

Феномен XXI века - «Фотоника»



Автор: Горбачев О.В., к.т.н., ТЕХНОПАРК «ДАГОМЫС»

Фотоника представляет собой область науки и техники, связанную с генерацией, распространением, управлением фотонами и их взаимодействиями с веществом.

Фотонные технологии применимы в телекоммуникациях и датчиках (дисплеи, оптоволоконные кабели, приемопередающее оборудование, системы хранения информации, оптоволоконные сенсоры), биотехнологиях (лазерная хирургия, диагностическое оборудование, фототерапия), энергетике (солнечные батареи, солнечные концентрации), промышленном производстве (лазеры для обработки материалов, машинное зрение, оптический контроль качества). Уже сейчас мировой рынок фотоники составляет около триллиона долларов.

В настоящее время переход на технологии, основанные на использовании фотоники, является одним из основных трендов в современных коммуникациях и высокопроизводительных линиях связи информатики и криптографии, квантовой обработки данных, технологиям хранения информации. С распространением облачных технологий, сетевых вычислений и распределенных баз данных роль волоконно-оптических систем связи особенно возрастает. Элементная база волоконно-оптических линий связи включает волоконно-оптический кабель, лазерные полупроводниковые излучатели, ответвители, оптические соединители, устройства приема и обработки сигнала. В настоящее время в мире проложено более 5,5 млрд. км оптического волокна, по которым происходит более 90% глобального информационного обмена. На смену системам с модуляцией мощности, работающими на частоте повторения 10 Гбит/сек, приходят когерентные форматы модуляции с битовыми скоростями 40 и 100 Гбит/сек. В будущем для магистральных ВОЛС основной останется технология 100G, а на городских сетях можно ожидать скорого внедрения систем 200G и 400G, использующих многоуровневые форматы модуляции.

Микроволновая фотоника изучает взаимодействие между оптическим сигналом и высокочастотным (больше 1 ГГц) электрическим сигналом. Эта область включает основы оптико-микроволнового взаимодействия, работу фотонных устройств при сверхвысоких частотах (СВЧ), фотонный контроль СВЧ - устройств, линий высокочастотной передачи и использование фотоники для выполнения различных функций в микроволновых схемах. Через один оптический канал можно передать одновременно сигнал всех радиодиапазонов. Фотонные системы, при прочих равных, могут обладать на несколько порядков большим быстродействием и энергоэффективностью, чем их электронные предшественники.

Нанопотоника - область фотоники, связанная с разработкой архитектур и технологий производства наноструктурированных устройств генерации, усиления, модуляции, передачи и детектирования электромагнитного излучения и приборов на основе таких устройств, а также с изучением физических явлений, определяющих функционирование наноструктурированных устройств и протекающих при взаимодействии фотонов с наноразмерными объектами.

Цель нанопотоники - разработка материалов, имеющих нанометровые размеры (1-100 нм.) с новейшими оптическими свойствами и создание на их основе фотонных устройств. Использование фотонов при передаче и обработке информации позволит добиться существенных преимуществ, благодаря высокому быстродействию и устойчивости фотонных каналов связи к помехам. Нанометрические устройства позволяют успешно решать проблемы, связанные с тепловыделением и электропитанием. Нанопотоника развивается главным образом за счет сочетания электронных и фотонных компонентов, позволяющего использовать все преимущества и того и другого и позволяет создавать:

-эффективные источники когерентного и некогерентного излучения с управляемыми характеристиками;

-устройства отображения информации, включая цифровой голографии, трехмерной фотографии, дисплеи портативных приборов и большие цветные экраны;

-приемники излучения и детекторы нового поколения;

-оптоэлектронные (фотоэлектронные) преобразователи, в том числе компактные фотоэлектрические источники питания и солнечные батареи повышенной эффективности;

-фотонная (оптическая) оперативная и долговременная память;

-устройства оптической обработки сигналов, в том числе оптические регенераторы;

-оптические переключатели и коммутаторы, в том числе для оптической коммутации пакетов;

-оптические соединения между элементами электронных вычислительных машин (между блоками, платами, чипами и элементами чипов);

-оптические вычислительные устройства, в том числе квантовые;

-интегрированные сенсорно-диагностические системы для контроля окружающей среды и состояния человека.

Компьютерная фотоника объединяет современную физическую и квантовую оптику, математику и компьютерные технологии. Компьютерная фотоника включает перспективные методы и технологии компьютерной обработки когерентных и некогерентных изображений, в том числе сформированных в гиперспектральной области и используется в цифровой голографии, трехмерной фотографии.

Квантовая нанотехнология изучает: квантовая телепортация состояний, квантовые вычисления и операции, квантовые вентили(кубиты), квантовые компьютеры на различной физической основе.

Радиофотоника объединяет современную микроволновую фотонику и нанофотонику. Основные направления радиофотоники:

-управление фазированными антенными решетками радиолокационных станций.

- обработка радиосигналов оптическими методами.

-аналого-цифровые сверхбыстрые преобразователи (АЦП и ЦАП).

-радиотехнические системы оптического диапазона с применением микроантен и метаматериалов для приема сигналов терагерцового (ТГц) –диапазона и инфракрасных сигналов.

-гетеродинные оптические приемники.

Оптоинформатика – область науки и техники, связанная с исследованием, созданием и эксплуатацией новых материалов, технологий и устройств передачи, приема, обработки, хранения и отображения информации на основе оптических технологий. Основные источники излучения в оптоинформатике:

-Полупроводниковые лазеры,

-Лазеры на гетероструктурах,

-Лазеры и усилители на основе квантоворазмерных эффектов (на квантовых точках),

-Вертикально излучающие полупроводниковые лазеры,

-Волоконные лазеры и усилители,

-Планарные лазеры и усилители,

-Фотоприемные устройства.

Оптические технологии в вычислительной технике

-Оптические компьютеры аналоговые и цифровые.

Оптическая запись, хранение и считывание информации:

-Оптические дисковые системы записи и хранения информации,

-Магнитооптические технологии,

-Голографические технологии,

-Регистрирующие среды и механизмы записи,

-Пространственно-временные модуляторы на электрооптическом, магнитооптическом и акустоэлектрическом эффектах.

Биофотоника изучает взаимодействие между электромагнитным излучением и тканями,

клетками, субклеточными структурами и молекулами в живых организмах, позволяет производить неинвазивную диагностику кожи, сосудов и кровотока, а также фототермическую, фотодинамическую и тканевую терапию.

Биофотонная визуализация обеспечивает область дерматологии единственным неинвазивным методом диагностики рака кожи. Это дает врачам возможность ранней диагностики и лечения. Оптическая когерентная томография позволяет оперативно отличить здоровую кожную ткань от злокачественной и быстро визуально определять границы между здоровой и нездоровой тканью.

Оптический пинцет использует импульс света для приложения малых сил к образцу для управления микроскопическими частицами, такими как атомы, ДНК, бактерии, вирусы и другие типы наночастиц, что позволяет организовывать и сортировать клетки, отслеживать движение бактерий и изменять структуру клеток.

Лазерный микроскальпель может проникать в ткань на глубину до 250 микрометров и нацеливаться на отдельные клетки в трехмерном пространстве и уничтожать больные или поврежденные клетки, не нарушая и не повреждая здоровые окружающие клетки, например в глазах.

Фотоакустическая микроскопия - это технология визуализации, в которой используются как лазерные, так и ультразвуковые технологии. Этот двойной метод визуализации намного превосходит предыдущие технологии визуализации при визуализации глубоких тканей и сосудистых тканей. Улучшение разрешения обеспечивает более качественные изображения глубоких тканей и сосудистых систем, позволяя неинвазивным способом дифференцировать раковые ткани от здоровых тканей, наблюдая такие параметры, как «содержание воды, уровень насыщения кислородом и концентрация гемоглобина».

Низкоуровневая лазерная терапия полезна для уменьшения воспаления и снятия хронической боли в суставах, а также при лечении тяжелых травм или травм головного мозга, инсульта и дегенеративных неврологических заболеваний. Фотодинамическая терапия использует фотосинтезирующие химические вещества и кислород, чтобы вызвать клеточную реакцию на свет для уничтожения раковых клеток, бактерий, вирусов и грибов, лечения акне и уменьшения рубцов. Эта технология обеспечивает лечение практически без долгосрочных побочных эффектов, менее инвазивна, чем операция, и может повторяться чаще, чем облучение. Однако лечение ограничивается

поверхностями и органами, которые могут подвергаться воздействию света. Фототермическая терапия использует для преобразования света в тепло наночастицы, поглощающие свет в диапазоне 700-1000 нм, где человеческое тело оптически прозрачно. Когда на частицы попадает свет, они нагреваются, разрушая окружающие клетки посредством гипертермии. Поскольку используемый свет не взаимодействует с тканями напрямую, фототермическая терапия имеет мало долгосрочных побочных эффектов и может использоваться для лечения рака глубоко внутри тела.

Биофлуоресценция описывает поглощение ультрафиолетового или видимого света и субпоследовательное излучение фотонов на более низком уровне энергии собственно флуоресцентными белками или синтетические флуоресцентные молекулы и указывающие на заболевание или дистресс флуоресцентного света. Это излучение света наблюдается только тогда, когда возбуждающий свет все еще передает фотоны флуоресцентной молекуле и обычно возбуждается синим или зеленым светом, а излучает фиолетовый, желтый, оранжевый, зеленый, голубой или красный цвет.

Биолазинг - лазерный свет генерируется живой клеткой или изнутри нее. Биолазеры, в качестве усиливающей среды, используют множество естественных флуоресцентных белков. Заключение структуры с оптической обратной связью в ячейку было продемонстрировано с использованием вакуолей ячейки, а также с использованием полностью закрытых лазерных систем, таких как полимерные микросферы, легированные красителем, или лазеры на полупроводниковых нанодисках.

В России ФОТОНИКА официально отнесена к числу приоритетных технологических областей. Однако важно понимать, насколько адекватно отводимое ей место в инновационной политике, в каких направлениях и каким образом Россия способна сделать рывок именно в этом направлении. На вопрос, имеется ли в России необходимый научный и технологический потенциал для развития фотоники, может дать ответ Международная научная конференция «Физика и технологии микроволновой фотоники (ФТМФ-23)»-International Scientific Symposium «Microwave-Photonics Physics and Technologies (MWPPT)» которая будет проходить с 22 по 25 мая 2023 года в Сочи на Федеральной Территории «СИРИУС». Ведущие ученые России в докладах апробируют свои работы, а в дискуссиях будут выработаны дальнейшие направления научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

