Эволюция иллюзий

Прозрачный куб, в мерцающей глубине которого видны движущиеся трехмерные образы предметов. Мы столько раз видели подобное в фантастических фильмах, что вряд ли удивились бы, встретив такое чудо техники, скажем, на полке магазина электроники. Увы, до этого еще далеко... Трехмерные дисплеи с объемным экраном, или объемные мониторы - так называют этот класс техники специалисты, - уже существуют в реальной жизни, но пока только в виде макетов, моделей, прототипов.

Экспериментальный демонстрационный макет такого дисплея, оригинальная разработка авторского коллектива ученых из Физического института им. П.Н.Лебедева и Московского инженерно-физического института, стоит на рабочем столе в лаборатории оптоэлектронных процессов ФИАН. Заведующий лабораторией профессор Игорь КОМПАНЕЦ щелкает тумблером, и, подсвеченные лазерным лучом, в воздухе повисают фрагменты трубы, отображаемые тонкими прозрачными пластинками. Требуется воображение, чтобы соединить несколько срезов в общую картину, но в целом понятно: при увеличении числа пластин и приближении их друг к другу труба будет выглядеть "как живая" - ее можно рассмотреть со всех сторон и даже заглянуть внутрь.

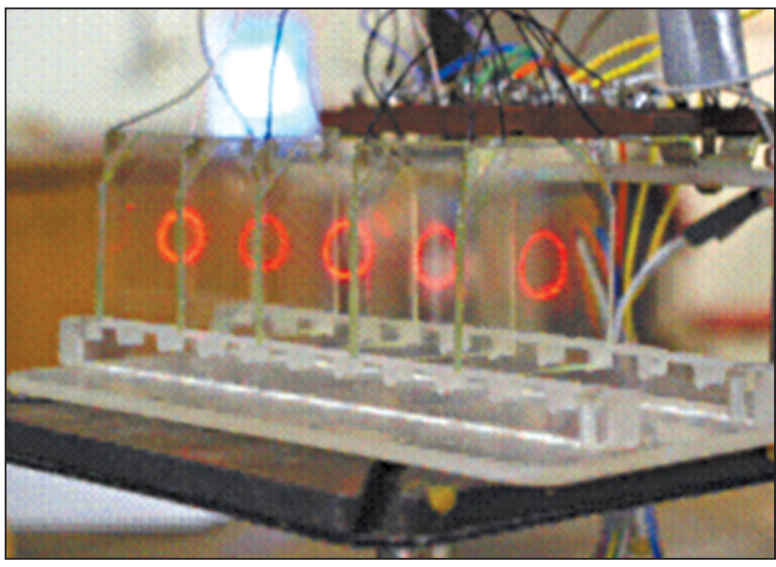
- Решая задачу создания максимально реалистичного объемного изображения, ученые используют разные подходы, - объясняет Игорь Николаевич. - Стереоскопические методы, которые сегодня хорошо развиты, создают лишь иллюзию трехмерности. Компьютер формирует для правого и левого глаза разные планы наблюдения, за счет чего картинка на двухмерном экране кажется объемной. Подавать изображения одно за другим надо очень быстро - со скоростью 25 и более кадров в секунду: тогда человек воспринимает смену планов как один непрерывный образ. Рассматривание таких "искусственных" изображений перегружает зрительную и нервную систему человека. В голограммах реконструируются уже не несколько ракурсов наблюдения, а множество, причем переходы от одного к другому осуществляются непрерывно. Но и в этом методе даже при помощи мощных вычислительных средств трехмерность реализуется лишь для ограниченных углов наблюдения.

- "Живой", приближенный к привычному для нас восприятию световой макет объекта получается только с использованием объемного информационного носителя. Способ, которым это можно сделать, известен давно, - рассказывает И.Компанец. - Надо по очереди - одно за другим - с высокой скоростью подавать изображения сечений предмета в трехмерный экран. Именно над тем, как технически реализовать эту "простую" схему, бьются научные коллективы из разных стран. Определяющие факторы здесь - выбор объемной среды, а также скорость ввода и отображения (визуализации) сигналов.

В ФИАН сделали ставку на самые "быстрые" жидкие кристаллы-смектики с сегнетоэлектрическими свойствами (СЖК), с которыми в лаборатории оптоэлектронных процессов работают уже два десятилетия. На основе этих уникальных материалов ученые создали модуляторы света, "пакет" которых и представляет собой трехмерный экран. В отсутствие электрического напряжения жидкий кристалл-сегнетоэлектрик прозрачен, а при включении проявляет светорассеивающее свойство. Именно в этот момент проецируемое на модулятор изображение сечения предмета (в описываемой модели это делается с помощью лазерной оптической системы, созданной профессором МИФИ С.Гончуковым) становится видимым. Чем больше модуляторов содержит экран и чем быстрее на каждом из них визуализируется свое сечение - тем более глубоким и проработанным окажется изображение объекта внутри объемного экрана.

Особенность полученных в ФИАН жидких кристаллов - их молниеносный переход из одного режима в другой при малых напряжениях, что позволяет в реальном времени (за 1/25 секунды) передать более 100 сечений объекта или 100 планов (по дальности) объемного пространства. При этом и объект, и вся сцена смотрятся как единое целое, более того, их можно разглядывать с разных сторон. СЖК-модуляторы, разработанные в лаборатории И.Компанца, по быстродействию существенно превосходят американские, в которых используется жидкий кристалл другого типа. Чтобы добиться такого результата, российские ученые долго подбирали условия, при которых жидкокристаллические сегнетоэлектрики интенсивно рассеивали бы свет под действием электрического напряжения. Надо учесть, что ранее никто не знал о том, что они обладают такой способностью.

Технология изготовления высокоэффективных электрооптических СЖК-модуляторов - составных частей объемного экрана - тоже ноу-хау ученых ФИАН. Ячейка, которая выглядит как однородная прозрачная пластинка толщиной не больше миллиметра, на самом деле имеет сложнейшую структуру. Это настоящее чудо технологий! В центре своеобразного сэндвича находится слой СЖК толщиной в несколько микрометров, а с двух сторон от него - ориентирующее покрытие толщиной в единицы нанометров (оно выстраивает молекулы СЖК в нужном направлении), диэлектрическая пленка, прозрачный электрод толщиной около 100 нанометров, а еще тонкое стекло с неотражающим слоем.



Полученные экспериментальные результаты подтверждают перспективность идеи создания трехмерного дисплея с объемным экраном на основе сегнето-жидкокристаллических модуляторов света. Определен круг задач, которые предстоит решить для его практической реализации. Это, в частности, создание СЖК-ячеек с максимальным быстродействием и высокой эффективностью светорассеяния, формирование модуляторов на пленочных подложках и увеличение числа модуляторов в пакете, наращивание скорости ввода информации и формирования изображений сечений. Понятно, что коммерциализация такой сложной разработки потребует огромных вложений, поэтому ученые подали заявки на финансирование в различные фонды и в корпорацию РОСНАНО.

Уже сегодня очевидны перспективы использования трехмерных дисплеев с объемным экраном в науке, промышленности, военном деле (аэро- и космической навигации), медицинской томографии, в сфере визуализации различных полей, биологических структур, компьютерном моделировании и конструировании, охранных системах. Бытовые телевизионные приложения, по словам И.Компанца, просматриваются пока хуже: ведь стоимость трехмерных экранов наверняка окажется очень высокой. Однако все мы помним, как компьютер из немыслимо дорогой громоздкой конструкции за десятилетия превратился в небольшую коробочку с доступной для потребителя ценой. Так что вековая мечта телезрителя - оказаться внутри "голубого экрана" и заглянуть за спину героя картины - уже не кажется неосуществимой.

Поможет от помпажа

Помпаж и флаттер (нарушения в режиме работы двигателя и незатухающие колебания элементов конструкции самолета) - опасные явления, хорошо известные в авиации. Они могут привести к поломке двигателя, других значимых деталей самолета и часто становятся причинами авиакатастроф. Суметь предсказать появление первых признаков беды - очень непростая задача.

Одно из направлений создания систем предупреждения помпажа и флаттера связано с применением нового математического метода - вейвлет-анализа. Он был разработан в 1980-х годах в ходе прикладных изысканий в области нефтеразведки. В результате последующих фундаментальных математических исследований были построены вейвлеты ("маленькие волны") - функции, с помощью которых можно изучать локальные характеристики различных сигналов в разных масштабах. Также были доказаны основные свойства вейвлет-преобразований.

Главное достоинство вейвлет-анализа - возможность точного определения момента и места изменения в характере исследуемого сигнала. Это невозможно сделать другими методами, в частности при использовании широко известного Фурье-анализа. О работах по идентификации предвестников помпажа и флаттера, которые проводятся в теоретическом отделе ФИАН, рассказывает заведующий сектором физики высоких энергий института, профессор, доктор физико-математических наук Игорь ДРЕМИН:

- Задачу точного определения момента, когда появляются первые признаки развития флаттера и помпажа, мы решали в сотрудничестве со специалистами из Центрального института авиационного машиностроения в Москве и Летно-исследовательского института им. М.М.Громова в Жуковском.

Во время помпажа в областях за лопатками турбины по разным причинам возникает газодинамическая неустойчивость. Она может быть вызвана, например, снижением притока воздуха, поступающего к расположенной за компрессором газотурбинного двигателя камере сгорания, где за счет сжигания топлива образуется реактивная струя. Высокое давление, образованное ранее в камере сгорания, начинает создавать поток в обратном направлении, через компрессор. И тогда из двигателя вырывается вперед струя огня. Флаттер - тоже очень сложное явление, при котором из-за развития неустойчивости начинается вибрация самолета - крыльев, корпуса, двигателя. В такой ситуации самолет может просто-напросто развалиться.

В ходе стендовых испытаний для идентификации помпажа и флаттера используют датчики, которые стоят в двигателе. Они записывают изменения давления в двигателе и вибрации лопаток. Когда проблемы становятся очевидными, пытаться предотвратить катастрофу уже поздно. Однако за некоторое время до этого уже проявляют себя незаметные глазу, но узнаваемые при вейвлет-анализе показаний датчиков изменения в характере колебаний. В этот момент бортовой компьютер, на котором и проводится анализ, должен вовремя изменить режим полета и работы двигателя. Пока ведутся лишь стендовые испытания. Предстоит еще большая работа по реальному конструкторскому воплощению этих находок в жизнь.

Вейвлет-анализ находит применение для решения многих прикладных задач в разных областях: для сжатия изображений, передачи информации и последующего восстановления с минимальной потерей качества, для распознавания образов (например, в медицине для распознавания различных форм клеток крови), в водной акустике и так далее.

Если говорить о нашей группе, то вейвлеты - это не основная часть нашей работы. Мы теоретики. Наш основной интерес - физика взаимодействий частиц и атомных ядер при высоких энергиях. Но и здесь, в фундаментальной науке, нашлось место для применения вейвлетов. С их помощью мы распознаем разные образы, возникающие из комбинаций большого числа частиц, рождающихся при столкновении частиц и ядер. Именно с этого возник наш интерес к вейвлетам. А прикладные работы, связанные с вейвлет-анализом, появились как побочный (но очень важный!) продукт.