

ется пространств. детектором. Восстанавливается изображение предмета либо методами с использованием когерентного света, либо электронными методами, обычно цифровыми (см. *Голография акустическая*).

Локационное З. основано на принципах эхолокации и заключается в том, что излучающее устройство (часто оно же и приёмное) «освещает» предмет узким звуковым лучом, сканирующим по пространству в одной или двух плоскостях. Изображение предмета строится по отражённым от него сигналам последовательно, в соответствии с выбранным законом сканирования. Обычно используется импульсное облучение предмета, к-рое даёт возможность разрешения по продольной координате (дальности).

Для преобразования пространств. распределения давления в звуковом поле в видимое оптич. изображение используются разнообразные методы *визуализации звуковых полей*, осуществляющие либо непосредственное акустооптич. преобразование, либо с промежуточным преобразованием акустич. сигналов в электрические и далее в оптические. Для акустооптич. преоб-

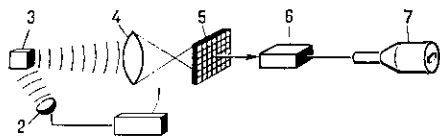


Рис. 3. Схема линзового звуковидения с электронным сканированием: 1 — УЗ-генератор; 2 — излучатель; 3 — предмет; 4 — акустическая линза (объектив); 5 — мозаика пьезоэлектрических преобразователей; 6 — электронный коммутатор; 7 — электронно-лучевая трубка.

разования широко применяются методы поверхностного рельефа, а в последнее время — жидкокристаллич. преобразователи. Акустооптич. эффект в жидких кристаллах основан на способности их молекул изменять заданную ориентацию под воздействием УЗ-поля. Изменение ориентации молекул вызывает либо поглощение проходящего света, либо его рассеяние (при работе на отражение), благодаря чему и получается видимое изображение предмета.

Наиб. применение в З. получили методы визуализации, основанные на промежуточном преобразовании акустич. сигналов в электрические с помощью пьезоэлектрич. датчиков, поскольку эти методы обладают самой высокой чувствительностью. Такое преобразование используется в линзовом и локац. З. (рис. 3), для чего в плоскости формирования акустич. изображения устанавливается двумерная матрица *пьезоэлектрических преобразователей*; сигналы с них считываются с помощью электронного коммутатора и подаются на модулятор, управляющий яркостью луча электронно-лучевой трубки, сканирование к-рого по экрану осуществляется синхронно с работой коммутатора. Этот же принцип используется и в голографич. З. с оптич. восстановлением голограмм, с тем отличием, что сигналы с электронного коммутатора подаются на пространственно-временной модулятор когерентного света и управляют либо его локальным коэф. поглощения, либо коэф. преломления. При этом модулятор выполняет роль оптич. голограммы, восстановление изображения по к-рой происходит с помощью когерентного света (рис. 4).

В основе теоретич. описания всех принципов З. лежит аналитич. зависимость между полем источника $u(x)$ и полем $u(x')$ на нек-ром расстоянии R от него (интеграл Кирхгофа). При $R \gg \lambda$ и $D \gg \lambda$ (где λ — длина волны звука, D — входная апертура) поле $u(x)$ и поле $u(x')$ связаны соотношением (преобразование Френеля):

$$u(x') = \int_{x_1}^{x_2} u(x) \exp \left[\frac{ik(x-x')^2}{2R} \right] dx,$$

где x_1 и x_2 — область существования $u(x)$. При $R \gg D^2/\lambda$ это соотношение переходит в преобразование Фурье:

$$u(x') = \int_{x_1}^{x_2} u(x) \exp(ikxx') dx.$$

Эти соотношения лежат в основе всех принципов З., и в частности в методе цифрового восстановления изображений, где для ускорения вычислений используются алгоритмы быстрого *Фурье преобразования*.

Качество звуковых изображений в З. зависит от характера взаимодействия звуковых волн с предметом, от размеров входных апертур D и используемых длин волн λ . В общем случае длины УЗ-волн, используемых в З., гораздо больше, чем длины оптич. волн, и поэтому акустич. изображение предметов будет более «грубым» и содержать гораздо меньше мелких деталей, чем оптическое. Для устранения эффекта ближиковой структуры в З. используют широкополосное излучение (аналог белого света) и освещение предмета

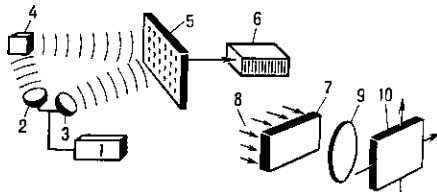


Рис. 4. Схема голографического звуковидения с оптическим восстановлением изображения: 1 — УЗ-генератор; 2, 3 — излучатели; 4 — предмет; 5 — набор пьезоэлектрических преобразователей; 6 — коммутатор; 7 — пространственно-временной модулятор света с электронным управлением; 8 — световой поток от лазера; 9 — проекционная оптич. система; 10 — плоскость наблюдения.

со многих ракурсов (аналог диффузного освещения в фотографии).

Разрешающая способность в З. по поперечной координате δx зависит от волновых размеров B приёмных пространств. детекторов и определяется по ф-ле: $\delta x = \lambda R/D = R/B$, где R — расстояние до предмета, $B = D/\lambda$. Разрешение тем лучше, т. е. δx тем меньше, чем больше B . В практич. З. величина $B \approx 300-400$ (в то время как в оптике $B \approx 10^4-10^5$ и более). По этой причине линзовое З. имеет огранич. применение, т. к. звуковые линзы больших волновых размеров тяжелы, громоздки и вызывают большое затухание УЗ. Разрешение по продольной координате (глубине, дальности) δR также зависит от волновых размеров и расстояния: $\delta R = \lambda R^2/D^2 = R^2/BD$. Оно ухудшается пропорц. квадрату расстояния, поэтому измерение продольных координат осуществляется обычно на расстояниях порядка $R \approx D$, т. е. в непосредств. близости от плоскости приёма. В тех ситуациях, когда объект расположен на расстоянии $R \gg D$, прибегают к импульсному облучению, и в этом случае разрешение по дальности (глубина) тем лучше, чем короче длительность сигнала, а при излучении широкополосных сигналов — чем шире полоса излучаемых частот. Диапазон частот, применяемых в З., весьма широк, и соответственно разные системы З. могут существенно различаться по разрешающей способности (табл.).

В зависимости от частоты и области применения в З. используют разл. типы приёмных и излучающих антенн. На частотах 0,1—2 МГц обычно применяют пьезоэлектрич. керамич. приёмники и излучатели (последние с электронным управлением характеристикой направленности). В системе подводного З. на частотах единиц и десятков кГц используются наряду с пьезокерамич. излучателями магнитострикционными. В сейсмич. голографии в качестве излучателей используют вибраторы, пневматич. излучатели и просто взрывы, а в качестве приёмников — гидрофоны и геофоны.