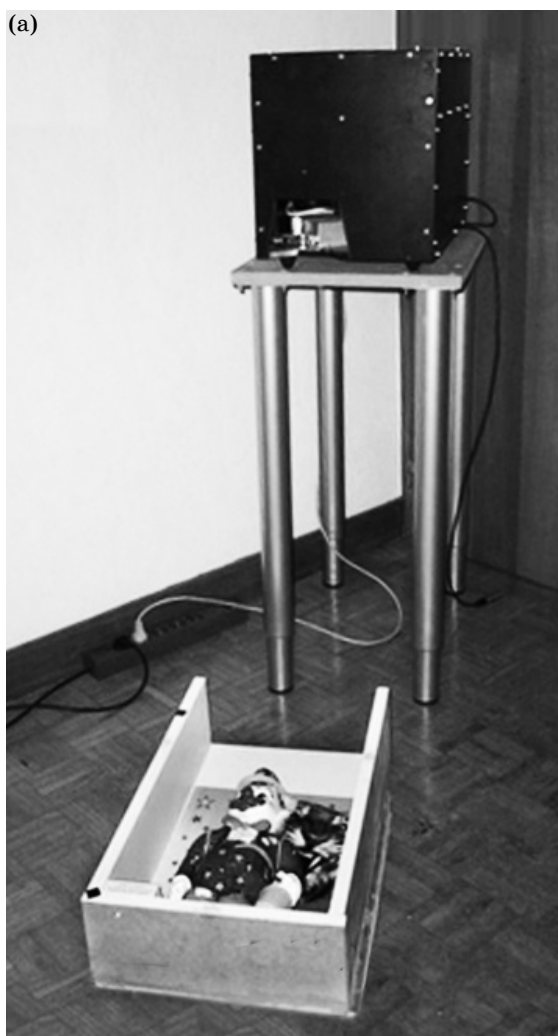


Рис. 3. Мобильная камера записи цветных голограмм Ю.Н. Денисюка. а – внешний вид камеры в рабочем состоянии, б – проверка качества записанной голограммы в лазерном свете, в – полноцветная голограмма бабочек ( $32 \times 43 \text{ см}$ ), записанная с помощью мобильной камеры по методу Ю.Н. Денисюка.

## Применение цветных голограмм Денисюка в музейном деле

№	Области применения цветных голограмм Денисюка
1	Архивное хранение голограмм наиболее ценных музейных объектов
2	Демонстрация голограмм, когда оригиналы отсутствуют или слишком хрупкие или ветхие для их демонстрации
3	Запись голограмм археологических объектов прямо на месте их находки
4	Запись голограмм объектов до и после их реставрации для проведения сравнительного анализа, а также наблюдения изменений, происходящих с объектом, с течением времени с высокой точностью
5	Обмен голограммами объектов между музеями
6	Обеспечение других музеев, коллекционеров и любителей искусства голограммами, которые “видели” оригинал и могут “воспроизвести” свет, исходивший от них
7	Создание тематических коллекций голограмм объектов, которые находятся в разных странах мира
8	Организация передвижных экспозиций музейных объектов
9	Привлечение публики в музей демонстрацией голограмм наиболее известных и ценных объектов
10	Изготовление подарков и сувениров с использованием цветных голограмм музейных объектов

обойтись без традиционной тяжелой виброустойчивой плиты. Во время записи голограмм камера устанавливается на обычный стол в затемненном помещении. Такие условия можно создать непосредственно в музее или ином месте съемки голограмм объектов. Цветные голограммы размером 32×43 см, записанные с помощью мобильной голографической камеры на фотоматериале “Ultimate”, отличаются высокой яркостью, прозрачностью и восстанавливают полноцветное изображение в свете “лазерного прожектора”. Поскольку использование камеры ориентировано на работу в музеях, в таблице приведены

возможные применения цветных голограмм Денисюка в музейном деле.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шевцов М.К., Корнев А.Ф., Покровский В.П., Ступников В.К. Портативная голографическая камера “GREEF” и ее практическое применение // Оптический журнал. 2006. Т. 76. № 7. С. 45–48.
2. [www.museum-holography.com](http://www.museum-holography.com)
4. Женте И., Шевцов М.К. Цветная голография с использованием фотоматериала “Ultimate” // Труды 4-ого международного форума “ХОЛО-ЭКСПО-2007”, М., 2007. С. 58–59.