



ГОЛОГРАФІЯ (від грец. ὅλος — повний, увесь і ...графія) — метод запису, відтворення та перетворення хвильових полів. Запропонований 1948 угорцем Д. Габором. Метод Г. дає можливість записувати та відновлювати хвильові поля різної фіз. природи, зокрема оптичного та радіодіапазонів, а також акустичні, електронні та ін. Спосіб запису в Г. базується на реєстрації розподілення інтенсивності в інтерференц. картині, яка виникає при накладанні (взаємодії) хвилі, що розсіялася об'єктом (об'єктна, або предметна, хвиля), та когерентною з нею опорною (або референтною) хвилею, — тож, одночасно фіксуються і амплітудні (розподілення інтенсивності в періодич. структурі інтерференц. картини), і фазові (реєстрація взаємних розташувань областей макс. та мін. інтенсивностей в інтерференц. картині) співвідношення об'єктної хвилі. При освітленні голограми опорною хвилею чи хвилею, яка ідентична опорній, відбувається трансформація (завдяки записаній структурі голограми) цієї хвилі в хвилю, що розповсюджувалася від об'єкта, й потрапляючи в око людини, вона створює таке ж відчуття, як і при безпосередньому спогляданні об'єкта, тобто він має всі властивості оригінала (напр., паралакс і перспективу). Важливою ознакою голограм є можливість відновлювати об'єктну хвилю при освітлюванні опорною хвилею навіть невеликої ділянки. Широкого розвитку Г. отримала після використання лазерів як джерела світла (Е. Лейт і Ю. Упатнієкс, 1962), а також після застосування для запису голограм товстошарових емульсій, що дозволило відновлювати зображення в білому світлі (Ю. Денисюк, 1962).

Голограма може бути зареєстрована на деякій поверхні (двовимірна голограма) або в деякому об'ємі світлочутливого матеріалу (тривимірна голограма). Двовимірний запис здійснюється за умови, коли товщина (h) світлочутливого матеріалу набагато менша від просторового періоду (d) інтерференц. картини, що реєструється. У тривимірних голограмах h набагато більша, ніж d . Така голограма із суцільного спектра відтворює випромінювання лише з тією довжиною хвилі, яка була використана для її запису, що спричинено інтерференцією хвиль, які відбиті послідовністю пучностей розподілу диференц. картини, присутніх у голограмі. Вказані хвилі взаємно підсилюють одна одну тільки в тому випадку, коли їх довжина збігається з довжиною хвилі випромінювання (λ), що раніше була використана для запису голограми. Залежно від λ розрізняють оптичну Г. (на голограмі реєструються випромінювання видимого діапазону) та різноманітні види неоптичної Г. (радіоголографія, рентгенівська, інфрачервона, ультрафіолетова, акустична, ультра-

звукова). Голограму можна отримати і за допомогою ЕОМ, розрахувавши її структуру та зобразивши результати розрахунку у вигляді чорно-білого транспаранта (цифрова голограма). За способом запису голограм світлочутливим середовищем розрізняють амплітудні (інтерференц. структура реєструється у вигляді варіацій коефіцієнтів пропускання чи відбивання, при відновлюванні хвильового поля така голограма модулює амплітуду освітлюючої хвилі) та фазові (інтерференц. структура фіксується у вигляді варіацій товщини або коефіцієнта заломлення) голограми — обидві вони модулюють фазу освітлюючої хвилі. Крім того, існують світлочутливі матеріали, в яких падаюче випромінювання реєструє за виникнення анізотропії коефіцієнта поглинання (поляризац. голограма). Однією з важливих характеристик голограми є дифракц. ефективність, яка дорівнює відношенню потужності світлового потоку у відновленій хвилі до світлового потоку, що падає на голограму. Її значення змінюється від 100 % для фазових тривимірних голограм до кількох відсотків у амплітудних і поляризац. голограмах. Якщо зареєстрована голограма зберігається довго і можливе розділення у часі процесів запису та відновлювання опорної хвилі, то така голограма є статичною. Коли ж голограма існує тільки під час опромінення середовища об'єктною та опорною хвилями й відновлювання хвильового фронту здійснюється одночасно з процесом запису, то така голограма є динамічною. Динамічні голограми записують у середовищах, які мають різноманітні типи нелінійності, це може бути нелінійна поляризованість атомів і молекул середовища в полі світлової хвилі, що зумовлює залежність показника заломлення (n) середовища від амплітуди хвилі або залежність n від нагріву, створеного хвилею, що падає (теплова голограма); крім того, зміна n можлива у неоднорідному полі пружних напружень, які виникають при неоднорідному освітленні середовища. Для запису динамічних голограм використовують деякі сегнетоелектрики (ніобат і танталат літію), піроелектрики та п'єзоелектрики. Динамічні голограми також можуть бути записані в результаті поглинання світла в середовищі, якщо це супроводжується виникненням різноманітних електрон. збуджень (квазічастинок), зокрема електронів провідності та дірок, екситонів, фононів тощо. У цьому випадку виникнення квазічастинок змінює показник заломлення та коефіцієнт поглинання середовища (як середовище використовують різні напівпровідники — Si, CdS, CdSe, CdTe, GaAs, ZnO та ін.). Запис амплітудно-фазових динамічних голограм можливий також у парі лужних металів у межі смуг резонанс. поглинання. Для

реєстрації статичних голограм використовують світлочутливі середовища, в яких у процесі запису спочатку утворюється т. зв. приховане зображення, що виявляється та підсилюється тільки після подальшої спец. обробки фотоматеріалу. До найсвітлочутливіших середовищ належать галоген-срібні емульсії, роздільна здатність таких фотоматеріалів сягає декількох тисяч ліній на 1 мм при чутливості порядку тисячної частки Дж на 1 см². Для запису фазових голограм використовують біхромовану желатину. Запис голограм можливий також шляхом створення фазового рельєфу на поверхні світлочутливого шару (фоторезиста), у цьому випадку при хім. обробці засвічені ділянки шару фоторезиста розчиняються, що призводить до виникнення на поверхні певного рельєфу. Утворення рельєфу відбувається також при записі голограм у фототермічних середовищах. Опромінення фототермопластику супроводжується утворенням у ньому електростатич. поля, причому розподілення потенціалу цього поля по поверхні повторює розподілення інтенсивності світла в інтерференц. картині. При подальшому нагріванні середовище розм'якшується й деформується під дією сил електростатичного поля, при цьому змінюються оптич. властивості середовища в певних місцях поверхні (фазова рельєфографія) визначає запис інтерференц. картини. Для запису статичних голограм використовують також фотохромні матеріали (зокрема лужно-галогідні кристали, в яких під дією світла можливе перетворення центрів забарвлення), фотополімери, магнітооптичні середовища, халькогенідні середовища, рідкі кристали, термохромні шари на основі окисів, а також фотоматеріал «реоксан». Залежно від взаємного розташування реєструючого середовища, об'єкта й джерела опорної хвилі, розрізняють декілька схем запису голограм: однопроменева (схема Габора), двопроменева (схема Лейта та Упатнієкса), схема із зустрічними хвилями (схема Денисюка) та схема голограми Фур'є. В однопроменевій схемі використовують пучок світла, частина якого розсіюється об'єктом і формує об'єктну хвилю, а друга частина вихідного пучка, що пройшла поза об'єктом, створює опорну хвилю. У двохвильовій схемі когерентна опорна хвиля формується окремо, і кут між об'єктом і опорним променем у точках їх падіння на голограму відмінний від нуля. У схемі Денисюка опорна та об'єктна хвилі падають на світлочутливий шар з різних сторін, і кут між цими світловими пучками бл. 180°. Оскільки при освітленні такої голограми опорною хвилею відновлена об'єктна хвиля поширюється назустріч освітлюючому

пучку, то такі голограми називаються відбивними (на відміну від пропускаючих голограм, що можуть бути отримані за схемою Габора та схемою Лейта і Упатнієкса). При записі за схемою Фур'є об'єкт і джерело опорної хвилі розташовані на однаковій відстані від голограми. Якщо голограма знаходиться на значній (нескінченній) відстані від об'єкта, то вона називається голограмою Фраунгофера.

Г. є заг. методом запису та оброблення інформації, тому її широко використовують у науці, техніці, мистецтві та медицині. З допомогою голограм одержують тривимірні зображення об'єктів. Метод голографіч. інтерференції дозволяє вимірювати малі деформації об'єктів. Використання імпульс. лазерів для запису голограм дає змогу реєструвати швидкісні процеси. Якщо на голограму, отриману при інтерференції хвиль довжиною l_1 , спрямувати опорну світлову хвилю довжиною l_2 ($l_2 > l_1$), то це дасть змогу створити голографіч. мікроскоп, який зберігатиме фазову інформацію про об'єкт. За допомогою Г. можливе перетворення світлових полів і «перекачування» енергії між хвилями, що розповсюджуються в голограмі, тому динамічні голограми можуть бути застосовані для створення лазерів. Нині ведуться дослідж. в напрямі створення голографіч. кіно та телебачення.

В Україні питання Г. досліджують в академ. інститутах фізики (М. Бродин, М. Соскін, С. Одулов, В. Вінецький, А. Борщ, А. Хижняк, В. Кравченко, К. Салькова) та прикладної оптики (С. Анохов, В. Марков), Київському (М. Находкін, М. Кувшинський), Ужгородському (О. Кикинеші) та Чернівецькому (О. Ангельський) університетах, НДІ фізики при Одес. університеті (В. Білоус, О. Тюрін).

Рекомендована література

1. Строук Дж. Введение в когерентную оптику и голографию. Москва, 1967;
2. Габор Д. Голография (1948– 1971 гг.) // УФН. 1973. Т. 109;
3. Денисюк Ю. Н. Состояние и перспективы голографии с записью в трехмерных средах // Вест. АН СССР. 1978. Вып. 12;
4. Бахрах Л. Д., Курочкин А. П. Голография в микроволновой технике. Москва, 1979;
5. Одулов С. Г., Соскин М. С., Хижняк А. И. Лазеры на динамических решетках. Москва, 1990.

В. М. Білоус

Бібліографічний опис:

Голографія / В. М. Білоус // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-25436>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).