

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ*

И. С. КОВАЛЕВ

Поступило: 25 июля 1972 г.

Представлено: доц. д-р Л. Пасторницки

Чтобы видеть будущее, надо обобщать прошлое. Истина познается в сравнения. Проведем сравнение двух наук — оптики и радиотехники — чтобы познать третью — радиоэлектронику.

В физике самостоятельно развивалось учение об электричестве и магнетизме. Корни его уходят во времена Древней Греции. Но лишь с XVI века, со времен Джильберта (1540—1603) начинается новая эра, в изучении электрических и магнитных явлений. Систематическое же изучение электрических и магнитных явлений начинается лишь с трудов М. В. Ломоносова (1711—1765 гг.).

В 1873 г. Максвелл объединяет накопившиеся к тому времени все опытные данные по электрическим и магнитным явлениям в систему математических уравнений, и создает стройную теорию электромагнитного поля.

Из теории Максвелла вытекала возможность существования электромагнитных волн, скорость которых должна была быть равной скорости света. Это привело Максвелла к утверждению, что световые волны являются электромагнитными волнами.

В 1895 г. П. Н. Лебедев получил электромагнитные волны весьма короткой величины (до 6 мм) и показал полную тождественность полученных им волн световым.

После этого стало очевидным, что свет представляет собой также электромагнитные волны, но с длинами, значительно более короткими, чем даже те, которые были получены Лебедевым (оптический диапазон — 0,4—0,7 микрон). С этого момента оптика стала частью общего учения об электромагнитном поле.

В 90-х годах прошлого века А. С. Попов, работая над длинными электромагнитными волнами, обнаружил их исключительно важное свойство — способность распространяться в условиях, когда распространение волн свето-

* Работа прочтена в октябре 1971 г., в рамках лекции для преподавателей и производственных специалистов, организованной Кафедрой микроволновой техники связи Будапештского Технического Университета.

вых оказывается невозможным. Это явилось началом развития новой области науки и техники — радиотехники. Первая радиосвязь была осуществлена на расстоянии 47 км между островом Готланд и городом Коткой, в феврале 1900 г.

С момента появления первой электронной лампы, появилась возможность многократного усиления и преобразования сигналов, что позволило значительно повысить чувствительность приемника.

Таким образом, оптика и радиотехника, объединенные в начале XX века на основе электродинамики в скором времени разошлись. Причиной этого явилось колоссальное различие в диапазоне длин волн, которыми они занимались.

Основной характеристикой развития радиоэлектроники является освоение все более и более коротковолновых частей спектра электромагнитных волн.

В 30-х годах начинается интенсивное применение длин волн короче 10 м. (УКВ). В течение последних лет техника УКВ быстро шагнула вперед. Освоение новых диапазонов потребовало разрешения принципиально новых вопросов как в области создания генераторов необходимой мощности, так и в вопросах распространения и приема столь коротких волн.

На СВЧ совершенно изменили свой вид колебательные контуры генератора и приемника. Канализуемость столь коротких волн оказалась возможной по металлическим трубам — прямоугольным, круглым, полосковым волноводам.

В радиотехнике появилась новая область — техника СВЧ. Начинается освоение миллиметрового, а затем и субмиллиметрового диапазонов волн.

Таким образом, радиотехника, начав свою деятельность в области весьма длинных волн, уже через 50 лет пришла к диапазону, непосредственно граничащему с оптическим инфракрасным диапазоном

$$(f = 3 \cdot 10^{+12} — 3 \cdot 10^{+14} \text{ гц}).$$

К этому времени граница спектра электромагнитных волн, используемого в оптике, подошла весьма близко к границе спектра радиоволн.

В 1954 г. Басов и Прохоров и независимо от них С. Н. Townes и А. L. Schawlow предложили новый метод генерирования и усиления радиоволн с помощью пучка активных молекул.

В первом квантовом генераторе был использован пучок возбужденных молекул аммиака. Мощность генератора при этом была очень малой, однако он нашел широкое применение в радиотехнике как стандарт частоты и в службе времени. Важно также то, что этот метод дал новую возможность генерирования и усиления не только микрорадиоволн, но также и инфракрасных волн.

В 1960 г. появился первый квантовый генератор на рубине с излучением в видимой, красной части спектра.

Способность лазеров генерировать высококогерентные лучи с большой плотностью потока электромагнитной энергии, создавать узкие диаграммы направленности при малых геометрических размерах антенн открыли большие возможности в радиоэлектронике.

Проникнув в оптический диапазон, радиотехника не только прочно в нем обосновалась, но и начала оказывать существенное влияние на дальнейшее развитие оптики.

Одно из наиболее перспективных направлений исследований — это оптика мощного излучения. При фокусировке излучения современных мощных лазеров можно получить электрические поля с напряженностью порядка 10^7 в/см.

К настоящему времени открыто более сотни типов лазеров, излучающих в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазоне. Однако излучают все эти лазеры на своей фиксированной частоте. Поэтому с одной стороны стоит задача создания мощных лазеров для новых диапазонов длин волн, а с другой — необходимо научиться изменять их частоту.

Один из способов, позволяющих это сделать, — метод преобразования частоты, предложенный учеными МГУ (г. Москва). Например, для системы подводного видения необходимы мощные лазеры, дающие сине-зеленое излучение, поскольку вода прозрачна именно для таких лучей. Применяя умножители частоты, можно получить от мощного инфракрасного лазера излучение, лежащее в зеленом диапазоне.

С помощью метода умножения частоты стали доступны многие участки оптического диапазона. Однако для полного его освоения необходимо иметь генераторы с плавно перестраиваемой частотой. Принцип действия таких генераторов был сформулирован в 1962 г. в МГУ. Спустя три года были созданы и сами генераторы. Генератор с плавной перестройкой частоты коренным образом преобразует такой классический раздел оптики, как спектроскопия.

Новые перспективы открываются и в измерительной технике. В качестве примера можно привести беконтактное измерение состава атмосферы по высоте, что крайне важно для метеорологии.

Радиотехника 50—60-х годов нашего столетия характеризуется главным образом тремя значительными достижениями.

Прежде всего широким внедрением в аппаратуру полупроводниковых приборов. *Вторым важнейшим* достижением было освоение дециметрового и сантиметрового диапазонов частот. Уже сейчас основная часть аппаратуры, выпускаемой промышленностью, определяется диапазоном волн ниже 20 м.

Третьим важным завоеванием надо считать новый статистический подход к системам радио- и электросвязи.

Можно указать по крайней мере 5 важнейших направлений, которые будут характерны для радиоэлектроники через 5—10 лет. *Прежде всего*, это интегральные схемы и пленки.

Второе направление — широкое внедрение электронно-вычислительных машин.

Третье направление связано с развитием квантовой радиоэлектроники. Потенциальные теоретические возможности использования лазера в деле связи поистине непостижимы. Теоретически, при предельном использовании лазера на одном его луче можно передавать одновременно до 100.000.000 телефонных разговоров. Американские ученые утверждают, что один луч лазера может при умелом использовании выдерживать нагрузку, равную единовременной нагрузке всех телеканалов и всех телефонных линий США.

Лазер сейчас позволяет определять расстояние от Земли до Луны с точностью до одного метра. Для передачи сигналов на Луну требуется энергии меньше, чем расходует электрическая лампочка, освещающая комнату.

С помощью лазера решаются задачи геодинамического характера. Точные приборы уже сейчас зафиксировали, что здание МГУ на Ленинских горах дважды в сутки поднимается и опускается на 30 см.

Советские лазерные установки «Квант» — одна из новинок электронной техники. На Полтавском заводе искусственных алмазов (УССР) началось массовое применение луча лазера для сверления алмазов. Сейчас за смену сверлят 250 алмазов вместо 11.

На Петродворцовском часовом заводе в цехе, выпускающем рубиновые камни, отверстия в твердом минерале «прошивают» лазерные автоматы. Эту операцию сейчас выполняют за 1 сек., вместо 9—12 минут. Три лазерные установки заменили 250 громоздких сверлильных станков.

Развитие статистической трактовки приема сигналов привело к *четвертому направлению* развития радиоэлектроники. Сейчас уже ясно, что основной техники связи является передача дискретной информации и связанная с этим импульсно-кодовая модуляция и корректирующие коды. Передача непрерывной информации будет сильно сокращаться.

Наметилось и *пятое направление* — разработка аппаратуры на миллиметровых и субмиллиметровых волнах.

Основное преимущество РЛС миллиметрового диапазона, несмотря на их очевидную зависимость от погодных помех, — наглядность изображения на экране прибора.

Пользуясь как радиотехническими, так и оптическими методами, используя весь богатейший материал этих двух наук, радиоэлектроника приведет к новым открытиям и созданию совершенно новых, еще невиданных приборов и устройств.

«Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем самым свою власть над ней» — говорил Ленин.

Таковы основные направления развития радиоэлектроники.

Резюме

Статья содержит анализ состояния и перспективы развития радиоэлектроники на основе сравнения двух наук — оптики и радиотехники. Исходя из общности уравнений Максвелла для этих двух наук, показано, что из-за большого различия в длинах волн, радиотехнические и оптические устройства и процессы вначале развивались самостоятельно. С одной стороны все более растущая частота, применяемая в радиотехнике, и открытие лазеров в оптике с другой, привело к слиянию этих двух наук. В статье дана история развития радиоэлектроники 50—60 годов нашего столетия и указаны перспективы ее развития, такие как: интегральные схемы и пленки, Э. В. М. квантовая радиоэлектроника, статистический подход к трактовке приема сигналов, разработка аппаратуры на мм- и субмиллиметровых волнах, на ближайшие 5—10 лет.

Проф. д-р Иван Сидорович КОВАЛЁВ
Ректор Минского Радиотехнического Института, СССР.