

«Сейфуллин окулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.1, Ч.VI. – С.50-53

ПАТЧ-АНТЕННЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ МЕТАМАТЕРИАЛОВ

*Шоханова Т.И., магистрант 2 курса
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан*

В данной работе представлена микрополосковая антенна на основе метаматериалов (МТМ). Предлагаемая антенна показала несколько резонансов в диапазонах частот ВАН и ISM. Антенна показала подходящее усиление для коротких и средних систем беспроводной связи около 1 дБи, 1,24 дБи, 1,48 дБи, 2,05 дБи и 4,11 дБи на частотах 403 МГц, 433 МГц, 611 МГц, 912 МГц и 2,45 ГГц соответственно. Антенна была напечатана с использованием чернил с нано-частицами серебра на полимерной подложке. Размер антенны уменьшен до 20×10 мм² для различных миниатюрных беспроводных биомедицинских устройств. Изготовленный прототип был испытан экспериментально на человеческом теле. Главное новшество в этом дизайн заключается в его способности подавлять поверхностную волну от краев патча, значительно уменьшая обратное излучение на тело человека при использовании вблизи него. Антенна располагалась на голове человека для определения удельной скорости поглощения (SAR). Во всех случаях было установлено, что предложенная антенна показала низкое влияние SAR на организм человека.

Ключевые слова: SAR; гибкая антенна; носимый; МТМ.

В последнее десятилетие миниатюризация электронных систем привела к увеличению спроса на носимые устройства, которые могут контролировать функции человеческого тела. Таким образом, носимые системы управления здоровьем стали наиболее привлекательной областью для исследователей. Это связано с тем, что такие носимые устройства могут функционировать достаточно хорошо, чтобы заменить несколько медицинских инструментов при встраивании в умную одежду. Чтобы применить такую технологию, исследователи разработали множество миниатюрных антенн с адекватными характеристиками.

Однако для использования носимых систем в биомедицинских приложениях необходимо учитывать несколько практических характеристик конструкции антенны, таких как малый размер, малый вес, потребляемая мощность и гибкая структура. Для этого был введен ряд микрополосковых антенн как одной из наиболее желательных категорий для носимых приложений, когда они устанавливаются близко к человеческому телу [1].

С большими достижениями в технологиях носимых антенн наблюдается значительный прогресс в их использовании для

имплантируемых устройств. Тем не менее, работа антенн в низкочастотных диапазонах с миниатюрными размерами для носимых устройств без ущерба для эффективности излучения и коэффициента усиления является одной из наиболее актуальных проблем на современном уровне техники. Для решения такой проблемы были предприняты различные попытки уменьшить размер носимых антенн с помощью реактивных нагрузок, используя материалы с высокой диэлектрической проницаемостью и с помощью переходных отверстий, короткие посты фрактальной геометрии для увеличения текущего пути, когда были применены упомянутые методы, размер антенны был значительно уменьшен. Однако возникли различные трудности, такие как уменьшение полосы пропускания, сложность конструкции и ухудшение коэффициента усиления.

С другой стороны, благодаря свойствам тканей человека, которые обладают высокой диэлектрической проницаемостью, когда человеческое тело подвергается воздействию электромагнитных волн, излучаемых носимой антенной, тело поглощает большое количество этой энергии. Как известно, параметры носимой антенны заметно снижаются при ее функционировании вблизи тела человека, что вызывает существенные проблемы в области беспроводной связи. Кроме того, электромагнитные волны, поглощаемые человеческим телом, оказывают нежелательное воздействие на окружающую среду и биологическое воздействие. В прошлом было разработано несколько типов носимых антенн. Авторы разработали компактную треугольную патч-антенну, однако антенна имеет очень узкую рабочую полосу пропускания. Однако спроектированная антенна имела очень низкую относительную ширину полосы пропускания (6% на центральной частоте 5,825 ГГц). Несколько других носимых антенн, таких как антенны на основе электромагнитной запрещенной зоны (EBG) и антенны на основе интегрированных в подложку волноводов были разработаны, однако все эти антенны имеют узкую полосу пропускания [2].

В этой статье низкопрофильная и гибкая носимая антенна с печатным рисунком была разработана для диапазонов ISM, включая 403 МГц, 433 МГц, 611 МГц, 912 МГц и 2,45 ГГц, для приложений удаленного мониторинга здоровья. В основе антенны лежит полиамидная подложка, известная своей гибкостью и прочностью. Характеристики предложенной антенны были приемлемыми с точки зрения коэффициента усиления, рабочей полосы пропускания и эффективности в сценариях изгиба. Кроме того, антенна имеет соответствующий коэффициент усиления, приемлемую полосу пропускания и высокую эффективность при ношении на теле. Кроме того, антенна имеет достаточно низкое значение SAR при установке на теле человека.

Геометрия антенны

Антенна изготовлена из МТМ-патча с комплементарной фрактальной геометрией Минковского для реализации многочастотного резонанса в миниатюрном размере. Патч питается копланарным волноводом (CPW) 50 Ом для достижения превосходного согласования в нескольких диапазонах.

Введены две согласующие цепи между патч-структурой и плоскостью заземления CPW для уменьшения эффектов отражения. Тем не менее, преимущество добавления этих согласующих цепей заключается в подавлении поверхностных волн вдоль краев патча [3]. Наконец, структура антенны печатается проводящими чернилами на основе наночастиц серебра с проводимостью около $1,3 \cdot 10^6$ с/м. Новизна предлагаемой конструкции заключается в том, что с учетом дополнительной геометрии Минковского такая структура может доминировать над магнитным полем, а не над электрическим полем. Следовательно, воздействие SAR на ткани человека будет незначительным, если проницаемость человеческого тела равна единице.

Характеристики МТМ

Предлагаемая МТМ определяется как субволновая композиция правосторонних структур с отрицательными значениями ϵ_r и μ_r в интересующих полосах частот. Резонансная частота предлагаемой элементарной ячейки МТМ зависит от высоты и диэлектрической проницаемости подложки. Таким образом, CSTMWS на основе метода конечных интегралов (FIT) был вызван для исследования предлагаемого поведения МТМ с точки зрения S-параметров и диаграммы рассеяния. Предложенная элементарная ячейка вытравливается из плоскости заземления линии передачи для получения квази-ТЕМ-подобных мод. В этом моделировании верхняя и нижняя грани оси Y считаются идеальными электрическими проводниками (ПЕС). Две другие грани по оси абсцисс выполнены как идеальные магнитопроводы (ПМК). Портам волновода назначены оси z. Важно отметить, что предлагаемая элементарная ячейка перпендикулярна портам возбуждения. Это было принято во внимание, поскольку предлагаемая элементарная ячейка вытравливается с поверхности заплатки, в которой электрическое поле было бы перпендикулярно поверхности заплатки.

Здесь предложенная структура элементарной ячейки характеризуется S-параметрами, S_{11} и S_{12} , а также дисперсионной диаграммой. Предлагаемая элементарная ячейка показывает более чем один частотный резонанс в интересующей полосе пропускания. Авторы рассматривали эту элементарную ячейку, как объяснено [4]. Поэтому, исходя из результирующего изменения скорости волны для такой элементарной ячейки в первой бриллионной зоне. А можно оценить ширину запрещенной зоны распространения волны. Из наблюдаемых результатов впервые поперечные электрические и магнитные моды, предложенная элементарная ячейка показывает запрещенную зону между частотным диапазоном 1 ГГц и 2,43 ГГц, что делает его хорошим кандидатом для таких приложений.

Экспериментальные результаты и обсуждение

Придя к оптимальной конструкции антенны, авторы решили изготовить антенну, как показано на рисунке 1. Предлагаемая антенна была изготовлена с использованием проводящих чернил из наночастиц серебра, напечатанные на принтере материалов Fujifilm Dimatix. Изготовленная

антенна прошла экспериментальные испытания, в том числе: спектр S11, диаграммы направленности и утечки излучения поля.

В процессе измерения авторы использовали радиочастотный блок с 50 коаксиальными кабелями, подключенными к профессиональному сетевому анализатору семейства Agilent.PNA 8720. Антенные измерения проводились внутри безэховой камеры RF следующим образом:

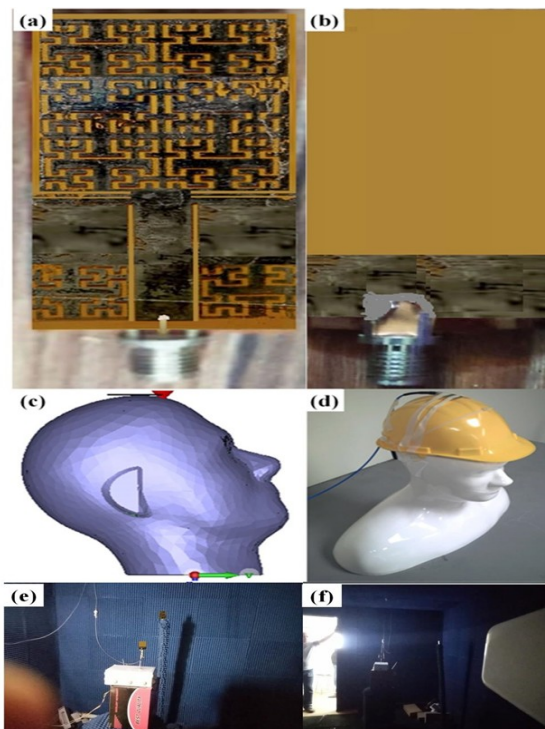


Рисунок 1. Изготовленный прототип антенны: (а) вид спереди, (б) вид сзади, (в) модель ЗУР внутри CSTMWS, (г) модель ЗУР во время экспериментальных измерений, (д) измерение усиления антенны и (е) измерение диаграммы направленности

Характеристики антенны

Предлагаемая антенна была изготовлена и испытана. При этом были измерены спектры S11 и диаграммы направленности предлагаемой антенны в разных диапазонах частот с разными сценариями изгиба в свободном пространстве. Позже те же измерения были проведены еще раз, когда антенна была установлена близко к голове человека. Предлагаемая антенна была измерена в диапазоне частот от 0,1 ГГц до 3 ГГц. Спектры антенны S11 были измерены для изогнутого профиля под углом 15° и плоского корпуса, в котором она была установлена на голове человека. На рисунке 2, спектр антенны S11 представлена в свободном пространстве на основе плоского корпуса. Было обнаружено, что предложенная антенна показала частотный резонанс на частотах 403 МГц, 433 МГц, 611 МГц, 912 МГц и 2,45 ГГц со значением S11 ниже 10 дБ. Впоследствии, когда антенна была подвергнута изгибу на 15°, антенна S11 и значения частотного резонанса существенно не пострадали, как видно на рисунке 1 (б), что согласуется с результатами предыдущего раздела. После этого антенна на основе плоского профиля была

установлена близко к голове человека, чтобы оценить наличие эффектов на ткани человека по спектрам антенны S_{11} , как показано на рисунке 1. Далее, когда антенна подвергалась изгибающим воздействиям и размещалась на голове человека, спектр антенны S_{11} , как правило, существенно не менялся, как это представлено на рисунке 2.

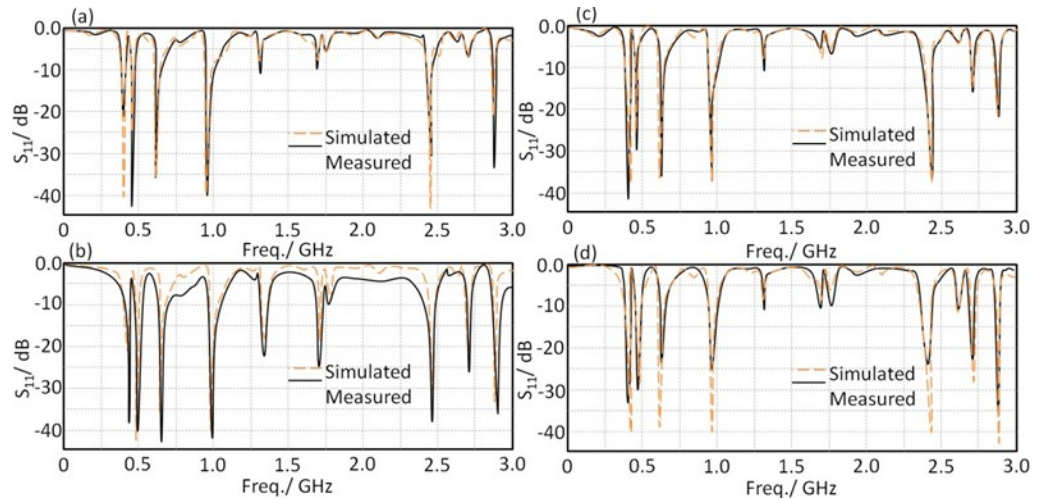


Рисунок 2. Спектры антенны S_{11} для двух предложенных профилей: (а) плоский в свободном пространстве, (б) плоский на голове человека, (в) изогнутый в свободном пространстве и (г) изогнутый на голове человека

Список использованной литературы

1 Имран А.И., Элви Т.А. О не искаженности носимой сверхширокополосной антенны из метаматериала в форме гильберта для приложений с низким энергопотреблением: прог. Электромагн. - Рез. М 2021, 101, 219–239 с.

2 Аль-Дулайми З., Элви Т.А., Атилла, Д.С. Проектирование монополярной антенной решетки меандровой линии на основе гильбертовой полосы подавления для приложений ММО: IETE J. Res. 2020, 1–10 с.

3 Ли Дж. Компьютерное моделирование и симуляция системы охлаждающего вентилятора: в материалах Международного симпозиума по информационной инженерии и электронной коммерции 2011 г. (IEEC2011), Сан-Хосе, Калифорния, США, 5–9 июня 2011 г.

4 Элви Т.А., Аль-Риззо Х.М., Ракер Д.Г. Влияние скручивания и изгиба на производительность миниатюрного усеченная синусоидальная печатная антенна для носимых биомедицинских телеметрических устройств: АЕУ-Международный Дж. Электрон.коммун. 2010, 13, 1–12 с.