

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

535.89

## К ИСТОРИИ ГОЛОГРАФИИ

*С. Ф. Шушурин*

В 1970 г. Ленинской премией в области науки и техники был удостоен цикл работ Ю. Н. Денисюка «Голография с записью в трехмерной среде». Эти работы представляют собой выдающийся вклад в развитие бурно развивающегося направления прикладной оптики — голографии. Обычно возникновение этого направления связывают с именем английского физика Денниса Габора, внесшего большой вклад в его развитие. Однако история этой новой отрасли оптики не столь проста, и работам Д. Габора предшествовали другие исследования, также формулировавшие принципы голографии.

Новейший путь развития голографии таков. Голографический метод регистрации и воспроизведения объектов был предложен в 1948 г. Д. Габором, как один из методов корпускулярной (электронной) оптики, возникшей в ходе исследования путей совершенствования электронной микроскопии, и был опробован в оптическом диапазоне. Как отмечает сам Д. Габор<sup>1</sup>, общая идея метода голографии в электронной микроскопии как двухступенчатого процесса, «в котором предмет регистрируется с помощью пучка электронов, а восстанавливается с помощью светового пучка», возникла как модификация идеи У. Л. Брэгга, изложенной в 1942 г. в статье «Рентгеновский микроскоп»<sup>2</sup>, в которой предлагался метод визуализации кристаллической решетки с помощью процесса дифракции на дифракционной картине, полученной в рентгеновских лучах. В более зачаточном виде эта идея была сформулирована У. Л. Брэггом еще раньше, в 1939 г., в статье «Новый тип рентгеновского микроскопа»<sup>3</sup>. Д. Габор упоминает также статью 1938 г. немецкого оптика Г. Берша «К образованию изображения в микроскопе»<sup>4</sup>. В этой статье автор указал, как можно получить с помощью микроскопа изображение решетки, не помещая последнюю на предметный столик микроскопа. Это можно осуществить, создав в задней фокальной плоскости объектива микроскопа распределение светового потока, соответствующее дифракционной картине, полученной с помощью решетки.

Если в литературе часто отмечается, что Д. Габор развил идею У. Л. Брэгга, то совершенно умалчивается об ином пути развития идеи — о работах Э. Аббе и М. Вольфке. Не умалая значения большого вклада Д. Габора в развитие голографии, можно совершенно определенно утверждать, что в принципе идея голографического метода получения изображений была выдвинута и экспериментально проверена польским физиком Мечиславом Вольфке и опубликована за 28 лет до работ Д. Габора, т. е. в 1920 г. В подходе М. Вольфке основные принципы и идеи голографии были результатом естественного синтеза исследований в области

рентгеноструктурного анализа и теории оптического изображения, создаваемого микроскопом.

Целесообразно остановиться на истории работ М. Вольфке и на их содержании, но сначала приведем некоторые биографические сведения о М. Вольфке.

Мечислав Вольфке родился в 1883 г. в городке Ласэк около Лодзи в семье инженера путей сообщения. С 1901 г. после окончания средней школы и по 1904 г. учился на математико-естественном факультете Льежского университета (Бельгия). В 1904 г. он сдал там кандидатский экзамен. В 1904—1907 гг. учился в Парижском университете. С 1907 по 1910 г. работал на физическом факультете Вроцлавского университета под руководством известного оптика профессора Отто Люммера. В 1910 получил степень доктора. В 1911 г. работал на предприятии Карл Цейсс в Йене, где сконструировал новую ртутно-кадмиевую лампу. Затем работал ассистентом физического факультета Политехнического института в г. Карлсруэ, в 1913 г. получил звание доцента Политехнического института в Цюрихе. С 1914 по 1922 г. он читал специальные курсы по теоретической и экспериментальной физике в Цюрихе, в университете и в Политехническом институте. С 1922 г. и по день своей смерти 3 мая 1947 г. был профессором физики факультета электротехники Варшавского политехнического института. В 1924 и 1926 гг. он выезжал на работу в г. Лейден, где сотрудничал с профессором Х. Каммерлинг-Оннесом и профессором В. Х. Кеезомом в Криогенной лаборатории Лейденского университета. Там он проводил исследования диэлектрической проницаемости жидкого гелия, жидкого и твердого водорода, электрического сопротивления жидкого гелия. В 1928 г. проф. В. Х. Кеезом и М. Вольфке открыли две разновидности жидкого гелия: гелий I и гелий II, что, как известно, сыграло огромную роль в развитии физики низких температур, в частности, привело к открытию явления сверхтекучести. Перед началом второй мировой войны М. Вольфке организовал в Варшаве Институт низких температур. М. Вольфке был членом Польской Академии наук и Академии технических наук. Он был известен своими демократическими взглядами. В 1936 г. во время лекции на него напала группа фашистских молодчиков, что вызвало негодование среди польской общественности.

Вопросами теории дифракционного изображения М. Вольфке начал интересоваться во время своей работы во Вроцлаве в 1907—1910 гг. Его докторская диссертация была посвящена теории изображения решеткой. Исследуя этот вопрос, он опирался на теорию изображения в микроскопе, разработанную Эрнстом Аббе. Полученные им результаты были опубликованы в 1911—1912 гг.<sup>5</sup> Эти исследования М. Вольфке продолжал в Цюрихе и представил в 1914 г. в качестве сочинения, дающего право на замещение должности доцента, работу «Общая теория изображения самосветящихся и несамосветящихся объектов», в которой были обобщены его результаты 1912—1913 гг.<sup>6</sup>

Завершением этого цикла исследований явилась статья «О возможности оптического изображения молекулярной решетки»<sup>7</sup>. В этой работе М. Вольфке ставит следующий вопрос: можно ли, используя дифракционные картины, получающиеся при прохождении рентгеновских лучей через кристалл, получить оптическое изображение кристаллической решетки? Он дает положительный ответ на этот вопрос, предлагая использовать первичную рентгенограмму как дифракционную решетку для световых волн. Далее он формулирует теорему, являющуюся принципиальным обоснованием его вышеупомянутого предложения. Теорема в оригинальной формулировке выглядит следующим образом: «При монохроматиче-

ском, параллельном, перпендикулярном освещении дифракционное поле дифракционной картины симметричного объекта без фазовой структуры тождественно изображению этого объекта» («Bei monochromatischer, paralleler, senkrechter Beleuchtung ist das Beugungsbild eines Beugungsbildes eines symmetrischen Objektes ohne Phasenstruktur identisch mit dem Abbild dieses Objektes»). Доказательство теоремы он проводит на основании своих работ 1912—1914 гг.

Теоретический вывод был проверен М. Вольфке экспериментально на различных структурах, помещенных в параллельных лучах желтой спектральной линии ртути. М. Вольфке писал: «Доказанная выше теорема была проверена на различных оптических структурах в параллельном пучке света желтой линии ртути, причем она оказалась верной при всех случаях. В этом случае для получения резкой картины необходимо было использовать как можно более сильный источник света при очень узкой точечной щели монохроматора». К сожалению, иных деталей опыта М. Вольфке в статье не приведено. Результаты этого опыта были получены 28 лет спустя Д. Габором<sup>1</sup>, кроме того, последний обнаружил эффект обзора — поворот воссозданного изображения предмета при изменении положения наблюдателя относительно освещаемой дифракционной картины.

В заключение статьи М. Вольфке упоминает, что нечто похожее на восстановление изображения наблюдал Э. Хупка при исследовании отражения рентгеновских лучей<sup>8</sup>.

Работа М. Вольфке не нашла отклика среди физиков, так как, видимо, опережала объективные потребности науки того времени и была забыта. Только этим можно объяснить, что спустя 18 лет с предложением о создании метода вторичного изображения выступил Х. Берш, не упоминая работ М. Вольфке, хотя статья последнего была опубликована в распространенном журнале<sup>\*)</sup>.

На принципиальное значение работ М. Вольфке, спустя несколько лет после начала бурного развития лазерной голографии, обратил внимание автор настоящей статьи в письме в польскую газету «Политыка»<sup>9</sup>. Это послужило поводом для публикации более подробной статьи члена-корреспондента Польской Академии наук, директора Института физики Варшавского политехнического института, проф. д-р. Щепана Щеневского «Польский физик — предвестник голографии»<sup>10</sup>.

В связи с уточнением истории развития голографии и ее идейных стимулов целесообразно вкратце напомнить о дальнейшем развитии ее принципиальных основ.

Следующим, после работ М. Вольфке и Д. Габора, новым принципиальным этапом развития голографии явились работы советского физика, члена-корреспондента АН СССР Ю. Н. Денисюка<sup>11</sup>, выполненные им в 1962 г. В них Ю. Н. Денисюк четко сформулировал принцип оптической голографии, обобщая метод Д. Габора. Работа Е. Н. Лейта и Ю. Упатниекса (1964 г.)<sup>12</sup>, распространяющая метод Д. Габора на оптику, является частным случаем результатов Ю. Н. Денисюка.

Сущность метода Ю. Н. Денисюка заключается в записи волнового поля, возникающего при сложении потока прямого когерентного света с потоком света, рассеянного наблюдаемым телом. Рассеянный и падаю-

\*) В личной переписке автор настоящей статьи обратил внимание проф. Д. Габора на пионерский характер работы М. Вольфке<sup>7</sup>. В ответном письме от 19 января 1968 г. Д. Габор написал: «Теперь я прочитал статью М. Вольфке и вижу, что приоритет «двойного преобразования Фурье» должен принадлежать ему, а не У. Л. Брэггу» («I have now read Wolfke's paper, and see that the priority for the «double Fourier transformation's must go to him, not to W. L. Bragg»).

щий потоки, складываясь, образуют поле стоячих волн, регистрируя которое можно получить данные о форме рассеивающей поверхности (границы тела) и о поле коэффициента поглощения на этой поверхности. Последующее просвечивание записи интерференционного волнового поля дает возможность восстановить изображение объекта. Как отмечал сам автор, его метод предвостановляет развитие идеи метода цветной фотографии, разработанного в 1892 г. французским физиком Г. Липпманом<sup>13</sup>, и метода Д. Габора. Восстановление формы и окраска объекта наблюдения производится простым освещением обычным белым светом поля стоячих волн, зафиксированных распределением почернения в толстом слое фотоэмульсии.

Ю. Н. Денисюк в 1962 г. писал: «Данное явление может оказаться полезным для развития изобразительной техники, создающей полную иллюзию действительности изображаемых объектов, в структурном анализе, гидролокации, радиолокации, ультразвуковой дефектоскопии, а также для изготовления диспергирующих элементов типа дифракционной решетки». Если указание на возможности голографии в структурном анализе уже было сделано М. Вольфке, то перспективы его использования в изобразительной технике были сформулированы в 1962 г. впервые, то же можно сказать и об указании остальных возможностей.

Стоит еще отметить, что работа Ю. Н. Денисюка была выполнена на самой заре развития лазеров — оптических квантовых генераторов. Вся теория и эксперимент не учитывали возможности их использования (в эксперименте по-прежнему, как и у М. Вольфке и Д. Габора, использовались линии спектра испускания ртути). В следующем году Ю. Н. Денисюк писал: «Существенный прогресс в этом направлении должно дать использование квантовых генераторов, изучение которых обладает большой яркостью при очень высокой монохроматичности». Работа Е. Н. Лейта и Ю. Упатниекса год спустя подтвердила это предсказание.

Бурное развитие приложений голографии, совершенствование ее как метода требуют безусловно и углубления физического понимания процессов образования изображений. Детальное исследование истории голографии и развития ее основ не может не способствовать уточнению представлений о ее физических основах.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. G a b o r, Nature **161**, 777 (1948); Proc. Roy. Soc. London **A197**, 454 (1949); **B64**, 449 (1951) (перевод последних двух работ см.: Дж. У. Строк, Введение в когерентную оптику и голографию, М., «Мир», 1967, стр. 262—301).
2. W. L. B r a g g, Nature **149** (№ 3782), 470 (1942).
3. W. L. B r a g g, Nature **143** (№ 3625), 678 (1939).
4. H. B o e r s c h, Z. techn. Phys. **19**, 337 (1938).
5. M. W o l f k e, Ann. d. Phys. (4) **34**, 277 (1911); **37**, 96, 727; **38**, 385 (1912).
6. M. W o l f k e, Ann. d. Phys. (4) **39**, 569 (1912); **40**, 194 (1913).
7. M. W o l f k e, Phys. Zs. **21**, 495; Arch. sci. et nat. (5) **2**, 254 (1920).
8. E. H u p k a, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 369 (1913).
9. S. S z u s z u r i n, Polityka (Warszawa), № 45 (505) (5.11.1966).
10. S z. S z c z e n i o w s k i, Problemy **23**, 2 (251), 115 (1967).
11. Ю. Н. Денисюк, ДАН СССР **144**, 1275 (1962); Оптика и спектроскопия **15**, 522 (1963); **18**, 276 (1965); Журнал научн. прикл. фотограф. кинематогр. **11**, вып. 1, 46 (1966); Опτικο-механич. промышленность, № 11, 18 (1967).
12. E. N. L e i t h, J. U p a t n i e k s, J. Opt. Soc. Amer. **54**, 1295 (1964); см. также: УФН **87**, 521 (1965).
13. G. L i p p m a n, C.R. Acad. Sci. Paris **114**, 961; **115**, 575 (1892); J. de Phys. **3**, 97 (1894).