

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ, КАК ЭЛЕМЕНТА ФОТОННОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ СИСТЕМ УЛЬТРАШИРОКОПОЛОСНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Семченко А.Ю., студ.; Паслён В.В., зав. каф., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Одной из наиболее быстро развивающихся областей радиоэлектроники является техника антенн и устройств СВЧ. Увеличение числа одновременно работающих радиосистем в диапазоне СВЧ приводит к решению вопроса о электромагнитной совместимости (ЭМС) этих систем. С данной проблемой легко справляются антенны, способные адаптироваться к окружающей обстановке, в частности фотонные антенны.

Традиционная микроволновая антенна имеет коаксиальный или микрополосковой фидерный тракт, который заканчивается СВЧ разъемом. СВЧ сигнал передается к и от антенны с помощью коаксиального кабеля. В фотонной антенне коаксиальный кабель заменен оптическим волокном, в связи с чем необходимо использовать оптоэлектронные компоненты, такие как лазеры и фотодиоды, для преобразования СВЧ сигнала в амплитудно-модулированный оптический сигнал и наоборот.

Концепция фотонных антенн предусматривает использование фотонных элементов в качестве фотоприемных и фотопередающих устройств (рис.1).

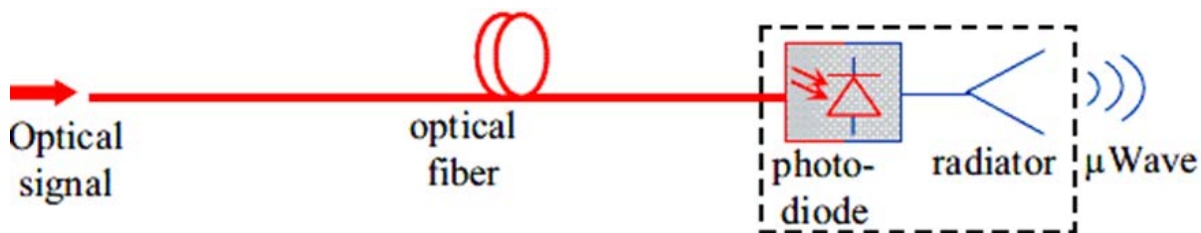


Рисунок 1 – Схема фотонной антенны

Приняты следующие обозначения: Optical signal — оптический сигнал, optical fiber — оптическое волокно, photodiode — фотодиод, radiator — СВЧ излучатель, μ Wave — микроволновое излучение; пунктиром обозначена фотонная антенна.

В фотонной антенне в качестве фидерного тракта используется не коаксиальный кабель, а оптическое волокно, в связи с чем необходимо использовать оптоэлектронные компоненты, такие как лазеры и фотодиоды, для преобразования СВЧ сигнала в амплитудно-модулированный оптический сигнал и наоборот.

Фотонная антенна может быть гибридной (рис.2. а) или интегрированной (рис. 2.б).

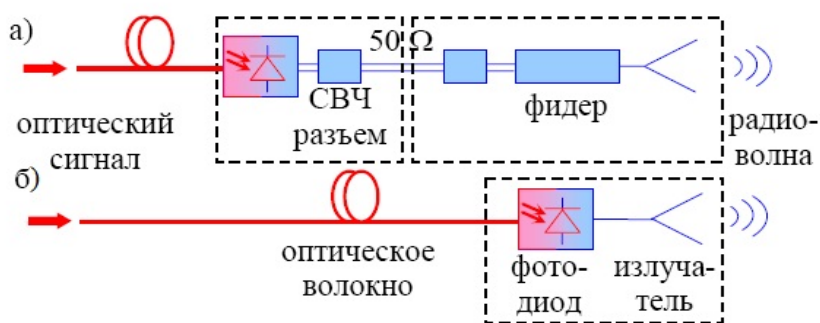


Рисунок 2 – Гибридная (а) и интегрированная (б) фотонные антенны

Гибридная фотонная антенна состоит из двух независимых частей: волоконно-оптического фотодиодного модуля и обычной микроволновой антенны, которые соединяются вместе с помощью СВЧ разъемов. В интегрированной фотонной антенне фотодиод объединен с излучателем антенной таким образом, что генерируемый фотодиодом фототок непосредственно возбуждает антенну.

Интегрированные фотонные антенны обладают следующими преимуществами:

- легкий вес и небольшой размер, так как не требуется металлических коаксиальных кабелей и СВЧ соединителей;
- широкая полоса пропускания, которая ограничена только излучателем антенны;
- невосприимчивость к электромагнитным помехам, что важно для антенных решеток и систем;
- возможность дистанционного управления антенной благодаря низким потерям в оптическом волокне, которые могут быть менее 0.2 дБ/км;
- возможность использования методов оптической обработки и генерации СВЧ сигналов.

В случае интегрированной фотонной антенны фотодиод нагружен непосредственно на входной импеданс микрополоскового излучателя антенны, так как данный тип излучателя поддается модернизации их характеристик без лишних расчетов и затрат. Также микрополосковые антенны в силу своей конструктивной особенности и несимметричности по оси Z имеют более направленную диаграмму излучения по азимуту, чем прочие виды СВЧ антенн (спиральные или вибраторные). Конструкция фотонной антенны с микрополосковым излучателем представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Вид спереди и сзади интегрированной фотонной антенны

Эквивалентная электрическая цепь исследуемой интегрированной фотонной антенны для высоких частот состоит из импеданса Z_i , представляющего микрополосковой излучатель, источника тока I_{ph} , емкости р–n-перехода C_{pn} (0.07 пФ), сопротивления р–n-перехода R_{pn} и последовательного сопротивления R_s (3 Ом), вместе представляющими кристалл фотодиода, индуктивности соединительной проволоки L_s (0.5 нГн), емкости C_p (0.5 пФ) и индуктивности L_p (3 нГн) корпуса фотодиода. Из эквивалентной электрической цепи можно видеть, что эффективная мощность излучения фотонной антенны зависит от согласования импедансов фотодиода и микрополоскового излучателя. Так как входной импеданс излучателя Z_i зависит от положения точки возбуждения df , то существует оптимальная точка возбуждения, обеспечивающая самую высокую эффективность антенны в пределах самого широкого диапазона частот. Так как сопротивление р–n-перехода R_{pn} при напряжении обратного смещения 5 В составляет величину более 1 кОм, то входной импеданс фотодиода Z_{PD} является реактивным и изменяется от 22 до 80 Ом в частотном диапазоне от 4.5 до 6.5 ГГц. Сопротивление входного импеданса Z_i увеличивается для более высоких 254 частот, что приводит к улучшению согласования с импедансом фотодиода. Однако мнимая часть импеданса показывает нежелательное изменение от индуктивного до емкостного поведения.

Таким образом, и активное, и реактивные сопротивления изменяются с частотой, что приводит к зависимости эффективности фотонной антенны от частоты. В связи с вышесказанным точка возбуждения была выбрана в положении $df = 2.3$ мм, где активное сопротивление микрополоскового излучателя увеличивается с частотой монотонно, в то время как реактивное сопротивление имеет емкостной характер и минимальное изменение с частотой. Точка подачи электропитания была выбрана в положении $dDC = 7.1$ мм, где активное сопротивление излучателя равняется нулю, что приводит к отражению СВЧ сигнала

В программе электродинамического моделирования HFSS было проведено моделирование микрополосковой антенны с дальнейшим изучением характеристик её диаграмм направленности (рисунок 4).

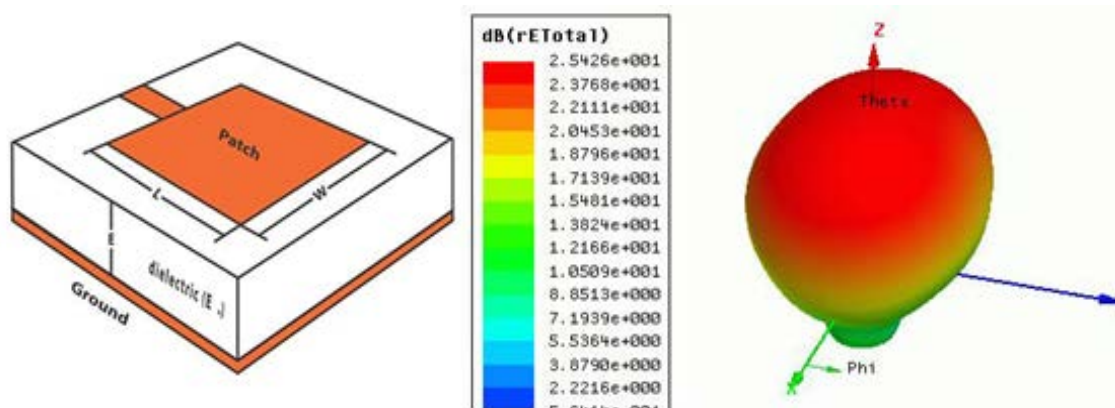


Рисунок 4 – Моделирование микрополосковой антенны в программном продукте электродинамического моделирования HFSS

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: тепловые потери в микрополосковых антеннах играют важную роль и должны учитываться при их проектировании; полоса пропускания антенны существенно влияет на её КПД. Соответственно, эффективность интегрированной фотонной антенны может быть увеличена посредством оптимального выбора точки возбуждения микрополоскового излучателя, где достигается наилучшее согласование входных импедансов фотодиода и излучателя (без СВЧ согласующих цепей и усилителей).

Углубленное исследование свойств фотонных антенн позволяет подтвердить или опровергнуть эффективность использования таких устройства в системах связи при различных эксплуатационных условиях. Использование таких антенных систем в системах радиосвязи с оптическими магистралями позволяет существенно упростить оконечное оборудование линии связи телекоммуникационных систем волоконно-эфирной структуры.

Перечень ссылок

1. Гоголенко, Е. Ю. Всенаправленная активная фотонная антенна / Е. Ю. Гоголенко, В. В. Паслён // Матеріали 7-ої міжнар. молодіжної наук.-техн. конф., Севастополь 11 — 15 квітня 2011 р. — Севастополь : СевНТУ, 2011. — С. 221.
2. Гоголенко, Е. Ю. Устройство для преобразования лучистой энергии в энергию оптического излучения / Е. Ю. Гоголенко // 15-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»: Сб. материалов форума. Т.3. – Харьков: ХНУРЕ, 2011. – С. 109–110.
3. Панченко, Б. А. Микрополосковые антенны / Б. А. Панченко, Е. И. Нефёдов. – Москва : Радио и Связь, 1986. – 144 с.