

М. М. Деркач¹, П. А. Туральчук², И. В. Мунина²

¹ ОАО " Научно-производственное предприятие "Радар ММС""

² ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

СВЧ антенна ближнего поля для систем радиочастотной идентификации объектов на основе пассивных элементов на ПАВ

Предложены конструкции антенн ближнего поля СВЧ диапазона для систем радиочастотной идентификации объектов (РЧИД) на основе пассивных элементов на поверхностных акустических волнах (ПАВ), предназначенных для работы в ближней зоне на частоте 915 МГц. Изготовлены конструкции антенны радиометки и антенны считывающего устройства в планарном исполнении. Габаритные размеры радиометки не превышают 20x10 мм². Проведены экспериментальные исследования системы РЧИД с использованием ПАВ радиодатчика. При дистанции считывания ПАВ радиодатчика 8 см и уровне мощности сигнала 23 дБм уровень мощности отраженного сигнала составил 70 дБм.

Ключевые слова: СВЧ-антенны, радиочастотная идентификация объектов, датчики на поверхностных акустических волнах

Введение

В связи с интенсивным развитием систем радиочастотной идентификации (РЧИД), функционирующих в диапазоне УКВ и СВЧ (434, 868, 915 и 2450 МГц), проявляется интерес к разработке пассивных радиометок (маркеров), применяемых для идентификации специфических объектов, таких как емкости, содержащие жидкости, ювелирные изделия, лекарственные средства и т.п. При этом основными критериями при разработке радиометок являются миниатюрные размеры и возможность считывания информации радиометки независимо от диэлектрических свойств среды. В настоящее время рядом разработчиков компонентов систем РЧИД предложены конструкции антенн для радиометок и считывателей, работающие в ближнем поле. Как правило, используются электрически малые рамки, взаимодействующие за счет магнитной связи, что исключает влияние диэлектрических свойств среды на прохождение сигнала. Тем не менее, магнитное поле убывает по закону третьей степени от расстояния от антенны [1-3]. Как правило, РЧИД системы ближнего поля СВЧ диапазона работают в пределах дистанции до 0.5 метров [3] с использованием стандартных считывателей мощностью 1-3 Вт.

Главным достоинством устройств на ПАВ является простота осуществления задержки сигнала запроса на время, необходимое для затухания нежелательных отраженных сигналов. Их принцип действия основан на волновых процессах в пьезоэлектрических кристаллах, в противоположность физике полупроводников у радиометок на основе интегральных схем (ИС). Также не требуется источника питания постоянного тока, потому что они полностью пассивно запасают, отражают и переизлучают сигнал запроса. Кроме того, сигнал запроса может быть на порядок меньше по мощности, чем в случае использования ИС. Если речь идет о резонаторах на ПАВ, то их существенным преимуществом является возможность «накачивать» энергию в резонатор. В то же время, однако, они не лишены недостатка – им требуется значительно больше энергии для начала работы, чем ПАВ радиометкам. Таким

образом, использование элементов на ПАВ в составе радиометок имеет ряд преимуществ по сравнению с пассивными полупроводниковыми интегральными датчиками.

Конструкция магнитной рамки и результаты моделирования.

Миниатюрная конструкция магнитной рамки была реализована в планарном исполнении в виде нескольких витков спирали. Расчеты проводились с использованием ПО Ansoft HFSS. Для того чтобы обеспечить равномерное распределение тока вдоль рамки и, тем самым, создать интенсивное магнитное поле в ближней зоне магнитной рамки в конструкцию встроены емкостные элементы. Кроме того, емкостные элементы позволяют компенсировать индуктивную составляющую импеданса электрически малой рамки и, таким образом, согласовать рамку с импедансом ПАВ элемента на рабочей частоте. На рис. 1 представлена конструкция магнитной рамки с емкостными элементами, выполненными в виде сосредоточенных элементов. Емкость конденсаторов составила 0.5 пФ. Размер подложки не превышает 10 x 20 мм². Материал подложки - кварц толщиной 0.5 мм. Частотная зависимость коэффициента отражения магнитной рамки представлена на рис. 2. Рамка согласована с 25 Ом импедансом элемента на ПАВ на частоте 915 МГц.

Использование нескольких витков позволяет существенно увеличить напряженность магнитного поля в ближней зоне рамки, и в результате расширить дальность действия

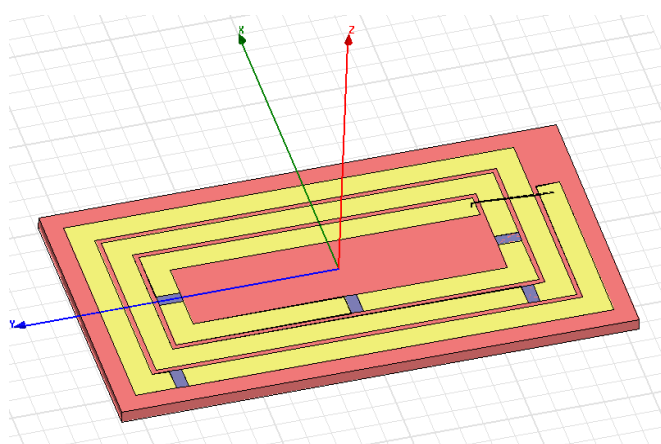


Рис. 1. Конструкция трехвитковой магнитной рамки для ПАВ маркера

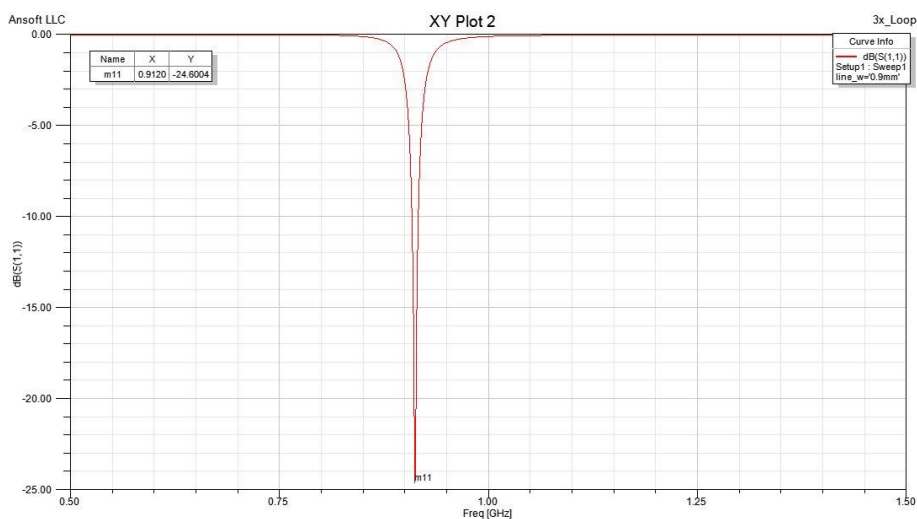


Рис. 2. Частотные характеристики модуля коэффициента отражения магнитной рамки

системы. На рис. 3 представлены диаграммы распределений напряженности магнитного поля в плоскости перпендикулярной подложки для трехвитковой и одновитковой рамок. На представленных диаграммах для трехвитковой конструкции наблюдается более значительная интенсивность магнитного поля. Дальнейшее увеличение количества витков позволит еще увеличить интенсивность магнитного поля в ближней зоне рамки, но приведет к существенному увеличению габаритных размеров.

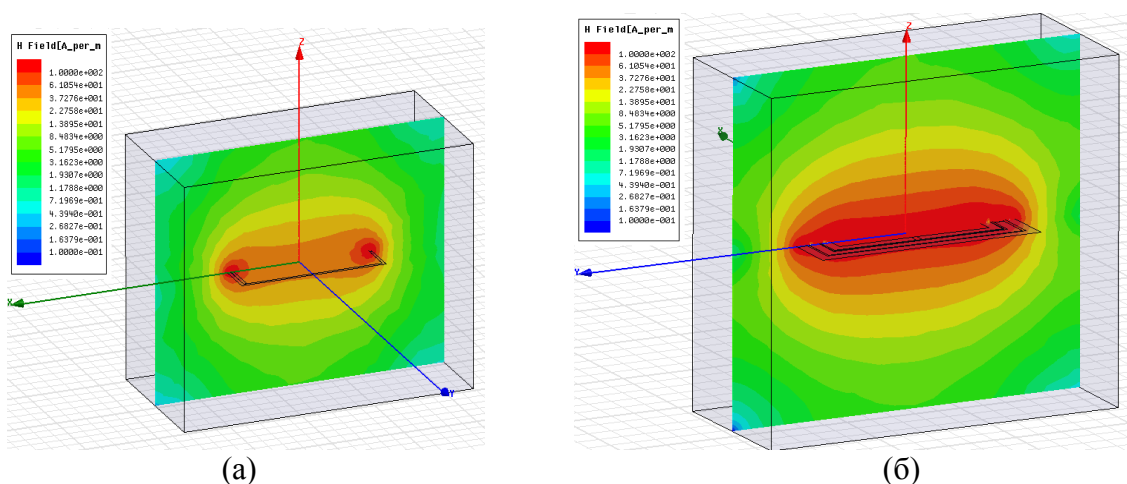


Рис. 3. Распределение напряженности магнитного поля в плоскости XZ для одновитковой магнитной рамки (а) и трехвитковой рамки (б)

Изготовление и измерения

Рамочная антенна для резонансных ПАВ элементов была изготовлена с использованием прямой фотолитографии на кварцевой подложке. Первоначально на поверхность стандартной подложки толщиной 0.5 мм и диаметром 76 мм производилось напыление металлического слоя меди с подслоем хрома, затем производилась фотолитография и травление. ПАВ элемент состоял из двух резонаторов и коммутировался с антенной короткими золотыми проводниками. ПАВ маркер показан на рисунке 4.

Для оценки дистанции считывания была изготовлена рамочная антенна считывателя. Фотография и измеренные характеристики антенны считывателя, выполненной в планарном исполнении на диэлектрической подложке FR4, представлены на рис. 5. Размеры антенны считывателя не превышают 70x70 мм². Габаритные размеры подложки 10x10 см². Емкостные элементы, обеспечивавшие необходимое распределение тока в рамке, выполнены в виде зазоров между полосками. Для согласования антенны с несимметричной коаксиальной линией использовалось симметрирующее устройство, выполненное на сосредоточенных элементах. АЧХ рамочной антенны измерялись с помощью векторного анализатора цепей Rohde&Schwarz ZNB4.

Измерения ответного отклика ПАВ маркером проводились с помощью осциллографа Agilent Technologies Infiniium DSO80304B и генератора Agilent Technologies NS181A. Уровень мощности составил 23 дБм (200 мВт), что достаточно хорошо имитирует реальную РЧИД систему (27-33 дБм). Центральная частота резонансного отклика ПАВ-радиометки – 913 МГц. Дальность считывания составила 8 см при уровне мощности отклика –70дБм. АЧХ

ответного отклика ПАВ маркера и ее математическая обработка встроенными средствами осциллографа представлены на рисунке 6.

В отличие от рамочной антенны датчика, рамочная антенна ближнего поля для считывателя имеет достаточно широкую рабочую полосу – примерно 3 %, хорошо покрывающую рабочий диапазон системы 902-928 МГц.

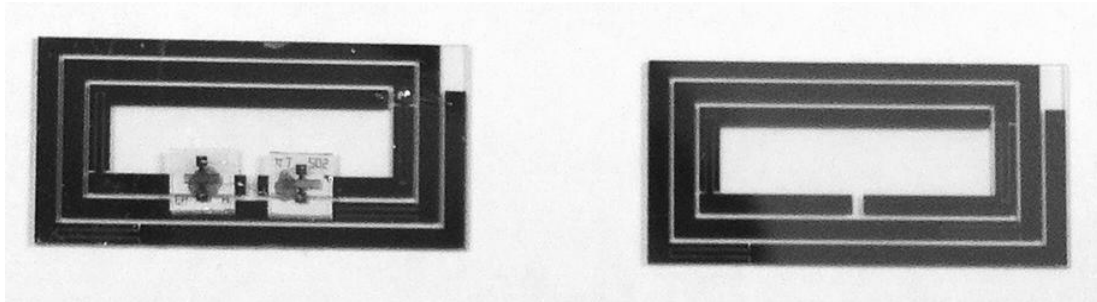


Рис.4. Антенна ближнего поля ПАВ маркера

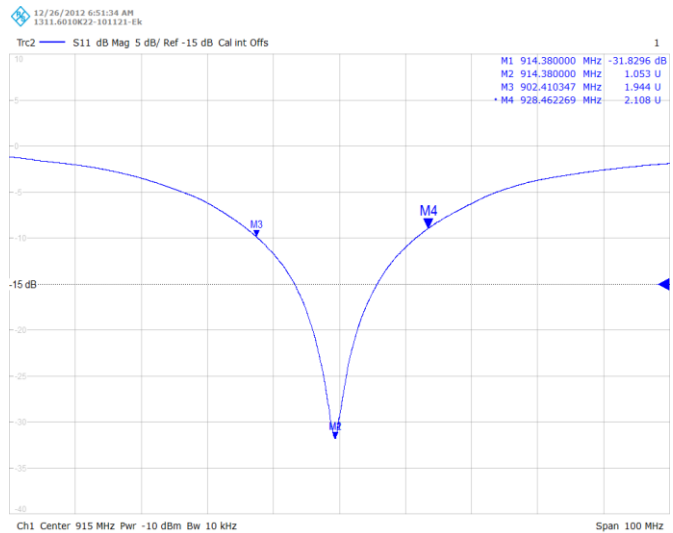


Рис. 5. Фотография и частотная характеристика модуля коэффициента отражения рамочной антенны ближнего поля для считывателя

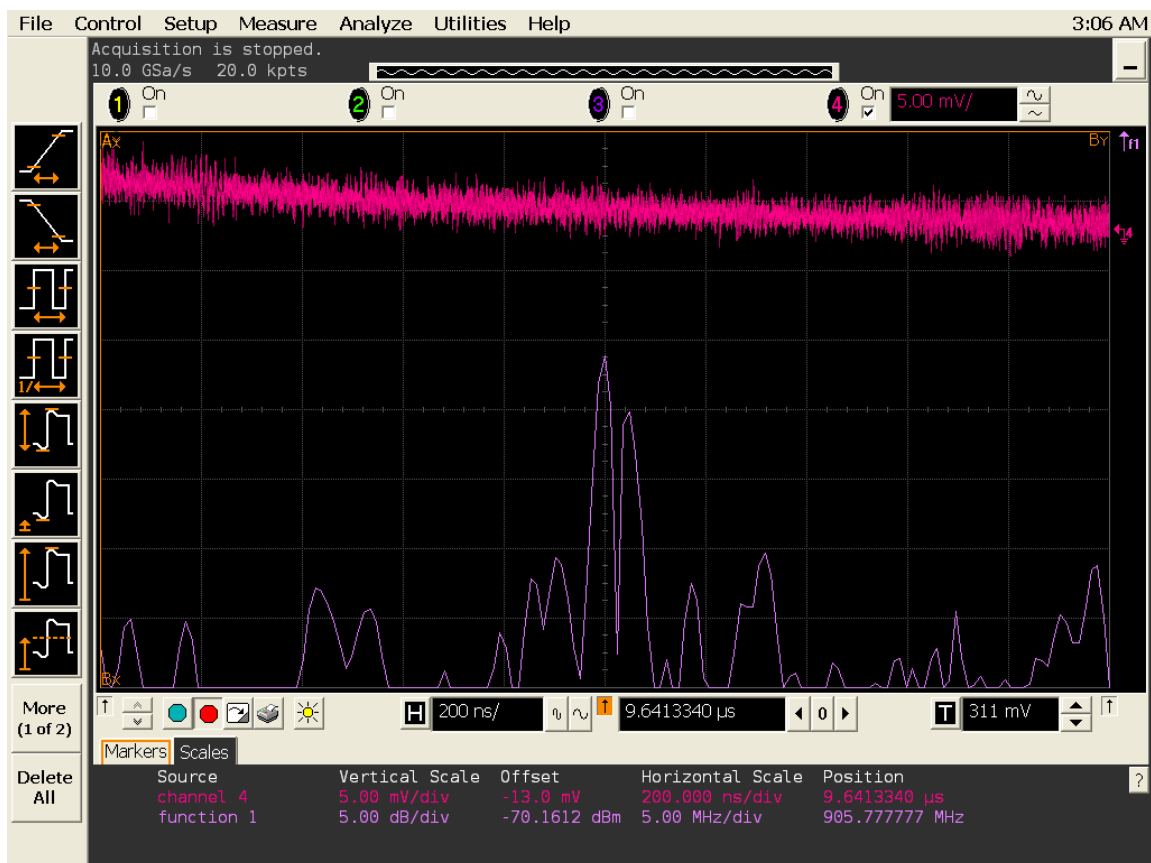


Рис.6. Вид АЧХ на экране осциллографа и математическая обработка результатов измерений (два пика посередине – импульсный отклик резонаторов на ПАВ)

Выводы и анализ результатов

Принципиальной особенностью системы ближнего поля является отсутствие влияния электрических параметров среды (диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь) на прохождение сигнала. Но остается влияние этих параметров на импеданс антенны, что может быть учтено при разработке антенн.

В работе были разработаны и изготовлены конструкции антенн для ПАВ радиометок и считывающего устройства, функционирующих в ближней зоне на частоте 915 МГц. Включение емкостных элементов позволило обеспечить согласование с чисто активным сопротивлением ПАВ датчика и считывающего устройства, соответственно, и равномерное распределение тока вдоль рамки. Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали устойчивый отклик ПАВ-маркера на расстоянии 8 см от антенны считывателя при уровне мощности генератора 23 дБм. При этом уровень мощности отклика ПАВ-маркера составил – 70дБм.

Библиографический список

1. C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, New York: Wiley, 2005.
2. Xianming Qing, Chean Khan Goh, Zhi Ning Chen. A Broadband UHF Near-Field RFID Antenna. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, vol. 58, № 12, 2010 – pp. 3829-3838.
3. Dimitri Desmons UHF Gen 2 for Item-level tagging. Impinj presentation, RFID WORLD, 2006, 24 P.