

Ученые разработали способ эффективного формирования терагерцовых лучей.

Ученые разработали инновационный способ формирования терагерцовых (ТГц) лучей с помощью устройства на чипе, что может стать значительным прорывом в области беспроводной связи будущего. Новая технология направляет сигналы к конкретным устройствам, делая соединения более устойчивыми и надежными. Прототип чипа способен поддерживать одновременную передачу четырех потоков несжатого HD-видео или восьми беспроводных каналов с пропускной способностью 40 Гбит/с каждый.

Терагерцевые волны занимают промежуточное положение на электромагнитном спектре между оптическими волнами и микроволнами. Частотный диапазон таких волн составляет от 0,1 до 10 терагерц. Хотя эти волны остаются слабоиспользуемыми, они предоставляют более высокую пропускную способность, необходимую для будущих 6G сетей и дальнейших усовершенствований технологий связи.

По словам Ранджана Сингха, профессора электротехники в Университете Нотр-Дам в Индиане и в Наньянском технологическом университете в Сингапуре, терабитные соединения могут поддерживать широкий спектр приложений. Среди них можно выделить более быстрые интернет-соединения, автономные транспортные средства, виртуальную и дополненную реальность без задержек, удаленные операции, умные города и потоковую передачу видео в разрешении 8К или даже 18К.

Для того чтобы терагерцевые волны стали основой беспроводной связи будущего, необходимо найти эффективные способы формирования лучей. "Бимформеры представляют собой умные антенны, которые фокусируют беспроводной сигнал в определенном направлении, а не рассеивают его повсюду", объясняет Сингх. Фокусировка сигнала делает связь более эффективной, направляя его точно туда, где он нужен. Это позволяет сигналу распространяться на большее расстояние и поддерживать лучшее качество даже на дальних дистанциях. Кроме того, такие антенны уменьшают помехи с другими устройствами, делая соединения более стабильными.

Современные терагерцевые бимформеры сталкиваются с множеством проблем, таких как энергопотребление, ограниченная ширина полосы, громоздкость устройств и ограниченное количество направлений, в которых можно направлять лучи. Для решения этих проблем Сингх и его коллеги разработали многоканальный широкополосный терагерцевый бимформер на чипе, способный излучать беспроводной луч в любом направлении вокруг устройства. Разработка основывается на стремительно развивающейся области топологических фотоник.

Топология – это раздел математики, который изучает, какие свойства форм остаются неизменными при деформации. Например, объект, напоминающий пончик, можно деформировать в форму чашки, при этом отверстие в пончике становится ручкой чашки, но его невозможно деформировать в форму без отверстия без разрушения.

Используя знания из топологии, исследователи создали первые топологические изоляторы для электронов в 2007 году. Электроны, перемещающиеся вдоль краев или поверхностей этих материалов, продолжают движение, несмотря на различные препятствия, подобно тому, как форма пончика сохраняется при любых изменениях, если они не добавляют или не удаляют отверстие.

В недавних исследованиях ученые создали фотонные топологические изоляторы, в которых фотоны света аналогичным образом "топологически защищены". Специфические структуры таких материалов направляют определенные длины волн света, позволяя им двигаться без рассеяния и потерь даже при прохождении через углы и несовершенства.

В новом исследовании с использованием нейросетей для проектирования был создан кремниевый чип с рядами треугольных отверстий, чередующихся по ширине от 84,9 до 157,6 микрометра. Эти отверстия были расположены в кластерах, где ряды меньших треугольных отверстий направлены в противоположную сторону от рядов с большими отверстиями. В некоторых кластерах большие треугольные отверстия направлены вверх, в других – вниз.

Свет, проходящий через этот чип, был топологически защищен и двигался по краям между различными кластерами треугольных отверстий. Топологическая защита позволила направлять свет внутри чипа даже через резкие повороты и узкие пространства, что дало возможность уменьшить размер бимформера до размеров самого чипа. Ученые опубликовали результаты своих исследований 14 августа в журнале *Nature*.

Новый топологический бимформер может обеспечить беспроводное соединение чип-чип со скоростью 72 Гбит/с на расстоянии до 30 сантиметров с низкими потерями мощности. Устройство регулирует количество каналов по запросу, используя свет для возбуждения и, таким образом, отключения любого из 48 лучей, которые оно способно излучать.

Ранджан Сингх пояснил, что текущие скорости Wi-Fi требуют 11 минут для загрузки 4K UHD видео, тогда как новый чип на основе терагерцевых лучей позволяет сделать

это всего за 6 секунд.

На данный момент внимание сосредоточено на интеграции терагерцевой электроники и фотоники на одной платформе. Одним из главных вызовов этой работы является нехватка эффективных усилителей мощности и электронных осцилляторов на частотах терагерцев, что значительно ограничивает мощность генерируемых на чипе терагерцевых волн. Будущие исследования должны сфокусироваться на миниатюризации как электронных, так и фотонных компонентов, чтобы достичь достаточной генерации терагерцевых волн, что откроет путь к коммерческой реализации технологий на чипах.