Министерство Образования и Молодежи Республики Молдова

Технический Университет Молдовы

Факультет Радиоэлектроники и Телекоммуникаций

Кафедра Телекоммуникаций

**Курсовая работа**

**По предмету: «Микропроцессоры»**

**Тема: «Голография»**

Выполнила: ст. гр. TLC-066

Ерёменко Валентина

Проверил: Казак А.

Кишинев 2008

**Содержание**

Введение

1. Суть явления голографии

2. Голографирование. Восстановление изображения предмета

3. Голограммы. Общие сведения

4. Некоторые виды голограмм

1. Мультикомплексные голограммы

2. Пространственное мультиплексирование

3. Составные изображения

4. Голограммы, записанные с помощью сканирующего источника света

5. Сканирующий опорный пучок

6. Цветные голограммы

7. Голограммы, восстанавливаемые в белом свете

5. Трехмерная фотография

6. Применение голографии в технологии и оптотехнике

7. Неоптическая голография

1. Сканирование звукового поля

2. Фотография

3. Деформация поверхности жидкости под действием звукового давления

4. Объемная голограмма

8. Виды применения голографии

## 1. Голографическое хранение данных

2. Изобразительная голография

3. Криминалистическая голография

4. Голографическая интерферометрия

# 9. Голографические диски HVD

# 1. Общие сведения о голографических дисках

## 2. Технология хранения информации

## 3. Запись и считывание голограммы оптического диска

## 4. Отличие метода поляризованной коллинеарной голографии (Optware) от классической технологии (Inphase Technologies)

## 5. Компоненты и материалы (Optware)

Заключение

Литература

**Введение**

Оптика - раздел физики, в котором изучаются оптическое излучение (свет), его распространение и явления, наблюдаемые при взаимодействии света с веществом, - относится к числу наиболее старых и хорошо освоенных областей науки. Примерно до середины XX столетия казалось, что оптика как наука закончила развитие. Однако в последние десятилетия в этой области физики произошли революционные изменения, связанные как с открытием новых закономерностей (принципы квантового усиления, лазеры), так и с развитием идей, основанных на классических и хорошо проверенных представлениях. Здесь, прежде всего, имеется в виду голография, которая значительно расширяет область практического использования волновых явлений и дает толчок теоретическим исследованиям.

Голография (от греч. holos - весь и grapho – пишу, т.е. «полная запись») – особый способ записи и последующего восстановления волнового поля, основанный на регистрации интерференционной картины. Она обязана своим возникновением законам волновой оптики – законам интерференции и дифракции. Этот принципиально новый способ фиксирования и воспроизведения пространственного изображения предметов изобретен английским физиком Д. Габортом (1900-1979) в 1947г. (Нобелевская премия 1971г.). экспериментальное воплощение и дальнейшая разработка этого способа (советским ученым Ю.Н.Денисюком в 1962г. и американскими физиками Э. Лейтом и Ю. Упатниексом в 1963г. стали возможными после появления в 1960г. источников света высокой степени когерентности – лазеров.

Методы голографии (запись голограммы в трехмерных средах, цветное и панорамное голографирование и т.д.) находят все большее развитие. Она может применяться в ЭВМ с голографической памятью, голографическом электронном микроскопе, голографическом кино и телевидении, голографической интерферометрии и т.д.

**1. Суть явления голографии**

Согласно принципу Гюйгенса — Френеля, можно восстановить картину волнового поля, образованного электромагнитной волной, в любой момент времени и в любой точке пространства. Для этого надо записать распределение амплитуд и фаз волн (в данном случае световых) на произвольной поверхности или ее части, охватывающей источник волн. Иными словами, чтобы «заморозить» электромагнитные волны во всем пространстве, достаточно «заморозить» их только на некоторой поверхности.

Как восстановить в пространстве световую волну, т. е. «разморозить» ее? Для этого надо задать параметры, характеризующие среду. Предположим, нужно восстановить плоскую волну. Для этого мы должны задать для любой плоскости равномерно распределенные источники колебаний с определенной начальной фазой. Элементарные источники колебаний должны находиться на поверхности, перпендикулярной направлению распространения волн. Но это те обязательно. Все будет зависеть от типа волн. Возьмем для примера сферические волны, излучаемые точечным источником. Зададим в качестве поверхности, на которой «замораживаются» волны, сферу с центром в источнике. Амплитуды и фазы элементарных источников волн будут одинаковыми для всей поверхности. В случае с круговыми волнами при «замораживании» световых волн надо расположить элементарные источники колебаний с одинаковой фазой и амплитудой на концентрических окружностях.

Иными словами, мы должны зарегистрировать на некоторой поверхности мгновенные картины линий постоянной фазы в виде чередующихся прозрачных и непрозрачных областей. В этом нам помогает интерференция: мы получаем интерференционную картину, состоящую из светлых, (прозрачных) и темных (непрозрачных) полос. Интерференция и есть способ сравнения пространственной структуры двух пучков света. Вначале происходит их сравнение, а затем — регистрация их на фотопластинку.

Откуда возникли оба эти пучка и что они собой представляли в опытах Габора? Один пучок отражался от освещенного предмета и падал на фотопластинку. Он являл собой определенную комбинацию волн, конфигурация которых зависела от формы предмета. Она могла быть как очень простой, так и очень сложной. Другой пучок имел простую конфигурацию. Чаще всего он состоял из плоских волн. Создавался он когерентным источником света и назывался опорной волной. Второй пучок служил в качестве эталона. Он также падал на фотопластинку.

Оба световых пучка пересекались вблизи этой пластинки. При пересечении они интерферировали между собой, образуя области усиления или ослабления, чередующиеся по определенному закону во времени и пространстве. В результате интерференции получалась интерферограмма в виде чередующихся светлых и темных полос— неподвижная интерференционная картина.

Неподвижность интерференционной картины в пространстве обеспечивалась опорной (эталонной) волной. Это она «останавливала» («замораживала») световую волну.

Чтобы восстановить изображение предмета, достаточно осветить голограмму только опорным пучком, используемым при записи. Этот способ регистрации волнового поля ценен тем, что допускает простое восстановление исходной волны. Как только мы направляем на голограмму опорную волну, использованную при записи, за голограммой восстанавливается («размораживается») исходное волновое поле предмета. Согласно принципу Гюйгенса — Френеля, восстановлением мы обязаны эквивалентным источникам, образованным светлыми местами интерференционной картины. По этой причине волны «размораживаются», и наблюдатель видит пространственное изображение предмета.

Итак, можно сделать вывод о том, что голография— это фотографический метод. Но он существенно отличается от метода классической фотографии. Это радикально иной, двухступенчатый метод. В отличие от обычной фотографии изображения, которые получаются при восстановлении записанного на голограмме, полностью неотличимы от изображений реального предмета. Голография позволяет воспроизвести в пространстве действительную картину электромагнитных волн, т.е. волновую картину предмета тогда, когда .самого предмета уже нет.

**2. Голографирование. Восстановление изображения предмета**

Уширенный с помощью простого оптического устройства пучок лазера одновременно направляется на исследуемый объект и на зеркало. Отраженная от зеркала опорная волна и рассеянная объектом световая волна падают на обычную фотопластинку, где происходит регистрация возникшей сложной интерференционной картины. После соответствующей экспозиции фотопластинку проявляют, в результате чего получается так называемая голограмма — зарегистрированная на фотопластинке интерференционная картина, полученная при наложении опорной и предметной волн. Голограмма внешне похожа на равномерно засвеченную пластинку, если не обращать внимания на отдельные кольца и пятна, возникшие вследствие дифракции света на пылинках и не имеющие отношения к информации об объекте.

Для восстановления волнового поля предмета, тем самым для получения его объемного изображения, голограмму помещают в то место, где была расположена фотопластинка при фотографировании, и затем освещают голограмму световым пучком того же лазера под тем же углом, под которым было осуществлено экспонирование. При этом происходит дифракция опорной волны на голограмме, и мы видим объемное со всеми присущими самому объекту свойствами (в нем сохраняется также распределение освещенности, как и в объекте) «мнимое» изображение. Оно кажется нам настолько реальным, что даже иной раз появляется желание потрогать предмет. Разумеется, это невозможно, так как в данном случае изображение образовано голографической копией волны, рассеянной предметом во время записи голограммы.

От голограммы в глаз попадает точно такая же волна, какая попала бы от самого предмета. Кроме мнимого изображения получается также действительное изображение объекта, имеющее рельеф, противоположный рельефу самого объекта, если наблюдение ведется справа от голограммы. В этом случае трудно наблюдать действительное изображение невооруженным глазом. Если осветить голограмму с обратной стороны обращенным опорным пучком так, чтобы все лучи пучка были направлены противоположно лучам первоначального опорного пучка, то в месте первоначального расположения предмета возникает действительное изображение, доступное наблюдению невооруженным глазом. Его можно зарегистрировать на фотопластинку без применения линз.

**3. Голограммы. Общие сведения**

**1 Регистрирующие среды и их применение**

В этом разделе мы рассмотрим общие характеристики материалов, применимые почти к любой среде, а не конкретные голографические среды Во- первых, мы отметим важную роль, которую играет в голографической среде, глубина записи. Во-вторых, рассмотрим два класса голограмм, на которые они делятся по способу освещения обработанной голограммы, отражательные и пропускающие. И наконец, отметим тот факт, что некоторые голограммы не регистрируются, а синтезируются с помощью ЭВМ.

**2 Толщина среды**

Если при регистрации интерференционных полос используется только поверхность регистрирующей среды, то получаются тонкие плоские или поверхностные голограммы Важным моментом является не сама величина толщины регистрирующей среды, а влияние, которое она оказывает; даже если среда толстая, но запись по глубине не используется, результат оказывается таким же, как от тонкой среды. Мы имеем толстую, или объемную, голограмму в том случае, когда трехмерная интерференционная картина регистрируется и используется по всей глубине слоя среды. Именно использование объема регистрирующей среды позволяет нам восстанавливать только одно изображение вместо основного и сопряженного ему изображений.

**3 Отражение и пропускание**

Между отражением и пропусканием имеется относительно простое различие. В одном случае свет, используемый для освещения голограммы при восстановлении волнового фронта, отражается от среды в виде волнового фронта изображения, а в другом свет проходит через голограмму. В случае работы на отражение теряется обычно меньше света

**4 Синтез голограмм на ЭВМ**

В этом случае в ЭВМ вводятся параметры, описывающие объект, и она вычисляет объектную волну. Опорная волна может складываться с объектной математически, и результат, получаемый на графопостроителе, должен быть аналогом оптической записи. В общем случае этого не делается, но голограмма, синтезированная на ЭВМ, будучи воспроизведенной на графопостроителе, представляет собой систему прозрачных апертур, закодированную таким образом, чтобы дать искомую волну изображения.

**5 Конфигурация**

Под конфигурацией мы понимаем все то, что связано с положением объекта, применением линз для формирования изображения или выполнения преобразования Фурье над объектной волной, структурой опорной волны, с формой поверхности и способами экспонирования голографического материала.

**6 Свойства объектной волны**

В общем случае, если объект расположен близко к голографическому записывающему устройству, регистрируется то, что называется голограммой Френеля. Если объект мал и находится всего лишь в нескольких сантиметрах от голограммы, мы все же получим то, что называется голограммой Фраунгофера.

Если объект располагается очень близко к голограмме или изображение объекта формируется в непосредственной близости голографическому записывающему устройству, мы получаем голограмму сфокусированного изображения. Поскольку в этом случае восстановленное изображение располагается вблизи от голограммы, лучи света разных длин волн не смогут разойтись на большой угол, прежде чем будет сформировано изображение. Это означает, что для освещения голограммы можно применять источник, имеющий широкий спектр излучения. Это свойство делает голограмму сфокусированного изображения особенно полезной при использовании в дисплеях. Если, для того чтобы в плоскости регистрации голограммы получить двумерный пространственный Фурье-образ распределения амплитуд и фаз объектной волны, используется линза, то получаем голограмму Фурье. В случае когда рассеивающий объект и точечный опорный источник находятся на одинаковом расстоянии регистрирующей среды, мы имеем голограмму квази–Фурье.

**7 Свойства опорной волны**

Влияние формы опорной волны гораздо сильнее, чем это кажется на первый взгляд. От опорной волны зависят положение и размер изображения, его поле зрения и разрешение; она определяет разрешение, которым должен обладать регистрирующий материал.

Если точечный источник опорной волны расположен на том же расстоянии от голограммы, что и объект, то голограмма имеет почти те же свойства, что и голограмма Фурье. Поэтому такую голограмму можно назвать голограммой квази-Фурье. От положения точечного источника опорной волны зависят и другие параметры. Конечное разрешение записывающего устройства накладывает ограничения на поле зрения изображения, ёго разрешение или на то и другое вместе. Выбирая положение точечного источника опорной волны, можно найти компромиссное решение между пределами, ограничивающими поле зрения и разрешение изображения. Если источник находится в области объекта, то мы получаем максимальное разрешение ценой ограниченного поля зрения. Если же источник расположен на бесконечности (плоская опорная волна), то „мы имеем максимальное поле зрения и невысокое разрешение. Если точечный источник опорной волны поместить между объектом и бесконечностью вдали от голограммы, то мы получим промежуточные значения поля зрения и разрешения изображения

**8 Регистрирующий материал и конфигурация**

В качестве регистрирующего материала, как правило, употребляется плоская фотографическая эмульсия, которая экспонируется одновременно и целиком.

Регистрирующий материал может быть термопластиком, тогда говорят о термопластической голограмме. Записываются фотохромные и бихромат-желатинные голограммы. Почти любая среда, способная записать изображения, может применяться для регистрации голограммы. Если регистрирующий материал отличается от фотоэмульсии, то его название используется для того, чтобы определять тип голограммы.

**4. Некоторые виды голограмм**

**1 Мультикомплексные голограммы**

Мультикомплексной называют такую голограмму, на которой одновременно записано много изображений, либо раздельно записаны отдельные части одного изображения, либо единственное изображение записано несколько раз.

**2 Пространственное мультиплексирование**

При решении задачи хранения данных для записи многих голаграмм можно использовать единственную фотопластинку или какой-либо иной материал, причем каждая голограмма может независимо восстанавливать изображения записанных на ней данных. При этом голограммы могут образовывать решетку типа шахматного поля, а для считывания изображения с каждой голограммы лазерный луч сканирует по решетке.

Встречается и другой способ пространственного разделения голограммы, когда одна и та же объектная волна или волна от одного и того же объекта, но с разных ракурсов записывается на голограмме в виде полос. В первом случае полосковая голограмма просто повторно записывается много раз, так чтобы можно было восстановить изображение со всей голограммы. Второй случай имеет место при записи синтезированных голограмм для целей отображения информации.

**3 Составные изображения**

Под составными голограммами мы имеем в виду голограммы, которые формируют изображения, состоящие из отдельных частей каждая из которых была записана самостоятельно

**4 Голограммы, записанные с помощью сканирующего источника света**

Голограммы, записанные с помощью сканирующего источника— это такие голограммы, при регистрации которых использован; либо сканирующий пучок света для освещения объекта, либо сканирующий опорный пучок для освещения голограммы.

Сканирующий объектный пучок,

Иногда сечение освещающего объект пучка уменьшается в такой степени, что он не может больше освещать весь объект одновремено, а должен сканировать по объекту. В результате формируется многоэкспозиционная голограмма, в которой изображение каждго из освещаемых пучком участков объекта регистрируется отдельно.

Если размеры объекта велики, можно сузить освещающий объект пучок и заставить его сканировать по объекту, так чтобы на голограмму падала объектная волна большей яркости. Это позволит уменьшить время экспозиции, необходимое для записи голограммы рассматриваемой части объекта. Полную экспозицию уменьшить нельзя.

Недостатком использования голографической системы со сканированием помимо необходимости использовать более сложное оборудование является также уменьшение дифракционной эффективности голограммы. Это уменьшение связано с увеличением: фоновой экспозиции, которая возникает при записи с многократной экспозицией.

**5 Сканирующий опорный пучок**

В случае сканирования опорным пучком объект освещается целиком, но при этом опорный пучок сканирует по голограмме. Следовательно, можно увеличить полную интенсивность света, падающего на часть голограммы, и уменьшить время экспозиции для части голограммы. Это позволяет голографировать объекты, имеющие движение в ограниченных пределах. Однако такой мет приводит к уменьшению дифракционной эффективности, что объясняется увеличением энергии опорного пучка по отношению к объектному

**6 Цветные голограммы**

Цветными называют голограммы, способные воспроизводить цветные изображения. В сущности, цветные голограммы — это мультиплексные голограммы, восстанавливающие перекрывающиеся изображения, каждое в своем цвете. Как и в случае мультиплексных голограмм, возникают различные проблемы в зависимости от того используются ли тонкие, т. е. поверхностные, голограммы или регистрирующая среда имеет заметную толщину. Голограммы, записанные на тонком материале, восстанавливают многократно повторяющиеся изображения, которые соответствуют многим дифракционным порядкам. Голограммы, записанные в толстой среде из-за усадки или набухания эмульсии могут не восстанавливаться освещением с исходной длиной волны. Если, например, рассматривать красные и белые изображения, то в противоположность черным и белым необходимо учитывать эффекты дисперсии. В случае голограммы сфокусированного изображения, поскольку расстояние между голограммой и телеграфируемым изображением; оказывается более коротким, таких проблем возникает меньше.

**7 Голограммы, восстанавливаемые в белом свете**

Голограмма представляет собой закодированную дифракционную решетку.

Следовательно, когда голограмма освещается белым светом, волны с большими длинами волн отклоняются сильнее от оси освещающей голограмму волны, чем волны с более короткими длинами волн. В результате этого восстановленное изображение; смазывается. Такой эффект можно отчасти скомпенсировать, используя дифракционную решетку с шагом штриха, равным среднему периоду интерференционных полос на голограмме. Изложенные выше соображения применимы к тонким голограммам. Объемные голограммы обладают избирательностью по отношению к длине волны и будут отражать или пропускать только узкую полосу длин волн, обусловленную эффектом Брэгга.

**5. Трехмерная фотография**

Голограммы могут регистрировать излучение, рассеянное объектом. На рисунке показаны схемы регистрации голограмм с углом охвата 360°. Однако можно регистрировать голограмму с таким охватом и при обычном (не всестороннем) освещении. Для этого необходимо сделать много экспозиций, поворачивая каждый раз объект на небольшой угол и засвечивая при каждой экспозиции узкую вертикальную полоску голограммы.

Трехмерные свойства восстановленных с помощью голограмм изображений могут быть использованы в рекламе, лекционных демонстрациях, при конструировании художественных панорам, создании копий произведений искусств, регистрации голографических портретов. При получении голографического портрета человека необходимы столь краткие выдержки, чтобы структура голограммы не была размыта вследствие смещений освещенной поверхности. Это требует повышения мощности лазера, используемого для получения голограммы. При этом, однако, не следует забывать о предельно допустимой концентрации энергии на поверхности сетчатки человеческого глаза. Выход из положения заключается в освещении лица с помощью рассеивающих экранов большой площади.

**6. Применение голографии в технологии и оптотехнике**

В ряде технологических процессов можно использовать образуемые голограммами действительные изображения. При просвечивании голограмм мощным лазером можно наносить на обрабатываемые поверхности сложные узоры. В частности, голограммы уже применялись для бесконтактного нанесения микроэлектронных схем. Основные преимущества голографических методов перед обычными – контактными или проекционными – достижение практически безаберрационного изображения на большом поле. Предел разрешения голограммы может достигать долей длины световой волны. На изображение практически не влияют пылинки, осевшие на голограмму, царапины и другие дефекты, в то время как для контактных или проекционных фотошаблонов это приводит к браку.

Другое применение голограммы в технологии – использование ее в качестве линзы. Фокусирующие свойства зонных решеток известны давно. Однако применение решеток ограничивалось трудностями их изготовления. Голографические зонные решетки – голограммы точечного источника – просты в изготовлении и несомненно будут полезны в лазерной технологии. Например, с помощью голографических линз получали отверстия диаметром до 14 мкм в танталовой пленке, нанесенной на стекло. Голографические решетки совсем не имеют ошибок, свойственных обычным решеткам, нарезанным на делительной машине.

**7. Неоптическая голография**

С помощью голографии успешно решается проблема визуализации акустических полей. Это имеет большое прикладное значение. Возможные применения звуковой голографии – дефектоскопия, изучение рельефа морского дня, звуколокация, звуконавигация, поиск полезных ископаемых, исследование структуры земной коры и т.д.

Особое значение имеет ультразвуковая голография для медицинской диагностики.

Регистрация звуковых голограмм производится таким образом, чтобы запись допускала оптическое восстановление. Для этого используются следующие методы:

1. **Сканирование звукового поля**

Сигнал от приемника ультразвука (микрофона, пьезоэлемента и т.д.) модулирует световой поток, образующий оптическую голограмму. Возможны различные модификации такой схемы. На рисунке изображен вариант такой схемы, в которой сигнал сканирующего приемника управляет яркостью укрепленной на нем точечной лампочки. В других схемах сигнал с приемника подается на электроннолучевую трубку. Развертка производится синхронно с перемещением датчика, и голограмма фотографируется с экрана трубки. Возможны как однолучевые, так и двулучевые варианты звуковой голографии. Впрочем, роль опорного звукового луча может играть электрический сигнал с генератора звука, добавляемый к сигналу датчика.

1. **Фотография**

Ультразвуковое полк можно непосредственно зарегистрировать на фотопластинку, используя то обстоятельство, что ультразвук интенсифицирует химические реакции, происходящие при проявлении или фиксации фотослоя. Предварительно равномерно засвеченная, но не проявленная фотопластинка помещалась в ванну со слабым раствором гипосульфита. В ней создавалось ультразвуковое поле, и в пучностях звуковых волн происходило быстрое растворение галоидного серебра. После 20-30 секундного «озвучивания» пластинка проявлялась на свету. Полученная таким образом звукоголограмма восстанавливала изображение в световом пучке. Точно так же можно экспонировать фотопластинку ультразвуком в слабом проявляющем растворе. Пластинка должна быть предварительно засвечена. Проявление в пучностях звуковых волн идет намного быстрее, чем в узлах.

1. **Деформация поверхности жидкости под действием звукового давления**

Этот способ обладает тем преимуществом, что позволяет производить оптическое восстановление полученной отражательной голограммы одновременно с ее образованием и наблюдать, таким образом, за процессом в реальном времени. Поверхность жидкости покрывалась термопластической пленкой, которая деформировалась ультразвуковой волной, затем охлаждалась и использовалась в дальнейшем как фазовая оптическая голограмма.

1. **Объемная голограмма**

В качестве объемной голограммы можно использовать саму ультразвуковую волну в жидкости, бегущую или стоячую. Уплотнения и разрежения жидкости сопровождаются изменениями ее показателя преломления. Таким образом, звуковая волна представляет собой трехмерную фазовую голограмму. В результате на такой голограмме можно получить в реальном времени световую копию ультразвуковой волны.

**8. Виды применения голографии**

## 1. Голографическое хранение данных

Идея голографических носителей заключается в записи информации с помощью лазерного луча на трехмерную подложку, вместо нескольких гигабайт, такая среда могла потенциально сохранять терабайты данных на носителе не больший чем компакт-диск. Голографические данные могут считываться на очень высоких скоростях.

На первых стадиях разработки главной проблемой было создание пространственных модуляторов света (spatial light modulator). В настоящее время технология этих устройств в достаточной степени отработана, а наиболее сложной задачей стал подбор вещества-носителя информации. В январе 2001 года компания Lucent сообщила о создании носителя, способного выдержать до 1000 циклов перезаписи без ущерба сохранности данных и скорости доступа к ним. Внешне носитель напоминает прозрачный компакт-диск. По данным Imation первые голографические диски смогут хранить около 125 Гб информации, а скорость передачи данных составит до 30 Мб/с.

**2. Изобразительная голография**

Технология получения изобразительных голограмм, восстанавливаемых в белом свете, разработана в середине 60-х годов, однако до настоящего времени голография по масштабам распространенности и объемам производства не приблизилась к традиционной фотографии (за исключением тисненных радужных голограмм). Это обусловлено целым рядом технических сложностей, присущих современной технологии съемки и тиражирования изобразительных голограмм. В частности, в настоящее время при записи мастер-голограмм в подавляющем большинстве случаев используются лазеры непрерывного излучения, что накладывает жесткие ограничения на условия съемки (необходимость повышенной виброизоляции, стабильность температуры и других параметров окружающей среды). Указанные сложности многократно возрастают при увеличении формата голограмм. Поэтому отражательные голограммы, особенно большого формата, до сих пор остаются уникальными изделиями и изготавливаются лишь в условиях специализированных лабораторий при участии специалистов высшей квалификации.

Кроме того, при использовании лазеров непрерывного излучения оказывается принципиально невозможной голографическая съемка живых объектов, например, портретов человека. Для съемки мастер-голограмм живых объектов в настоящее время используются импульсные лазеры на рубине или неодимовом стекле с последующим интерференционным копированием. Однако монохроматичность таких голографических изображений при полной реалистичности деталей делает их "неживыми", "замороженными", что зачастую производит отталкивающее впечатление.

При копировании таких голограмм с помощью лазеров непрерывного излучения возникают искажения масштаба, связанные с разницей длин волн лазеров, используемых при съемке оригиналов и их копировании.

**3. Криминалистическая голография**

Голографические методы обработки информации, использующие интерференционную систему записи исходных данных, привлекают в настоящее время большое внимание, что связано с возможностью их использования для создания голографических запоминающих устройств большой емкости, кодировании информации, распознавания и сравнения изображений объектов и других задач. Возможность записи информации о различных объектах на один и тот же участок поверхности голограммы, а также во всем ее объеме позволяет обеспечить высокую плотность записи. Это открывает пути для создания компактных, в том числе и переносимых запоминающих устройств, причем виды записи могут быть самые разнообразные (графические, буквенные, цифровые, предметные и т.п.). Возможность голографического кодирования информации может быть широко использована в криминалистике. Например, как средство, устраняющее возможность подделки документов, или как средство технической гарантии, препятствующее фальсификации объектов. Голографическое кодирование осуществляется с помощью специальных масок, которые в процессе фиксации интерференционной картины создают сложную форму волнового фронта. Для восстановления записанной таким образом информации об объекте необходимо иметь точную копию использованной при записи маски, форма которой может быть самой разнообразной, вследствие чего подобрать ей подобную практически невозможно. Голографические методы могут быть использованы в криминалистике и как средства исследования. Они могут быть использованы при исследовании рельефа (в том числе и микрорельефа) поверхности объекта; для измерения поверхности объекта любой формы; изучения кратковременных явлений; сравнительных исследований и при решении ряда других задач криминалистических исследований.

Задачу сравнения объекта с большим количеством ему подобных, более эффективно можно решать с помощью голографического метода оптической согласованной фильтрации. Области применения названного метода могут быть самыми разнообразными: для кодирования информации, улучшения качества фотографического изображения, создания запоминающих устройств большой емкости, распознавания и сравнения изображений объектов, оперативного поиска информации в большом массиве. Проведенные экспериментальные исследования принципиально доказали возможность использования голографического метода для сравнительного исследования фотопортретов в целях идентификации личности, сравнение следов папиллярных узоров рук. Рассматриваемый метод применим для сравнения оттисков печатных форм и машинописных текстов, исполненных на новых аппаратах, не имеющих видимых дефектов шрифта.

**4. Голографическая интерферометрия**

Интерференция наблюдается при сложении двух волн, когда при условии их когерентности, т.е. постоянной разности фаз этих волн, возникает характерное пространственное распределение интенсивности света — интерференционная картина. Фотопластинка-детектор регистрирует это в виде чередующихся светлых и темных полос, или интерферограммы.

Для определения остаточных напряжений применялась и обычная интерферометрия, но эту работу можно было провести только в хорошо оборудованной лаборатории: требовалась специальная подготовка поверхности исследуемого объекта, придание ей правильной формы, специальное освещение и оборудование.

Когда создали лазер, т.е. источник излучения с высокой пространственной и временной когерентностью, стала развиваться оптическая голография — способ записи и восстановления световых волн, рассеянных объектом и несущих информацию о его форме (т.е. трехмерного образа объекта). Некоторые методики интерферометрии сильно упростились, так как снялись проблемы освещения и подготовки поверхности.

Принципиальная оптическая схема для записи голограммы по Лейту—Упатниексу показана на рис.1. Луч лазера (1) расширяется линзой (2) и делится полупрозрачным зеркалом (3) на две части. Одна часть — это опорный луч (ОЛ) — проходит через зеркало и сразу падает на фотопластинку-детектор (5). Вторая часть, отраженная от зеркала, освещает объект (4) и, диффузно рассеянная им, проходит через линзу (6) и тоже падает на детектор. Это предметный луч (ПЛ).

Рис.1. Принципиальная схема записи голограммы Лейта—Упатниекса: 1 — лазер, 2 — линза, 3 — полупрозрачное зеркало, 4 — объект, 5 — фотопластинка-детектор, 6 — линза в режиме лупы, ОЛ — опорный луч , ПЛ — предметный луч.

Заметим, что наличие линзы (6) не принципиально для записи голограмм, однако необходимо для измерения остаточных напряжений. Линза находится на фокусном расстоянии от объекта и поэтому работает в режиме лупы: на фотопластинке записывается не весь образ объекта, а малая, но увеличенная в 2—5 раз, его часть — область поверхности с отверстием. Это помогает рассмотреть довольно плотно расположенные (особенно на кромке отверстия) полосы интерферограммы.

С развитием голографии возникла голографическая интерферометрия, выполняемая гораздо проще, чем обычная, с меньшими затратами и ограничениями. Ее сущность такова: если совместить две голограммы объекта, записанные в различное время при разных состояниях поверхности объекта (один из способов — записать на одну фотопластинку), то при освещении этой фотопластинки лазерным лучом возникает результирующая интерферограмма, отражающая разницу геометрических состояний объекта. Линии интерферограммы показывают как перемещения целого объекта, так и деформацию его поверхности. Общие и локальные перемещения обычно хорошо разделяются.

Голография позволила исследовать объекты с любым, самым замысловатым рельефом. Подготовка поверхности стала минимальной. Главное — ее микрорельеф не должен измениться за время исследования. Другими словами: очистить, промыть и не загрязнить — требования на бытовом уровне.

Осталось несколько важных условий: интерферометрическую установку надо прочно крепить на объекте (или объект на установке), а одна из ее измерительных частей должна сниматься, чтобы не мешать сверлению, и надежно возвращаться на прежнее место. Для такого возврата существуют относительно простые методы, например: на одной части разъема по окружности расположены три стальных шарика с расстоянием по дуге 120°, а на ответной стальной части — три радиальных шлифованных паза под тем же углом. Такое устройство обеспечивает съем и возврат снимаемой части в прежнее положение с точностью до 0.1 мкм. Оно хорошо работало в стационарной лабораторной измерительной установке. В дальнейшем были разработаны оптические схемы, позволявшие исключить движущиеся части. Эти схемы были заложены в основу переносных приборов.

Сущность способа определения остаточных напряжений методом зондирующей лунки в сочетании с голографической интерферометрией заключается в следующем. Во время первой экспозиции записывается голограмма окрестности будущей лунки на поверхности объекта в исходном состоянии. Потом создается возмущение поверхности тела (например, путем высверливания или травления малой лунки), что позволяет проявиться остаточным напряжениям: изъятие малого объема приводит к локальным упругим перемещениям, пропорциональным остаточным напряжениям. Далее записывается голограмма возмущенной таким образом поверхности тела. В результате наложения голограмм при их одновременном восстановлении упругие перемещения поверхности в окрестности лунки выявляются в виде интерферограммы. Она наглядна и проста для расшифровки: в случае регистрации нормальной компоненты перемещений (перпендикулярной к исходной поверхности тела), полосы интерферограммы являются линиями уровня, т.е. равных перемещений, отличающихся по высоте на половину длины волны лазерного излучения~ 0.3 мкм (рис.2).

Оси симметрии интерференционной картины совпадают с направлениями экстремальных (главных) растягивающих и сжимающих остаточных напряжений. Величина напряжений пропорциональна числу интерференционных полос, причем цена полосы зависит от упругих свойств материала и от диаметра и глубины лунки и определяется по графикам (рис.3), рассчитанным на основании решения трехмерной задачи теории упругости.

Объем необходимых вычислений для получения значений напряжений очень мал, и они могут быть выполнены оператором сразу же при получении и наблюдении интерференционной картины. При этом, в отличие от тензометрирования, где измерения выполняются для отдельных точек, данный метод регистрирует линии уровня перемещений по всей области поверхности тела в окрестности зондирующей лунки, что позволяет визуально определять направления главных напряжений и делать качественные выводы о свойствах напряжений еще до подсчета числовых значений соответствующих величин.

Тем самым были созданы основы метода для массовой лабораторной работы по измерению остаточных напряжений. Начались исследования остаточных напряжений в сварных соединениях и отработка режимов сварки стали, алюминия, титана, магния. Вначале работа велась с образцами на лабораторном стенде. Новая методика оказалась эффективной при отработке технологии электронно-лучевой сварки и локальной термической обработки образцов разного сечения (плоских, тавровых, цилиндрических, сферических) из высокопрочных сталей разных марок и титановых сплавов.

По мере накопления опыта был сделан следующий важный шаг — создан переносной прибор, который работал не только в лаборатории, но и в цеху и на открытом воздухе. С этим прибором в заводских условиях выполнена комплексная программа по отработке режимов сварки и локальной термической обработки титановых крупногабаритных сосудов высокого давления объемом 1000 л, рассчитанных на рабочее давление 300 атм. Разработка новой технологии шла при непрерывном контроле остаточных напряжений. В итоге технология изготовления сосудов была значительно изменена, удешевлена, а качество изделия повышено. Это исследование проводилось в цехах Авиационного научно-технического комплекса им. А.Н. Туполева. С этим же прибором были сделаны первые выезды на строящуюся Курскую АЭС и Астраханский газоперерабатываюший завод, где измерялись сварочные напряжения в реальных конструкциях в трудных климатических условиях. В сотрудничестве с Конструкторским бюро им. С.А. Лавочкина была усовершенствована технология сварки и режимов термической обработки сварных соединений ряда алюминиевых сплавов, а также выполнена экспертная работа по установлению причин саморазрушения корпуса одного из космических аппаратов во время хранения.

На основе проведенных исследований создано несколько видов портативных голографических систем для измерения напряжений под общим названием ЛИМОН — лазерно-интерферометрический метод определения напряжений, и с помощью этих систем выполнена программа по отработке режимов сварки и локальной термической обработки титановых крупногабаритных сосудов высокого давления объемом 1000 л, рассчитанных на рабочее давление 300 атм. Разработка новой технологии шла при непрерывном контроле остаточных напряжений. В итоге технология изготовления сосудов была значительно изменена, удешевлена, а качество изделия повышено. Это исследование проводилось в цехах Авиационного научно-технического комплекса им. А.Н. Туполева. С этим же прибором были сделаны первые выезды на строящуюся Курскую АЭС и Астраханский газоперерабатываюший завод, где измерялись сварочные напряжения в реальных конструкциях в трудных климатических условиях. В сотрудничестве с Конструкторским бюро им. С.А. Лавочкина была усовершенствована технология сварки и режимов термической обработки сварных соединений ряда алюминиевых сплавов, а также выполнена экспертная работа по установлению причин саморазрушения корпуса одного из космических аппаратов во время хранения.

На основе проведенных исследований создано несколько видов портативных голографических систем для измерения напряжений под общим названием ЛИМОН — лазерно-интерферометрический метод определения напряжений, и с помощью этих систем выполнена большая работа, как плановая, так и экспертная, по измерению остаточных напряжений в различных технических объектах на заводах и полигонах. Накопленный опыт использовался при создании каждой следующей измерительной системы.

# 9. Голографические диски HVD

##

## 1. Общие сведения о голографических дисках

На смену уходящим поколениям оптических дисков (CD, DVD, BR(HD)-DVD, FVD, EVD, UDO) пришло новое поколение — HVD (Holographic Versatile Disk) — многоцелевые голографические диски, кардинально отличающиеся от всех вышеперечисленных способом оптического хранения информации.

Существуют две конкурирующие технологии голографической записи от фирм Optware (Япония) и Inphase Techologies (США). За Optware стоят CMC Magnetics, Fuji Photo Film, Nippon Paint, Pulstec Industrial Toagosei, Toshiba, Panasonic, Intel Capital и Sony, а за Inphase Techologies — Hitachi-Maxell, Bayer MaterialScience и Imation.

Характеристики HVD-дисков и приводов, текущие и планируемые (в процессе совершенствования технологий могут меняться):

Inphase-Techologies:

* Объём — до 1,6 Терабайта (первые диски будут иметь объем 300 а затем 800 Гигабайт).
* Плотность записи — 350 (и даже уже 515) Гбит на квадратный дюйм.
* Скорость записи-считывания информации — до 960 Мбит/с (первые диски — 160 а затем 640 Мбит/с). Запись или считывание 1 миллиона бит за раз.
* Скорость случайного доступа в режиме чтения — 200 мс
* Диаметр диска — 5,25 дюйма (130 мм, на 10 мм больше обычных CD)
* Толщина диска — 3,5 мм. (толщина основания — 1 мм, толщина записывающего слоя 1,5 мм, толщина защитного слоя — 1 мм.)
* Длина волны лазера — 405 нм (синий). Носители поддерживают 400-410 нм.
* Длительность хранения информации — 50 лет.
* Стоимость диска на начальном этапе будет порядка 100 долларов, а привода — порядка 3000.

Optware:

* В отличие от классического (двухосевого), Optware применила метод поляризованной коллинеарной голографии (оба луча, опорный и информационный, проходят через одну линзу, а для того, чтобы лучи не мешали друг другу, их поля развернуты друг относительно друга, т.е. лучи по разному поляризованы). Эта технология также обещает совместимость с предыдущими поколениями оптических дисков за счет работы красного лазера, использующегося при работе с голографическим диском для управления сервоприводом. Кроме того, такая оптическая система компактнее классической.
* Объём — до 3,9 Терабайт (первые диски будут иметь объем 100, 200, 500 а затем и 3,9 Тб при расстоянии между центрами перекрывающихся голограмм 18, 13, 8 и 3 мкм соответственно).
* Диаметр диска — 120 мм (как у обычных CD).
* Длина волны лазера — 532 нм (зелёный) для данных и 650 нм (красный) для сервосистемы и для чтения предыдущих форматов оптических дисков.
* Размер страницы данных на пространственном световом модуляторе — 3 мм, размер одного пикселя страницы — 13,7 мкм
* Диаметр страницы данных на носителе — 200 мкм.

И тот и другой тип оптическтих дисков планируется размещать в защитный картридж. Таким образом, внешне они будут напоминать пятидюймовые дискеты.

## 2. Технология хранения информации

Диски названы голографическими потому, что страницы бинарных данных записываются на них способом, схожим с записью голограмм. Причем, для хранения данных применяются не плоские голограммы, расположенные на поверхности фоточувствительного слоя оптического диска, а объемные, занимающие некоторую толщину фоточувствительного слоя диска. Заметьте, что речь не идёт о послойном хранении информации! Вся информация записана всего лишь в одном фоточувствительном слое диска!

Записанные на диск страницы не являются голограммами в полном смысле этого слова. На диске фиксируется информация не рассеянного светового фронта, излучаемого во все стороны изображением страницы данных, а уже плоская, необъёмная световая информация, сфокусированная линзой. Тем не менее, запись сфокусированной страницы происходит, как и запись голограмм, за счёт интерференции, что даёт право называть записанную информацию, скажем, объёмной голограммой плоского светового фронта.

Почему для хранения информации стали применяться объемные голограммы? Не проще ли было осуществить обычную оптическую запись, расположив данные на нескольких слоях оптического диска? Оказывается у объёмной голограммы есть важное преимущество — способность к мультиплексированию (которого, кстати, нет у обычных плоскостных голограмм). Мультиплексирование — это способность хранить несколько разных слепков данных практически в одном и том же объёме записывающего вещества.

Мультиплексирование достигается за счет изменения угла наклона прожигаемых поперёк объёмного фотослоя плоскостей, являющихся элементарными кирпичиками записываемой информации (т.н. брэгговских плоскостей). Этот способ позволяет достигать чрезвычайно высокой плотности записи, не увеличивая до нереальных величин точность считывающего и записывающего устройств. Для записи или считывания той или иной страницы данных достаточно изменить лишь угол подсветки голограммы.

Кроме мультиплексирования за счет изменения угла опорного луча существуют еще два теоретически простых способа:

1. За счёт изменения длины волны;
2. За счёт сдвига фазы опорного луча.

Однако все вышеописанные способы требуют сложных оптических систем и толстых, толщиной в несколько миллиметров, носителей. Это затрудняет их коммерческое применение, по крайней мере, в сфере обработки информации. Поэтому были разработаны ещё три метода мультиплексирования:

1. сдвиговое;
2. апертурное;
3. корреляционное.

Они основаны на использовании изменения положения носителя относительно световых пучков. При этом сдвиговое и апертурное мультиплексирование используют сферический опорный пучок, а корреляционное — пучок еще более сложной формы.

С целью еще более высокого уплотнения данных помимо мультиплексирования страниц применяется наложение книг. Суть наложения книг в том, что мультиплексированные массивы страниц (книги) записываются внахлёст друг на друга, как показано на рисунке ниже. Естественно, что с увеличением количества записанных страниц, и плотности наложения книг общая прозрачность голограммы падает. Поэтому степень плотности ограничивается способностью аппаратуры различать информацию на каждой отдельной странице.

Еще одним плюсом описываемой технологии является возможность удерживать точность оборудования на приемлемом для массового изготовления уровне. Страницы информации после их формирования уменьшаются чисто оптическим способом — всего лишь с помощью линзы, а при восстановлении подобной же линзой увеличиваются до размера считывающего устройства.

Кроме того, голографический способ хранения позволяет значительно повысить скорость доступа к ней, поскольку обращение для чтения или записи происходит единовременно ко всей странице данных, а каждая такая страница может содержать до миллиона бит и более.

##

## 3. Запись и считывание голограммы оптического диска

Запись бинарных данных в голограмму происходит следующим образом.

1. Лазерный луч разделяется на два луча с помощью полупрозрачного зеркала. Таким образом мы получаем два луча, имеющих абсолютно одинаковую длину волны и поляризацию.
2. Один из лучей проходит сквозь пространственный световой модулятор — плоский трафарет, где прозрачные ячейки соответствуют единичным значениям бита а непрозрачные — нулевым. Далее, информационный луч, фокусируясь линзой, падает на фоточувствительный слой диска. Замечу, что в отличие от описываемого метода, при записи настоящей голограммы луч не фокусируется, что позволяет каждой точке фоточувствительного слоя получить волны от всех точек объекта. При сохранении бинарной информации этого не требуется.
3. Второй (опорный) луч под некоторым углом направляется в ту же область диска, куда падает первый луч, чтобы они пересеклись в толщине фоточувствительного слоя. Поскольку лучи имеют одинаковую длину волны и поляризацию, то происходит явление интерференции (сложение амплитуд волн), в результате которого в местах, где фазы световой волны совпали, амплитуды волн увеличились и прожгли фоточувствительный слой.

Если мы представим пересекающиеся световые волны в трехмерном пространстве, то поймем, что двигаясь, они образовывают трёхмерные стоячие волны, которые прожигают брэгговские плоскости поперёк фоточувствительного слоя. Размер плоскостей определяется размером ячейки трафарета, уменьшенным фокусирующей линзой, толщиной фоточувствительного слоя и углами обоих лучей по отношению к фоточувствительному слою. Они похожи на зеркала разной прозрачности, и при их освещении опорным лучом они частично отражают свет в направлении продолжения бывшего информационного луча, шедшего через фокусирующую линзу от трафарета. В результате с обратной стороны голограммы рассеивается световой фронт картинки трафарета, как будто он идёт непосредственно от него.

Таким образом, считывание данных из голограммы происходит так:

1. Опорный лазерный луч той же длины волны и с того же угла, что и при записи, падает на голограмму.
2. Отражаясь от полупрозрачных зеркал, образованных брэгговскими плоскостями голограммы, луч рассеивает с обратной её стороны световой фронт, содержащий сфокусированное изображение трафарета, который был записан на неё ранее.
3. Рассеянный световой фронт трафарета фокусируется линзой на массиве датчиков и переводится в цифровой код. Замечу, что при воспроизведении настоящей голографии световой фронт не фокусируют.

## Отличие метода поляризованной коллинеарной голографии (Optware) от классической технологии (Inphase Technologies)

На одной из выставок Optware показала следующие сравнительные схемы, подчеркнув компактность своего метода:

Однако на деле поляризованная коллинеарная схема выглядит несколько иначе. На сайте самой Optware опубликована гораздо более сложная схема, тогда как эскиз привода с сайта Inphase Technologies выглядит значительно проще:

Всё это говорит об очередной войне стандартов. Схемы привода и диска от Inphase Technologies объективно выглядят проще для понимания. На первый взгляд, Optware перемудрила со своим методом. Но он даёт определённые плюсы.

Например, за счёт того, что диск не просвечивается насквозь, имеется возможность в перспективе делать двухстороннее нанесение информации (двусторонний диск), что в 2 раза повысит его ёмкость. Красный лазер, отвечающий за работу сервопривода (фокусировку) может использоваться для чтения обычных дисков, то есть сохраняется обратная совместимость устройства с прежними стандартами CD и DVD.

Ниже представлена схема записи голограммы по методу Optware:

Совмещающий оптический вращатель, состоящий из двух частей и стоящий непосредственно перед линзой, одной частью поворачивает на 45 градусов полярность опорного луча в одну сторону, а другой частью полярность информационного луча в другую сторону, одновременно разделяя эти лучи. В результате, изначально отличающиеся полярностью на 90 градусов лучи, приобретают одинаковую полярность и, как следствие, способность интерферировать друг сдругом, что они и делают, пересекаясь после линзы.

Исходя из рисунка можно сделать вывод, что в методе Optware применено мультиплексирование пикселей одной страницы вместо мультиплексирования самих страниц, как это делается у Inphase Technologies. Данная информация проверяется…

К качестве детекторов, считывающих информацию, проецируемую голограммой, используются КМОП-матрицы, используемые сейчас в некоторых моделях цифровых фотокамер.

Пространственные световые модуляторы, формирующие информационную страницу при записи данных — это массивы микрозеркал и ферроэлектрических модуляторов, применяющихся в цифровых проекторах и телевизорах.

В качестве материала для носителя информации использована двухкомпонентная полимерная система. Один из ее компонентов формирует сетку, где растворен второй компонент, обладающий светочувствительными свойствами. При записи информации последний под воздействием света полимеризуется, из-за чего возникает градиент концентрации неполимеризованного компонента, и начинается его диффузия. Результатом всего этого процесса является образование структуры с переменным индексом отражения, колебания которого как раз и несут в себе записанную информацию.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, согласованные усилия многих исследователей позволили накопить ряд сведений и фактов о свойствах трехмерных голограмм. За этими на первый взгляд разрозненными фактами достаточно отчетливо вырисовывается то единое явление природы, которое лежит в их основе. Оказывается, что материализованная объемная картина волн интенсивности способна воспроизводить волновое поле со всеми его параметрами — амплитудой, фазой, спектральным составом, состоянием поляризации и даже с изменениями этих параметров по времен.

Однако общая картина этого явления пока еще далека от завершения. И дело здесь не только в том, что в ряде случаев мы не знаем полностью набор отображающих свойств некоторых видов голограмм. Есть все основания считать, что будут открыты новые неожиданные оптические свойства голограмм.
Вполне вероятно, Что ряд новых эффектов будет обнаружен при применении светочувствительных материалов, обладающих специфическими свойствами, подобно тому как применение резонансных и поляризационных сред открыло возможность записи временных и поляризационных характеристик волновых полей. И наконец, прецедент объединения голографии и нелинейной оптики в динамическую голографию показывает, что внесение идей голографии в смежные с ней области знаний может привести к появлению совершенно новых направлений.

**Литература**

1. Введение в когерентную оптику и голографию: Учеб. пособие для физ.- мат. фак. пед. ин-тов.-Минск: Выш. шк.,1985.-144 с. Шепелевич В. В.

2. Оптическая голография т.1 С.Б. Гуревич, Г. Колфилд.

3. Оптическая голография т.2 С.Б. Гуревич, Г. Колфилд.

4. Оптика. Учебное пособие для вузов. М., “Высшая школа”, 1977г.

5. Интернет:

А) «Голографическое телевидение» Подборка статей. http://tvzone.city.tomsk.net/

Б) «Принципы голографии», В.В. Слабко, 1997г. http://www.pereplet.ru/