

Метки радиочастотной идентификации низкой стоимости на основе метода частотного различения

В.А. Неганов, А.М. Плотников

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
443010, Россия, г. Самара
ул. Л. Толстого, 23

Предложены метки радиочастотной идентификации без микрочипа (англ. Chipless RFID-Tags), имеющие очень низкую стоимость изготовления и простой производственный цикл по сравнению с аналогичными российскими и зарубежными разработками. Приведен простой алгоритм синтеза геометрии меток и результаты численного электродинамического моделирования в пакете CST Microwave Studio. Применяемый метод идентификации предполагает использование частотного различения кода и измерение поля обратного рассеяния меток.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, метка, считыватель, метод частотного различения, Ink-Jet печать, АЧХ, диаграмма направленности.

Введение

Системы автоматической идентификации и регистрации объектов на основе радиоволн (англ. Radio Frequency Identification Systems, RFID-системы) получили широкое распространение в начале 90-х годов XX века. По сравнению с уже существовавшими тогда методами идентификации по штрих-коду или по магнитной полосе RFID-системы обладали рядом существенных преимуществ. Они позволили значительно ускорить процесс автоматической идентификации, не требовали специального расположения объекта относительно считывающего устройства (далее – считывателя), как в системах со штрих-кодом, были более надежными, долговечными и защищенными, чем системы с магнитной полосой.

Следующим шагом в развитии RFID-систем стало применение пассивных идентификационных меток (далее – RFID-метки, транспондеры), т. е. меток, не имеющих в своем составе источника питания, а работающих от энергии принимаемого электромагнитного поля считывателя.

Класс RFID-систем на основе метода частотного различения (ЧР) на сегодняшний день является наименее развитым, не проработанным и практически не применяется в эксплуатации в сравнении, например, с альтернативными классами на основе метода кодового (КР) и временного (ВР) различения, разработке RFID-систем на базе которых в настоящее время посвящается все большее количество публикаций и патентов.

Из них метод КР считается в некотором роде «классическим» среди применяемых в радиочастотной идентификации [1–3].

Вообще говоря, RFID-технология, несмотря на ее широчайшие возможности, все же не получает такого широкого распространения, как, например технология оптической идентификации на основе штрихкодирования. Пожалуй, главным сдерживающим фактором ее массового использования является высокая стоимость меток.

Настоящая работа направлена на проектирование RFID-меток, которые бы имели значительно более низкую стоимость в сравнении с существующими и применяемыми в эксплуатации техническими решениями.

1. Краткий обзор современных RFID-систем

Принцип работы RFID-систем с КР основан на хранении идентификационного кода в ПЗУ микрочипа метки и передачи его на считыватель через радиоинтерфейс, имеющийся в составе чипа, и антенну посредством модуляции несущей.

В основе работы систем с ВР лежит явление прямого и обратного пьезоэффекта. Метка такой системы представляет собой пьезокристалл, вдоль поверхности которого возбуждается и распространяется поверхностно-акустическая волна (ПАВ). На пути ПАВ имеется последовательность рефлекторов, расположение которых

задает идентификационный код. ПАВ частично отражается от каждого рефлектора в определенный момент времени. Сформированный таким образом отклик метки в виде серии отраженных импульсов во времени, после обратного преобразования в радиосигнал поступает в антенну и передается на считыватель.

Работа RFID-систем на основе частотного разделения основана на явлении резонанса. Транспондеры таких систем представляют собой некоторый набор резонаторов, совокупность собственных частот которых составляет рабочий диапазон системы. Здесь идентификационный код задают собственные частоты резонаторов, а отклик метки представляет собой последовательность всплесков амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

Следует отметить, что в настоящее время наиболее широкое применение находят RFID-системы с КР. Однако, как уже отмечено выше, такие системы, особенно с высокой разрядностью кода, обладают существенным недостатком – высокой стоимостью меток. Еще более высокой стоимостью обладают метки RFID-систем с ВР, которые по этой причине пока не используются в коммерческой эксплуатации. Высокая стоимость меток обусловлена сложностью их конструкции и технологического цикла производства. Использование RFID-систем на основе ЧР на сегодняшний день в стадии разработки и альфа-тестирования. Как правило, возникающие трудности связаны с получением разрядности кода $n > 8$.

2. Предлагаемая конструкция RFID-метки и принцип работы

Значительно снизить стоимость меток позволил бы чисто печатный, одноэтапный способ их изготовления, предполагающий замену технологии классического печатного монтажа струйной либо лазерной печатью высокопроводящими чернилами на диэлектрической подложке. Такой способ получил название Ink-Jet-печати. Значения удельной проводимости чернил современных разработок лежат в пределах $\sigma = (7 \cdot 10^6 \div 1.05 \cdot 10^7)$ См/м, тогда как для алюминия $\sigma = 3.72 \cdot 10^7$ См/м. Подробнее о результатах разработки таких чернил и средств их нанесения см. [4–6].

Предлагаемый вариант RFID-метки резонансного типа основан на методе ЧР и может быть изготовлен посредством одноэтапной Ink-Jet-пе-

чати. Селективными звеньями RFID-метки служат кольцевые резонаторы, общее количество n которых определяет разрядность кода метки (в битах). Конструктивно метка представляет собой пассивное устройство, содержащее набор замкнутых микрополосковых (МПЛ) элементов, расположенных на диэлектрической подложке. Информация о кодовых битах закладывается в собственные частоты резонаторов метки, лежащие в диапазоне $f_{\min} \div f_{\max}$. Этот диапазон складывается из совокупности малых областей Δf_m , каждая из которых соответствует полосе m -го резонатора, где $m = \overline{1, n}$. Тогда общий отклик метки в частотной области складывается из совокупности резонансных пиков, максимумы которых приходятся на собственные частоты резонаторов.

На рис. 1 приведена геометрия одной из возможных 2^n кодовых комбинаций метки для круглой и прямоугольной формы элементов. Код этой комбинации 1111 1111 1111 1111, где значение бита «1» соответствует наличию в метке m -го элемента и его отклика соответственно. Альтернативные комбинации достигаются за счет удаления некоторого числа элементов, при котором в отклике исчезают соответствующие им резонансные пики. Авторами разработана система радиочастотной идентификации для таких комбинаций и получен патент РФ на RFID-метки [7].

Модель возбуждения метки полем падающей электромагнитной волны и вид АЧХ по модулю поля рассеяния в дальней зоне подробно описаны в параграфе 4.

Принцип идентификации объекта с помощью предлагаемых меток можно пояснить исходя из следующих соображений. Пусть имеется картонная коробка с каким-либо товаром (далее – объект идентификации), в которой помимо самого товара содержится идентификационная метка, расположенная таким образом, что ее плоскость параллельна одной из стенок коробки. Метка может содержать информацию о товаре либо его аксессуарах. В первом случае основой для нанесения метки может служить непосредственно наружная либо внутренняя стенка коробки, во втором – упаковочный материал аксессуаров. При необходимости возможно изготовление метки как самостоятельного элемента на отдельной диэлектрической основе.

Для идентификации кода метки СВЧ-генератор качающейся частоты (ГКЧ), входящий в со-

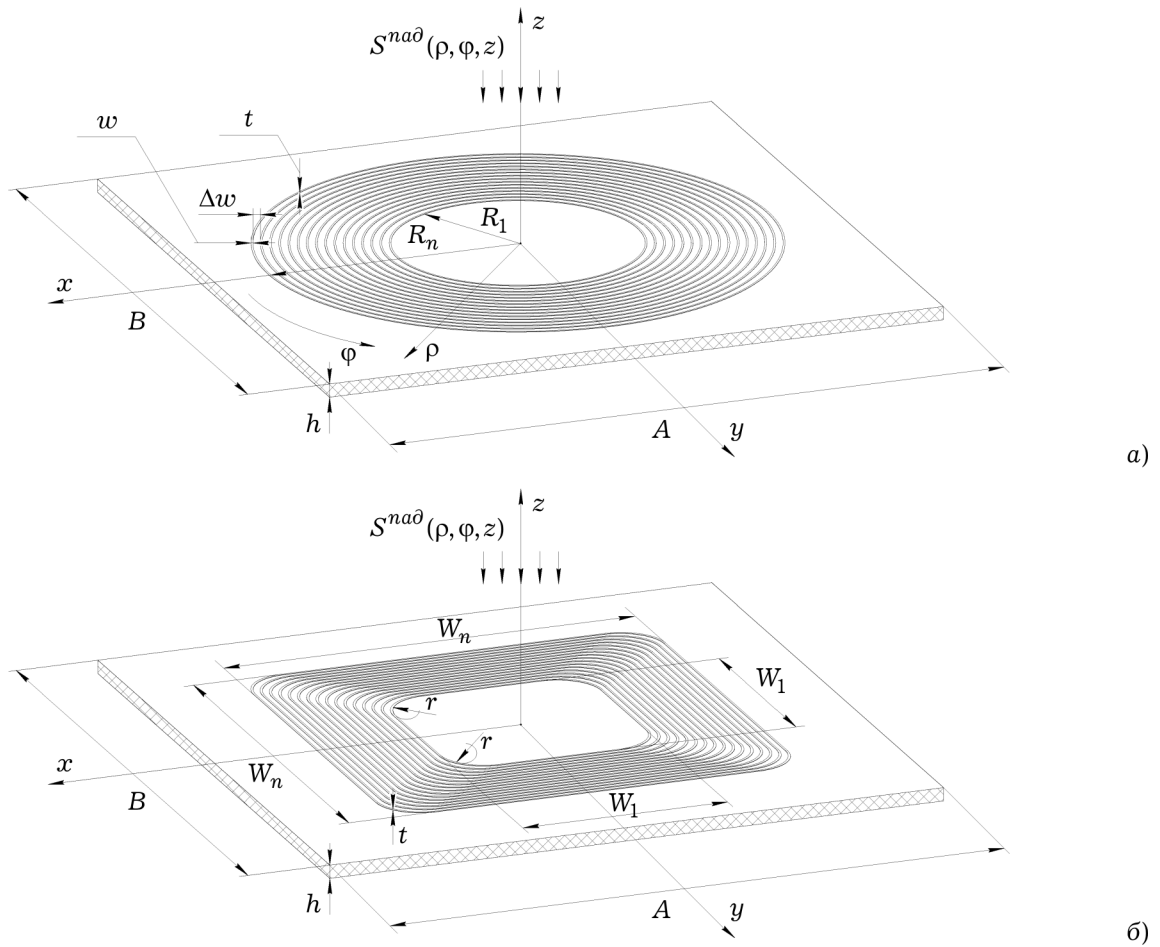


Рис. 1. Геометрия предлагаемых RFID-меток различной формы [7]: а) метка с кольцами круглой формы; б) метка с кольцами квадратной формы. Обозначения на рисунке: $A = B$ – длина и ширина подложки; h – толщина подложки; $R_m = R_1 \dots R_n$ – радиус образующей круглых колец; $W_m = W_1 \dots W_n$ – ширина стороны образующей квадратных колец (вкл. скругл.); $m = 1, 2, \dots, n$ – порядковый номер кольца; w – ширина колец; $\Delta w_{кр}$ – ширина промежутков между круглыми кольцами; $\Delta w_{ква}$ – ширина промежутков между квадратными кольцами; t – толщина колец; r – радиус образующей скругления

став считывателя, формирует сигнал с линейно-изменяющейся частотой (ЛЧМ-сигнал), который излучается в пространство передающей направленной антенной в виде электромагнитных волн в некоторой полосе частот. Эти волны распространяются в направлении объекта идентификации. Возбуждая RFID-метку, волны селективно взаимодействуют с ее электромагнитным полем рассеяния, после чего сформированный отклик принимается второй антенной считывателя и в виде сигнала поступает на приемное устройство. Далее происходит обработка опорного сигнала и принятого отклика и их преобразование в код, который с помощью специальных проверочных комбинаций программно тестируется на возможные ошибки и поступает в базу данных, где и происходит сам процесс идентификации.

3. Краткие теоретические положения

Вначале получим соотношения, связывающие рабочий диапазон частот меток $f_{мин} \div f_{макс}$, раз-

рядность кода n и размеры кольцевых резонаторов R_m , W_m , w , r , $\Delta w_{кр}$ и $\Delta w_{ква}$. Учтем при этом, что геометрическая длина образующей l_m и ширина колец w должны оставаться постоянными:

$$l_m = 2\pi R_m = 4W_m - 2r(4 - \pi). \quad (1)$$

Из теории частотно-селективных покрытий (англ. **Frequency-Selective Surfaces, FSS**) известно [8–10], что при возбуждении структур, подобных изображенным на рис. 1 полем плоской электромагнитной волны (при расположении в дальней зоне антенны) выполняется условие запредельности всех высших типов волн (одномодовый режим работы устройства), из которого справедливо следующее соотношение:

$$K_y \frac{l_m}{\lambda_m} = l_{эм} \equiv 1, \quad (2)$$

где $l_{эм}$ – резонансная электрическая длина образующей колец; $\lambda_m = c/f_m$ – резонансная длина волны; $K_y = \sqrt{\epsilon_{эфф}}$ – некоторый коэффициент, количественно выражающий эффективную

диэлектрическую проницаемость системы (экспериментальная точность $\sim 10\%$).

В нашем случае K_y показывает, во сколько раз модуль вектора $\vec{f}^{(1)}$ резонансных частот системы из n полосковых резонаторов на подложке с $\epsilon_r = 1$ больше модуля вектора $\vec{f}^{(2)}$ резонансных частот системы резонаторов на подложке с $\epsilon_r > 1$:

$$|\vec{f}^{(1)}| = K_y |\vec{f}^{(2)}|, \quad (3)$$

и выражает следующее соотношение между векторами:

$$\begin{bmatrix} \vec{f}_1 \\ \vdots \\ \vec{f}_n \end{bmatrix}^{(1)} = K_y \begin{bmatrix} \vec{f}_1 \\ \vdots \\ \vec{f}_n \end{bmatrix}^{(2)}. \quad (4)$$

Для RFID-меток возможны 2 варианта реализации взаимного расположения колец:

- с постоянным шагом длины образующей $\Delta l = \text{const}$;
- с постоянным шагом частоты $\Delta f = \text{const}$.

В разных случаях один из вариантов может быть предпочтительнее другого.

Чтобы определить размеры последующих элементов по известным размерам предыдущих, получим рекуррентное выражение для первого случая $\Delta l = \text{const}$. Интервал длины между образующими соседних элементов с учетом (2):

$$\Delta l = \frac{c}{K_y} \frac{1}{n-1} - \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_n}. \quad (5)$$

Тогда рекуррентное выражение примет вид

$$l_{m+1} = l_m - \Delta l, \quad m = 1, 2, \dots, n-1. \quad (6)$$

Определим с учетом (1) интервал между кольцами, принимая во внимание, что кольца имеют конечную ширину w :

$$\Delta w_{кр} = \frac{c}{2\pi K_y} \frac{1}{n-1} - \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_n} - w, \quad (7)$$

$$\Delta w_{кв} = \frac{c}{4K_y} \frac{1}{n-1} + \frac{4-\pi}{2} r - w.$$

Резонансные частоты колец и промежутки между резонансами находим из (2):

$$f_m = \frac{c}{K_y l_m}, \quad (8)$$

$$\Delta f_{m+1,m} = f_{m+1} - f_m = \frac{c}{K_y} \left(\frac{1}{l_{m+1}} - \frac{1}{l_m} \right).$$

Подобным образом найдем рекуррентное выражение для случая $\Delta f = \text{const}$. В этом случае частотный интервал между резонансами соседних колец:

$$\Delta f = \frac{f_n - f_1}{n-1} = \text{const}. \quad (9)$$

Рекуррентное выражение для резонансных частот:

$$f_{m+1} = f_m + \Delta f, \quad m = 1, 2, \dots, n-1. \quad (10)$$

Длины образующих и интервалы между соседними образующими с учетом (1):

$$l_m = \frac{c}{K_y f_m}, \quad (11)$$

$$\Delta l_m = l_m - l_{m+1} = \frac{c}{K_y} \left(\frac{1}{f_m} - \frac{1}{f_{m+1}} \right).$$

Интервал между кольцами с учетом конечной ширины w :

$$\Delta w_{мкр} = \frac{1}{2\pi} \Delta l_m - w, \quad (12)$$

$$\Delta w_{мкв} = \frac{1}{4} \Delta l_m + \frac{4-\pi}{2} r - w.$$

Взаимосвязь между геометрическими размерами меток с круглыми и квадратными кольцами:

$$R_m = \frac{D_m}{2} = \frac{2}{\pi} W_m - \frac{4-\pi}{\pi} r, \quad (13)$$

$$W_m = \frac{\pi}{2} R_m + \frac{4-\pi}{2} r = \frac{\pi}{4} D_m + \frac{4-\pi}{2} r, \quad (14)$$

где $D_m = 2R_m$ – диаметр образующей круглых колец.

При $r = R_m$ квадратные кольца вырождаются в круглые:

$$W_m = \frac{\pi}{2} R_m + \frac{4-\pi}{2} R_m = 2R_m = D_m. \quad (15)$$

Для минимизации омических потерь в проводниках резонаторов необходимо, чтобы минимальная толщина проводящих полосков удовлетворяла соотношению:

$$b_{мин} \gg \delta_{0 макс}, \quad (16)$$

где $\delta_{0 макс}$ – максимальное значение толщины скин-слоя.

Для примера рассчитаны размеры RFID-метки с круглыми кольцами в случае постоянного шага длины образующей $\Delta l = \text{const}$. Для удобства расчетов использован пакет **MS Excel** и **VBA**.

В качестве материала подложки использован ФАФ-4Д (фторопласт армированный фольгированный) с параметрами $\epsilon_r = 2.5$, $\text{tg } \delta = 0.0012$, толщиной $h = 0.095$ мм. Эффективная диэлектрическая

кая проницаемость структуры $\epsilon_{эфф}$ рассчитана с помощью программы **TXLine**, входящей в состав пакета **AWR Microwave Office**, которая предназначена для вычисления параметров и характеристик линий передачи. $\epsilon_{эфф}$ рассчитана в приближении к копланарной линии без земли.

Геометрические размеры кольцевых резонаторов и расстояний между ними рассчитаны, исходя из условий технической реализуемости, с учетом максимальных размеров **RFID-метки** 70×70 мм и диапазона рабочих частот 1.5–3.5 ГГц.

Исходные данные для численного моделирования представлены в таблице.

4. Численное моделирование RFID-метки. Анализ результатов

По результатам расчета проведено электродинамическое моделирование **RFID-метки** на ПК в программной среде **CST Microwave Studio**. На рис. 1 показана геометрия электродинамической задачи моделирования АЧХ поля рассеяния **RFID-метки**. В качестве источника возбуждения поверхностной плотности тока на кольцах используется плоская волна круговой поляризации, имитирующая нахождение метки в поле считывателя со спиральными антеннами (как наиболее широкополосными, имеющими круговую поляризацию). Амплитуда вектора электрического поля падающей волны задана на поверхности структуры. В качестве нормали падения волны выбраны 2 частных случая: $\pi/2$ и $\pi/4$ к плоскости структуры xOy .

Исходя из необходимости решения задачи в широком диапазоне частот, перекрытие в котором $K_\partial = f_{\max}/f_{\min} > 2$, для расчетов выбран метод конечных разностей во временной области (англ. Finite Difference Time Domain, **FDTD**), используемый в вычислителе **T-solver** пакета **CST Microwave Studio**.

На рис. 2 представлен график АЧХ поля обратного рассеяния **RFID-метки**. При этом кодовая комбинация: 1111 1111 1111 1111, $n = 16$ бит. График построен для дальней зоны излучения на расстоянии от структуры $r = 1$ м. Из рисунка видно, что АЧХ отклика метки имеет резонансный характер, где максимумы поля рассеяния соответствуют излучению колец вблизи их собственных частот, а минимумы – межкольцевым промежуткам. Различную добротность колец в частотном диапазоне можно объяснить умень-

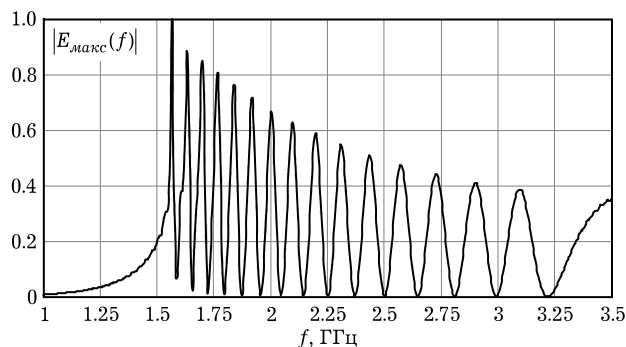


Рис. 2. АЧХ поля рассеяния исследуемой **RFID-метки**

шением значения выражения l/w с ростом частоты и соответствующим возрастанием поперечной компоненты тока $\eta_\rho(\rho, \varphi)$ по отношению к продольной $\eta_\varphi(\rho, \varphi)$. Подобные результаты были получены в [11] при решении задачи анализа плоской кольцевой антенны (наиболее характерно отражено на графиках входного сопротивления).

На рис. 3 показаны амплитудные диаграммы направленности (ДН) электрического поля $\vec{E}$ в дальней зоне на резонансной частоте кольца при падении плоской волны к поверхности **RFID-метки** под углами $\pi/2 \leq \theta \leq \pi/4$. ДН представлены в нормированном виде [12]:

$$F(\theta, \varphi) = \left| \vec{E}(\theta, \varphi) \right| / \left| \vec{E}_{\max}(\theta_0, \varphi_0) \right|, \quad (17)$$

где $\left| \vec{E}_{\max}(\theta_0, \varphi_0) \right|$ – максимальное значение поля $\vec{E}$, которому соответствуют координаты θ_0 и φ_0 . Абсолютные значения $\left| \vec{E}_{\max}(\theta_0, \varphi_0) \right|$ получены в **CST Microwave Studio** для случая падения волны с амплитудой $E_m^{(cm)} = 1$ В/м, заданной на поверхности структуры при углах падения $\pi/2$ и $\pi/4$ соответственно: $\left| \vec{E}_{\max}^{(\pi/2)}(\theta_0, \varphi_0) \right| = 0.0471$ В/м, $\left| \vec{E}_{\max}^{(\pi/4)}(\theta_0, \varphi_0) \right| = 0.0338$ В/м.

Представленные на рисунке ДН по своей форме напоминают эллипсоид. Но диаграмма для случая $\pi/4$ имеет небольшую асимметрию в азимутальной плоскости при $\pm\pi/3 < \theta < \pm 2\pi/3$, однако в меридиональных плоскостях xOz и yOz , где наблюдается максимум поля рассеяния (по оси z), форма ДН качественно приближается к случаю падения волны под углом $\pi/2$.

Проведем количественное сравнение ДН. Для этого найдем отношение максимальной рассеиваемой энергии электрического поля $\vec{E}$ для случаев падения волны под углами $\pi/2$ и $\pi/4$:

$$\left| \vec{E}_{\max}^{(\pi/2)}(\theta_0, \varphi_0) \right| / \left| \vec{E}_{\max}^{(\pi/4)}(\theta_0, \varphi_0) \right| = \quad (18)$$

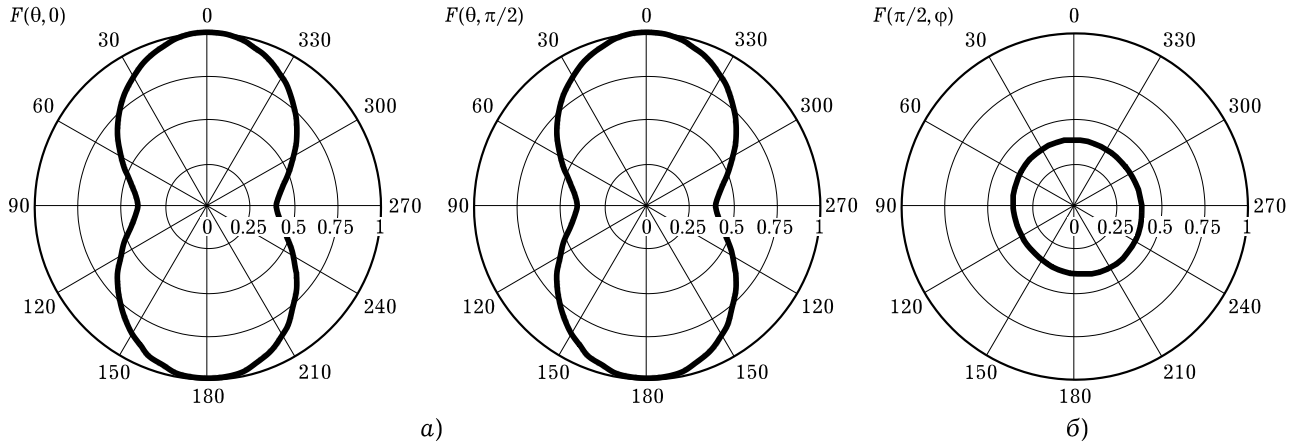


Рис. 3. ДН RFID-метки на резонансной частоте кольца в меридиональной (а) и азимутальной (б) плоскостях

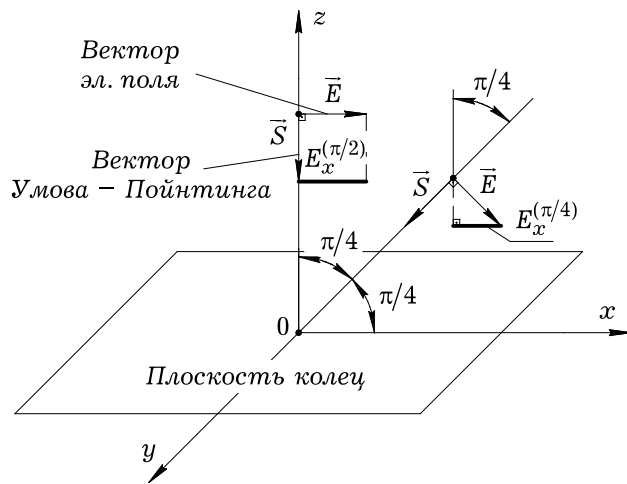


Рис. 4. Упрощенная схема возбуждения RFID-метки – к пояснению полученных значений $|\vec{E}_{\text{макс}}^{(\pi/2)}(\theta_0, \varphi_0)|$ и $|\vec{E}_{\text{макс}}^{(\pi/4)}(\theta_0, \varphi_0)|$

$$= 0.0471/0.0338 \approx 1.394 \approx \sqrt{2}.$$

Результат, полученный в (18), поясняется на рис. 4.

Таким образом, для случая падения волны под углом $\pi/4$ к плоскости структуры, проекция вектора возбуждающего электрического поля $E_x^{(\pi/4)}$ будет определяться следующим образом:

$$E_x^{(\pi/4)} = E_x^{(\pi/2)} \sin(\pi/4) = E_x^{(\pi/2)} / \sqrt{2}, \quad (19)$$

а поскольку исследуемая структура линейна, то из пропорциональности проекций возбуждающего поля следует пропорциональность откликов RFID-метки, в данном случае максимальных

значений модулей полей рассеяния $|\vec{E}_{\text{макс}}^{(\pi/2)}(\theta_0, \varphi_0)|$ и $|\vec{E}_{\text{макс}}^{(\pi/4)}(\theta_0, \varphi_0)|$:

$$\begin{aligned} E_x^{(\pi/2)}(\theta_0, \varphi_0) / E_x^{(\pi/4)}(\theta_0, \varphi_0) &= \\ = |\vec{E}_{\text{макс}}^{(\pi/2)}(\theta_0, \varphi_0)| / |\vec{E}_{\text{макс}}^{(\pi/4)}(\theta_0, \varphi_0)| &= \sqrt{2}, \end{aligned} \quad (20)$$

что подтверждает полученные результаты.

Заключение

В работе предложено два варианта конструкции RFID-меток без микрочипа (т. н. Chipless RFID-Tag), имеющие очень низкую стоимость изготовления и простой технологический цикл производства по сравнению с альтернативными техническими решениями. Показано, что метки могут быть изготовлены посредством одноэтапной печати специальным лазерным принтером на диэлектрической подложке, в т. ч. на коробке с идентифицируемым объектом.

Приведена упрощенная приближенная методика синтеза топологии RFID-меток по известным электрическим характеристикам с использованием современных САПР для электродинамических расчетов от ведущих производителей.

Представлены результаты численного электродинамического моделирования RFID-метки в САПР CST Microwave Studio: частотная характеристика отклика метки и амплитудные диаграммы направленности при различных углах падения возбуждающей волны. Показано, что считывание кода метки может происходить в широком диапазоне углов $\pm\pi/3 < \theta < \pm 2\pi/3$. При этом код закладывается в собственные частоты резонансных элементов – плоских концентрических колец.

Таблица

Наименование исходных данных		Обозначение	Значение
Максимальные размеры метки		$A \times B$	70 × 70 мм
Разрядность кода		n	16 бит
Частотный диапазон		$f_{\min} \div f_{\max}$	1.5 ÷ 3.5 ГГц
Параметры подложки	Материал	ФАФ-4Д	
	Диэл. проницаемость	ε_r	2.5
	Тангенс угла потерь	$\operatorname{tg} \delta$	0.0012
	Толщина	h	0.095 мм
Параметры проводника	Толщина	t	35 мкм
	Удельная проводимость	σ	$1 \cdot 10^7$ См/м

Список литературы

1. Finkenzeller K. RFID Handbook. Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification; 2nd ed. / trans. by R. Waddington. N.-Y.: Wiley, 2003. 427 p.
2. Design and Optimization of Passive UHF RFID Systems / J.-P. Curty [et al.]. Lausanne: Springer Science; Buisness Media, 2007. 150 p.
3. Gunther O., Kletti W., Kubach U. RFID in Manufacturing. Leipzig: LE-TEX Jelonek; Schmidt & Vöckler GbR, 2008. 163 p.
4. Ink-Jet printing of Cu-Ag-based highly conductive tracks on a transparent substrate / K. Woo [et al.] // Langmuir. 2009. V. 25. P. 429–433.
5. Inkjet printing of passive microwave circuitry / O. Azucena1 [et al.] // Proc. IEEE. 2008. V. MTT-S. P. 1075–1078.
6. Inkjet Printing of silver inks for RFID, solar cells and printed electronics // http://www.microfab.com/equipment/technotes/Silver_Ink_Printing.pdf
7. Патент РФ. Приоритет от 18.11.2009. Мультичастотная радиометка резонансного типа / Неганов В.А., Плотников А.М., Сеоно Ким.
8. Misran N., Cahill R., Fusko V.F. Design optimisation of ring elements for broadband reflectarray antennas // IEE Proc. Microw. Antennas Propag. 2003. V. 150. № 6. P. 440–444
9. Khosravi M., Abrishamian M.S., Toosi K.N. Reduction of monostatic RCS by switchable FSS elements // PIERS online. 2007. V. 3. № 6. P. 770–773
10. Munk B. Frequency Selective Surfaces: Theory and Design. N.-Y.: A Wiley-Interscience Pub, 2000. 440 p.
11. Неганов В.А., Табаков Д.П. Применение сингулярных интегральных уравнений для электродинамического анализа плоской кольцевой антенны // Антенны. 2008. № 10. С. 25–33.
12. Альтман Дж. Устройства СВЧ / пер. с англ. под ред. В.И. Лебедева. М.: Мир, 1968. 484 с.

Low-cost radio frequency identification tags based on the frequency discrimination method

V.A. Neganov, A.M. Plotnikov

Proposed RFID tags without a microchip (eng. Chipless RFID-Tags), which have low manufacturing cost and simple production cycle compared to similar russian and foreign developments. A simple algorithm for the synthesis of geometry and the numerical electrodynamic simulation in CST Microwave Studio package. Used method of identification involves the use of frequency code discrimination and tags backscattering field measurement.

Keywords: RFID, tag, reader, frequency discrimination method, Ink-Jet printing, frequency response pattern.