

СВЧ-КОМПОНЕНТЫ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Куприянович О.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – к. т. н., доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Рассмотрены направления развития компонентов СВЧ-диапазона. Показано, что переход на миллиметровые и субмиллиметровые волны позволяет увеличить пропускную способность каналов связи и создать высокоточные сенсорные системы.

Ключевые слова: сверхвысокие частоты, СВЧ-компоненты, миллиметровые волны, монокристаллический алмаз, микроэлектромеханические системы, нейроморфные вычисления

Введение. Сверхвысокие частоты (СВЧ) являются основой функционирования современных систем беспроводной связи, радионавигации, радиолокации и дистанционного зондирования. В последнее время наблюдается стремительное развитие СВЧ-электроники, где научные открытия напрямую влияют на инженерные решения.

Основная часть. СВЧ – это вид электромагнитного излучения, занимающий в спектре место между радиоволнами и инфракрасным излучением. Диапазон СВЧ охватывает частоты от 300 МГц до 300 ГГц, что соответствует длинам волн от 1 м до 1 мм (рисунок 1) [1].

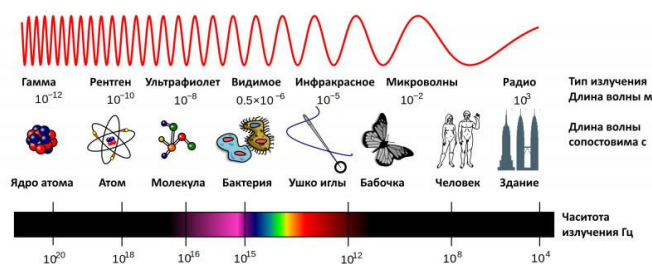


Рисунок 1 – Шкала электромагнитного спектра

Поскольку длина СВЧ-волн является промежуточной между световым излучением и обычными радиоволнами, они обладают свойствами и света, и радиоволн. Например, СВЧ-волны, как и свет, распространяются по прямой, перекрываются твердыми объектами, могут фокусироваться в луч и отражаться [2].

Одним из известных применений СВЧ-компонентов является микроволновая печь [3], однако на практике технологии на основе СВЧ встречаются значительно чаще: Bluetooth, Wi-Fi, спутники прямого вещания и GPS. Кроме того, СВЧ-технологии находят применение в радиоастрономии и спектроскопии, давая возможность ученым исследовать космические объекты и молекулярные строения [4].

СВЧ-компоненты обладают рядом ключевых преимуществ, определивших их широкое распространение. Благодаря высокой частоте они способны передавать значительные объемы информации, что делает их незаменимыми в системах беспроводной связи. Их способность эффективно взаимодействовать с веществом позволяет использовать СВЧ-излучение для нагрева, а возможность фокусировки в узкие лучи – для радаров и спутниковой связи. Кроме того, малая длина волны обуславливает компактность самих компонентов [5].

Однако эти технологии имеют и существенные ограничения. Ключевой недостаток – прямолинейное распространение микроволн, требующее прямой видимости между передатчиком и приемником. Сложность и высокая стоимость проектирования и производства СВЧ-компонентов, а также потенциальные риски для здоровья при длительном воздействии излучения также остаются актуальными вызовами, требующими строгого контроля [6].

Одной из ключевых тенденций развития СВЧ-компонентов является переход на миллиметровые и субмиллиметровые диапазоны. Например, современные сканеры в аэропортах, работающие в миллиметровом диапазоне СВЧ-излучения (70-80 ГГц), активно вытесняют устаревшее рентгеновское оборудование, поскольку позволяют безопасно создавать трехмерные изображения скрытых предметов за счет анализа естественного теплового излучения тела и отраженных микроволновых сигналов [7].

В производстве СВЧ-компонентов классические материалы, такие как кремний или нитрид галлия, все шире замещаются монокристаллическим алмазом. Методы микроволновой химии, способные в десятки раз ускорять химические реакции, открывают новые возможности, такие как переработка отходов и создание экологичных производств. Еще одно перспективное направление – развитие микроэлектромеханических СВЧ-компонентов (МЭМС). Эти детали ориентированы на портативные и мобильные устройства связи. МЭМС характеризуются миниатюрностью, низким энергопотреблением, высокой надежностью и устойчивостью к внешним нагрузкам [7].

Значительным прорывом стало создание микрочипа, который имитирует работу нейронов головного мозга с помощью микроволновых сигналов. Этот чип способен выполнять сложные задачи по обработке информации, такие как распознавание речи и рукописного ввода. Технология открывает путь к созданию нового поколения вычислительных систем, сочетающих высокую скорость обработки данных с энергоэффективностью [8].

Закключение. Ключевыми направлениями эволюции СВЧ-технологий являются освоение миллиметрового диапазона, применение перспективных материалов, например, монокристаллического алмаза, и миниатюризация компонентов на основе МЭМС. Особый потенциал демонстрируют нейроморфные вычисления, где микроволновые сигналы имитируют работу человеческого мозга для эффективного решения сложных задач. Таким образом, СВЧ-компоненты остаются фундаментом для технологического прорыва в таких областях, как связь нового поколения, искусственный интеллект и наукоемкие производства.

Список литературы

1. Microwave transmission [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geeksforgEEKS.org/electronics-engineering/microwave-transmission/>. Дата доступа: 27.11.2025.
2. СВЧ излучение. Физические характеристики. Область применения, в том числе в медицине. Влияние СВЧ излучения на организм. Патогенез воздействия. Профилактика воздействия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/16684112/page:63/>. Дата доступа: 27.11.2025.
3. Прирученные невидимки. Все о микроволновых печах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elremont.ru/small.rbt/rem2.php>. Дата доступа: 27.11.2025.
4. Microwave Technology [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ebsco.com/research-starters/science/microwave-technology>. Дата доступа: 27.11.2025.
5. Микроволны, физические свойства, применение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://focus-msk.ru/mikrovolny-fizicheskie-svoystva-primeneniye>. Дата доступа: 27.11.2025.
6. Выбор технологии СВЧ-транзисторов для использования в усилителях мощности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://microwave-e.ru/components/vybor-tehnologii-svch/>. Дата доступа: 27.11.2025.
7. Перспективы развития СВЧ-компонентов: новые технологии и идеи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://acomsupply.com/perspektivy-razvitiya-svch-komponentov-novye-tehnologii-i-idei/>. Дата доступа: 27.11.2025.
8. Ученые создали первый «микроволновый мозг»: уникальный микрочип [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hi-tech.mail.ru/news/132112-uchenye-sozdali-pervyj-mikrovolnovyj-mozg-unikalnyj-mikrochip/>. Дата доступа: 27.11.2025.

UDC 621.385.69

CHEMISTRY IN DISPLAY TECHNOLOGIES

Kuprianovich O.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bychek I.V. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ETT

Annotation. The directions of the development of the components of the ultrahigh frequency range are considered. It is shown that the transition to millimeter and submillimeter waves makes it possible to increase the bandwidth of communication channels and create high-precision sensor systems.

Keywords: ultrahigh frequencies, microwave components, millimeter waves, single crystal diamond, microelectromechanical systems, neuromorphic computing