

Принципы проектирования транспондеров для системы RFID на поверхностных акустических волнах

Ольга Гуреева (Москва)

В статье описан принцип действия и даны основы проектирования систем радиочастотной идентификации на базе пассивных пьезоэлектрических транспондеров, работающих на поверхностных акустических волнах.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ПАВ-ТРАНСПОНДЕРОВ

Работа транспондера на поверхностных акустических волнах (ПАВ) основана на пьезоэффекте и распространении на поверхности пьезоэлектрического кристалла поверхностных акустических волн с относительно небольшой скоростью (от 3 до 4 км/с, то есть примерно 1/100 000 скорости света).

Пьезоэлектрический эффект (*пьезоэффект*) наблюдается в анизотропных диэлектриках, преимущественно в монокристаллах некоторых веществ, обладающих достаточно низкой симметрией или имеющих вместо центра симметрии так называемые полярные направления (оси). Пьезоэффектом могут обладать также некоторые поликристаллические диэлектрики с упорядоченной текстурой, например, керамические материалы и полимеры. Диэлектрики, обладающие пьезоэффектом, называют *пьезоэлектриками*. Внешние механические силы,

воздействуя в определённых направлениях на пьезоэлектрический кристалл, вызывают в нём не только механические напряжения и деформации (как в любом твердом теле), но и электрическую поляризацию. На поверхностях кристалла появляются связанные электрические заряды разных знаков. При изменении направления механических сил на противоположное становятся противоположными направление поляризации и знаки зарядов. Данное явление называют прямым пьезоэффектом.

Пьезоэффект обратим. При воздействии на анизотропный диэлектрик электрического поля соответствующего направления в кристалле возникают механические напряжения и деформации. При изменении направления электрического поля на противоположное соответственно изменяются на противоположное направления напряжений и деформаций. Это явление получило название *обратного пьезоэффекта*. В пьезоэлектриках, вследствие обратного пьезоэффекта, исходное переменное электрическое поле вызывает деформацию подложки. Деформация подложки, в свою очередь, из-за прямого пьезоэлектрического эффекта создает дополнительное электрическое поле. Дополнительное электрическое поле запаздывает относительно исходного поля. В результате суперпозиции этих двух полей возникает поле с эллиптически поляризованной составляющей, которое обуславливает возбуждение поверхностной акустической волны.

Поверхностные акустические волны – это упругие волны, распро-

страняющиеся вдоль свободной поверхности твёрдого тела или его границы с другими средами и затухающие при удалении от границ. Поверхностные акустические волны занимают диапазон длин волн $10^{-5} \dots 10^{-1}$ см, а их частоты соответствуют области ультразвука. Замечательным свойством поверхностных акустических волн является их высокая в сравнении с электромагнитными волнами скорость распространения, что позволяет применять к ним математические способы обработки сигнала. Наиболее просто ПАВ возбуждаются и регистрируются в пьезоэлектриках.

Пьезоэлектриками являются монокристаллы, встречающиеся в виде природных минералов и искусственно выращиваемые, такие как ниобат лития LiNbO_3 и танталат лития LiTaO_3 .

Для возбуждения и детектирования ПАВ служат *встречно-штыревые преобразователи* (ВШП). Они представляют собой нанесённые на пьезоэлектрическую подложку металлические штыри-электроды, как щётки вставленные друг в друга (см. рис. 1).

Принцип работы встречно-штыревого преобразователя заключается в следующем. Электрический Δ -импульс, приложенный к ВШП, благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту преобразуется в механическую деформацию поверхности подложки между электродами разной полярности. Эта деформация пропорциональна электрическому полю и распространяется как поверхностная акустическая волна в обоих направлениях, перпендикулярных электродам. Возбуждение ПАВ происходит только в области между электродами, подключенными к разным клеммам. Длина взаимно перекрывающихся частей электродов W определяет ширину пучка возбуждаемой ПАВ.

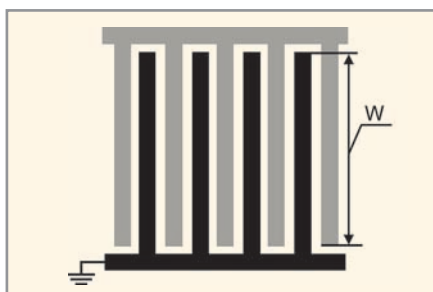


Рис. 1. Схематическое изображение встречно-штыревого преобразователя с электродами одинаковой длины и одинаковым расстоянием между ними (ВШП показан без учёта пропорций). Реальная длина электродов в сто и более раз превышает их ширину)

Достоинством ВШП является возможность в широких пределах изменять параметры возбуждаемых ПАВ. Это легко достигается изменением геометрических размеров ВШП и проявляется в виде изменения формы импульсного отклика и частотной характеристики.

Встречая механическую или электрическую неоднородность на поверхности, часть ПАВ отражается. Поверхностная волна, входящая обратно в ВШП, в результате прямого пьезоэффекта генерирует на его шине электрический сигнал. Именно это свойство используется в системах радиочастотной идентификации на поверхностных акустических волнах.

Обычно в устройствах на ПАВ используют достаточно много отражающих элементов – рефлекторов (см. рис. 2). Рефлекторы реализуются при помощи системы металлизированных полосок на пьезоэлектрической подложке (см. рис. 3а) или системы канавок (см. рис. 3б), которые формируются путем травления.

В некоторых случаях элементы рефлектора создаются в виде диэлектрических слоёв с использованием метода ионной имплантации.

Транспондер на ПАВ – это однопортовое устройство, состоящее из встречно-штыревого преобразователя и нескольких отражающих полосок – рефлекторов, которые могут быть созданы с помощью структур плоских электродов на пьезоэлектрических подложках. Обычной подложкой для транспондера на ПАВ является кристалл ниобата лития LiNbO_3 . Электроды транспондера создаются с помощью фотолитографической процедуры, аналогичной процедуре, используемой в микроэлектронике при производстве интегральных схем.

Схематическое изображение и принцип работы транспондера приведены на рисунке 4. ВШП располагается в начале пьезоэлектрической подложки. К его шинам подключается дипольная антенна транспондера, которая принимает сигнал опроса от ридера (считывателя) и излучает ответный сигнал, генерируемый транспондером на ПАВ.

ВШП используется для выполнения преобразований электрических сигналов в поверхностные акустические волны и обратно. На остальной длине



Рис. 2. Схематическое изображение набора рефлекторов

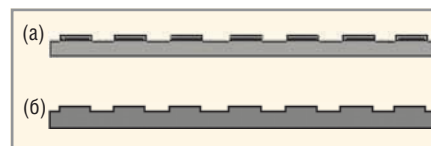


Рис. 3. Рефлекторы

(а) в виде металлизированных полосок на пьезоэлектрической подложке; (б) в виде канавок, формируемых травлением

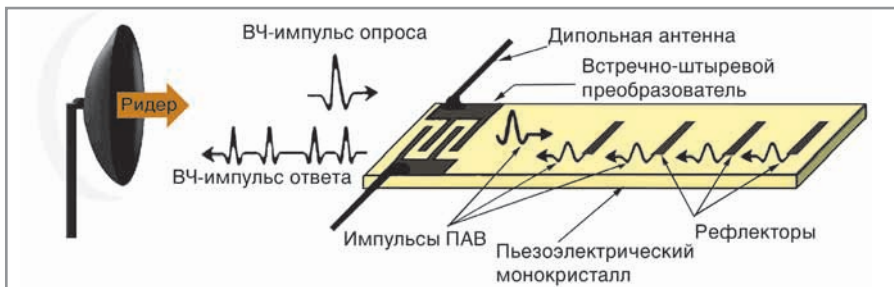


Рис. 4. Принцип работы транспондера на ПАВ

транспондера ПАВ размещаются отдельные электроды-рефлекторы. Рефлекторы располагают на поверхности транспондера таким образом, чтобы кодировать данные транспондера, используя задержку во времени, амплитуду и/или фазу.

Когда транспондер попадает в зону действия ридера, часть излучаемой ридером энергии принимается антенной транспондера и поступает к выводам ВШП в виде высокочастотного импульса.

ВШП преобразует часть принятой энергии в поверхностную акустическую волну, которая распространяется в кристалле под прямым углом к электродам ВШП. Для преобразования большего количества принятой энергии в акустическую необходимо, чтобы частота передачи ридера соответствовала частоте колебаний поверхностной волны, генерируемой ВШП.

На дальнейшее распространение ПАВ по поверхности пьезоэлектрического кристалла оказывают воздействие рефлекторы. Небольшая часть поверхностной волны отражается от каждого рефлектора и движется обратно по кристаллу в направлении ВШП. Оставшаяся часть поверхностной волны продолжает двигаться к концу подложки и там гасится.

Таким образом, из одного импульса опроса генерируется несколько ответных импульсов, причём каждый рефлектор создаёт в ответном сигнале транспондера свой импульс.

Эта последовательность импульсов, полученная ВШП и преобразованная в высокочастотную последовательность электромагнитных импульсов, излучается антенной транспондера и может быть принята ридером. Число принимаемых импульсов соответствует числу рефлекторов на подложке.

Следует особо отметить, что время задержки между отдельными импульсами пропорционально расстоянию между рефлекторами на подложке, и поэтому пространственное расположение рефлекторов может кодировать двоичную последовательность цифр, которая в простейшем случае равна идентификационному коду транспондера (количество различных кодов равно $2^n - 1$, где n – число рефлекторов на подложке).

Расположение рефлекторов и, соответственно, считываемый код определяются при изготовлении устройства. Поэтому транспондеры ПАВ принадлежат к категории транспондеров «только для чтения» (read only). Ёмкость хранения данных и скорость передачи данных транспондера на ПАВ зависят от размера подложки и минимального реализуемого расстояния между рефлекторами. Обычный транспондер на ПАВ передаёт примерно 16/32 бит со скоростью 500 кбод.

Как уже отмечалось, в начале взаимодействия с транспондером ридер посылает мощный радиоимпульс опроса. Первыми на ридер возвращаются эхосигналы, возникающие в результате отражений радиоимпульса

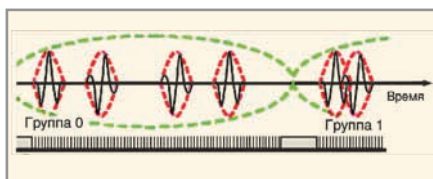


Рис. 5. Каждая 16-битная группа данных кодируется 4 импульсами, размещёнными в 75 временных слотах длительностью 3,05 нс, с фазовым сдвигом 64° по каждому слоту

Для надёжного декодирования данных минимально допустимое расстояние между импульсами, в соответствии с критерием Найквиста, составляет 12 слотов.

Между группами для тех же целей предусмотрено 11 свободных слотов

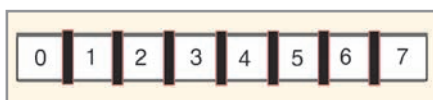


Рис. 6. 128-битная платформа ПАВ-транспондера состоит из 8 групп данных по 75 слотов в каждой группе с 11 свободными слотами между группами (всего 677 слотов)

опроса от металлических поверхностей окружающих предметов.

В связи с невысокой скоростью распространения поверхностных волн по подложке первый ответный импульс транспондера принимается считывателем с задержкой, равной примерно 1,5 мс. Для сравнения: временной задержки в примерно 0,66 мкс вполне достаточно, чтобы произошло затухание помех в радиусе 100 м вокруг ридера.

Таким образом, ответный сигнал транспондера приходит, когда все отражения от окружения ридера давно прекратились, и подобного рода помехи не вносят ошибок в последовательность ответных импульсов от транспондера.

Транспондеры на ПАВ являются полностью линейными устройствами и отвечают на импульс опроса с определённой фазой. Более того, фазовый угол ϕ_{2-i} и дифференциальное время распространения τ_{2-i} между отражёнными индивидуальными сигналами сохраняют постоянные значения. Это важное свойство позволяет увеличить *дальность действия* транспондера на ПАВ методом усреднения слабых ответных сигналов транспондера на многие импульсы опроса. Операция считывания занимает микросекунду, поэтому за секунду может быть выполнено несколько сотен тысяч циклов чтения.

КОДИРОВАНИЕ ДАННЫХ ПАВ ТРАНСПОНДЕРА

Функционирование глобального ПАВ-транспондера, созданного компанией RF SAW Inc. (далее в статье будут рассматриваться разработки устройств на ПАВ именно этой компании), основано на методе цифровой модуляции.

Множество импульсов, формирующих группу данных, частично перекрываются во времени с применением одновременного фазового сдвига.

На рисунке 5 изображена структура группы данных, на основе которой ведётся разработка международных стандартов для систем RFID на ПАВ.

Предложенная структура группы данных учитывает два основных требования, предъявляемых к RFID-системам, – это минимизация стоимости транспондера и обеспечение антиколлизии, то есть возможности декодирования нескольких сигналов, поступающих от различных транспондеров одновременно.

Для условий, указанных на рисунке 5, существует 111 930 уникальных состояний для одной группы данных. Для кодирования 16 бит данных используется всего 65 536 состояний из них. Остальные состояния могут использоваться для оптимизации характеристик канала передачи данных и обеспечения помехоустойчивости.

СТРУКТУРА ДАННЫХ ТРАНСПОНДЕРА НА ПАВ

Структура данных транспондера состоит из набора 16-битных групп данных, между которыми существует 11 свободных временных слотов. Таким образом, можно получить транспондер ёмкостью 16, 32, 48, 64 и более бит, вплоть до 256. На рисунке 6 изображена так называемая «платформа транспондера», состоящая из 8 групп данных общей ёмкостью 128 бит.

Заметим, что данная конфигурация не единственная, позволяющая кодировать данные глобального транспондера на ПАВ. Например, возможен вариант использования свободных слотов между группами данных, при котором не нарушается минимально допустимое расстояние между импульсами, в соответствии с критерием Найквиста. Тем не менее, в

приложениях, где многократные сигналы, поступающие от транспондеров, начинают конфликтовать, данный подход неприемлем.

АНТИКОЛЛИЗИЯ

На сегодняшний день в большинстве коммерческих систем RFID требуется, чтобы несколько транспондеров, находящихся в области действия ридера, считывались одновременно. Это возможно, если каждый транспондер имеет свой уникальный идентификационный номер. Один из методов подобной нумерации – это EPC-код (электронный код продукции), который содержит как идентификационный, так и серийный номер объекта. Уникальный идентификационный номер является основным элементом, обеспечивающим антиколлизии в любой системе RFID независимо от используемой технологии. Для транспондеров на ПАВ применяются различные комбинации существующих методов антиколлизии.

Один из таких методов – пространственный, когда узконаправленная антенна диапазона 2,4 ГГц используется для минимизации количества транспондеров, сигналы от которых поступают одновременно. Тем не менее, вероятность одновременного считывания транспондеров остаётся. Для того чтобы ридер смог идентифицировать уникальный идентификационный код каждого транспондера, принимаемые сигналы должны быть структурированы.

Структурирование сигнала с использованием согласованной фильтрации является основным методом антиколлизии в системе RFID на ПАВ. Элементами подобной структуры являются:

- набор импульсов с оптимизированной взаимной корреляцией базовой группы данных ёмкостью 16 бит;
- шифрование данных транспондера в целях максимизации расстояния кодирования между транспондерами идентичных объектов;
- многоуровневое детектирование ошибок;
- кодированный 32-битный сигнал синхронизации, и т.п.

Ключевым моментом проектирования транспондера является выбор количества битов в базовой группе данных. Группа в 16 бит, показанная на

рисунке 5, была выбрана как компромисс между возможной базой импульсного сигнала и количеством фильтров, необходимых для обеспечения разделения импульсов между группами данных.

Дополнительные наборы групп данных на основе базовой группы данных используются для целей антиколлизии. Они предназначены для кодирования информации о синхронизации, серийного номера объекта, блока проверки ошибок и т.п.

Обычно для обеспечения антиколлизии бывает достаточно набора группы данных общей ёмкостью в 48 или 64 бита. Соответственно для получения 64- и 96-битового EPC-кода должны быть использованы 128- и 160-битовые платформы ПАВ-транспондеров. Термин «платформа транспондера» определяет «общую некодированную ёмкость» транспондера, в отличие от «кодированной области», предназначенной для ввода данных пользовательской системы.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕФЛЕКТОРОВ ТРАНСПОНДЕРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МИНИМАЛЬНЫЕ ПОТЕРИ

Дальность считывания ПАВ-транспондера – это главное отличительное свойство RFID-системы на поверхностных акустических волнах от других систем электронной идентификации, поэтому минимизация вносимых потерь является важнейшей задачей при проектировании ПАВ-устройств.

Алюминий для разомкнутых электродов рефлекторов и пьезокристалл ниобата лития (128LiNbO_3) для подложки были выбраны потому, что они обеспечивают высокую отражательную способность электродов при одновременно низких акустических потерях рассеивания и допускают резистивные потери I^2R .

Каждый рефлектор вносит примерно $-0,1\text{дБ}$ потерь энергии (E). Следовательно, общие потери, вносимые рефлекторами, невелики. Энергетический баланс для i -го рефлектора следующий:

$$R_i^2 + T_i^2 = E \sim 0,977 \quad (1)$$

В предыдущих версиях RFID-систем на поверхностных акустических волнах ближние рефлекторы

были слабее, чем последующие, что давало возможность получить приблизительно равномерный ответный импульс. В рассматриваемом случае амплитуда каждого импульса будет отличаться от последующей на коэффициент наклона S . Если L – это потери между импульсами при свободном распространении по поверхности, то отражательная способность смежных рефлекторов должна удовлетворять следующим условиям:

$$R_i^2 T_i^2 L = S R_i \quad (2)$$

При решении данной системы уравнений получаем:

$$R_i = 0,5 \left[\frac{-S}{R_{i+1}L} + \sqrt{\left(\frac{S}{R_{i+1}L} \right)^2 + 4E} \right] \quad (3)$$

Таким образом, интенсивность отражения рефлекторов может быть рассчитана на основе интенсивности отражения самого последнего рефлектора с учётом отражённых помех.

На рисунке 7 показаны интенсивность отражения и вносимые потери трёх различных наборов рефлекторов. Эти примеры показывают, что интенсивность отражения ближних групп может быть существенно увеличена без влияния на возникающие потери при отражении последующих групп.

Это обстоятельство позволяет проектировать устройства, менее восприимчивые к экзосигналам и выбирать ближние рефлекторы необходимого уровня отражения, что в итоге уменьшает суммарные ошибки.

ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗОВОЙ ГРУППЫ ПЛАТФОРМЫ ТРАНСПОНДЕРА

Технологически производство базовой группы платформы транспондера состоит из двух основных этапов. На первом этапе на пьезоэлектрическую подложку наносятся все 75 возможных рефлекторов. На втором этапе, в процессе кодирования, удаляются все кроме четырёх требуемых рефлекторов. Этот процесс означает, что амплитуда и фаза, связанные с конкретным слотом (см. рис. 5), будут зависеть от значений кодированных данных – занятых слотов предыдущих рефлекторов. Соответственно, чтобы устранить потенциальные ошибки, необходимо найти аналити-

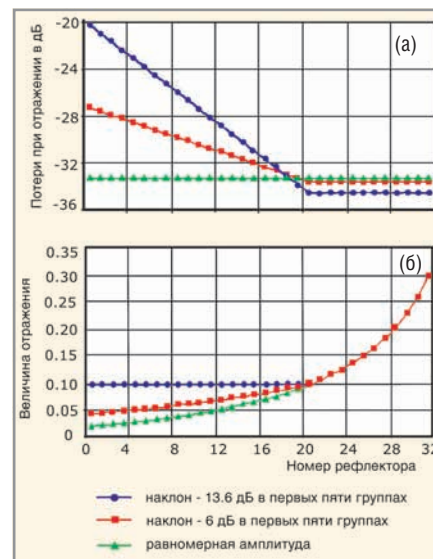


Рис. 7. Три варианта набора рефлекторов для 128-битной платформы

(а) потери, возникающие при отражении (без учёта вносимых потерь от встречно-штыревого преобразователя и подложки);
 (б) интенсивности отражения каждого набора рефлекторов

ческую зависимость между амплитудой и фазой, решив соответствующие уравнения. Далее результаты вычислений в виде поправки учитываются в процессе декодирования данных ридером.

Для упрощения рассматриваемого примера будем считать, что интенсивность отражения равномерна и каждый рефлектор в базовой группе имеет одинаковое количество электродов N_E с периодом P , а скорость распространения поверхностной акустической волны равна V_E . Так как кодированный транспондер будет иметь фиксированное число активных рефлекторов N_R в каждой группе, это позволит выбрать определённую ширину слота W , такую, что суммарное время задержки всей группы всегда будет корректным, несмотря на значение кодированных данных:

$$W = \frac{V_{Free}}{2N_{Slots}} \left[T_G - N_R N_E \left(\frac{1}{V_E} - \frac{1}{V_{Free}} \right) \right] \quad (4)$$

Ширина слота W определяет центры и границы слотов, изображенных на рисунке 8. На рисунке показано также смещение расположения рефлектора в сторону от центров временных слотов. Это смещение требуется, чтобы произвести фазовый сдвиг отражения по каждому слоту, который зависит от разницы фаз $\Delta\phi$ между сло-

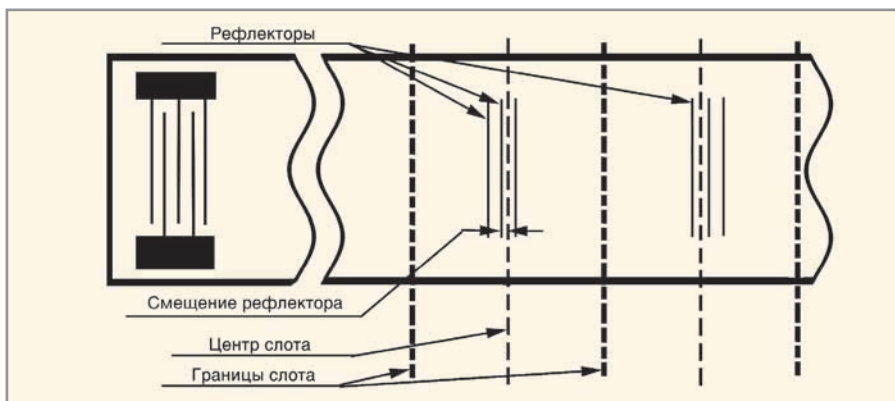


Рис. 8. Схематическое изображение двух слотов некодированного ПАВ-транспондера, содержащих по три рефлектора в каждом слоте

тами, как того требует принцип модуляции ПАВ-транспондера.

Расчётная величина θ_{Ri} для i -й фазы отражения следующая:

$$\theta_{Ri} = \theta_{R1} + (i - 1)\Delta\phi - (i - 1) \times 2p\Delta\phi. \quad (5)$$

В уравнении (5) p – это вероятность того, что данный слот будет занят при кодировке транспондера, а $\Delta\phi$ – разница между однократными фазовыми сдвигами свободного и занятого слотов. Функция кодирования слота i_j определяет i -позицию j -го импульса в конкретной группе. Тогда амплитуда

и фаза любого заданного импульса после того, как устройство кодировано, следующие:

$$A_j = T_{Free}^{2(i_j - j + 1)} T_{Occupied}^{2j - 1} R \quad (6)$$

$$\theta_j = \theta_{Ri} + (i_j - j + 1)\Delta\phi. \quad (7)$$

Амплитуда импульса A_j относится к переднему краю группы, то есть она не включает потери прохождения через предыдущие группы. T_{free} и $T_{occupied}$ являются коэффициентами однократной передачи через незанятый и занятый слот соответственно. На частоте 2,4 ГГц, при использова-

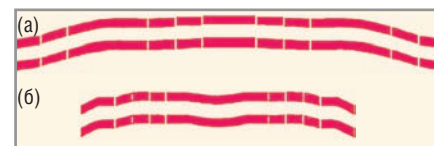


Рис. 9. Схематическое изображение сегментированных рефлекторов с учётом воздействия дифракции

Рефлектор (а) удалённый от границы начала распространения волны; (б) близлежащий к этой границе

нии 128°LiNbO_3 с шириной однопроходного слоя примерно в $1,5 \text{ мс } T_{free} = 0,99776$, а коэффициент $T_{occupied}$ определяется из уравнений (1), (2). Уравнения (6) и (7) являются аналитическими выражениями амплитуды и фазы, зависящих от значений кодированных данных i_j .

В дальнейшем это может быть использовано для вычисления поправки в процессе декодирования данных, получаемых от транспондера, и выбора соответствующих значений амплитуды и фазы. Следует отметить, что процесс кодирования базовой группы данных, рассмотренный выше, несколько упрощён. В действительности интенсивность отражения не всегда равномерна вдоль одиночной группы, и это должно обязательно учитываться при проектировании.

Также следует отметить, что ПАВ, распространяясь по поверхности кристалла транспондера, огибает встречаемые на пути препятствия. Данное явление, наблюдаемое при прохождении волн мимо края препятствия и связанное с отклонением от прямолинейного распространения при взаимодействии с препятствием, называется дифракцией. Дифракция искажает значения фазы и амплитуды сигнала, что влияет на функционирование рефлекторов и увеличивает вносимые потери. Подобная проблема может быть решена путём использования изогнутых сегментированных рефлекторов в соответствии с формой входящей волны (см. рис. 9).

Результаты проведённых испытаний транспондера на ПАВ

На рисунке 10 приведены результаты испытания 128-битной платформы ПАВ-транспондера, соответствующей области кодирования в 64 бита стандарта EPC.

Технические характеристики системы RFID на основе технологии ПАВ компании RF SAW Inc.

Параметр	Описание
Система	
Элемент транспондера	ПАВ-устройство на пьезоэлектрическом кристалле
Ридер	Ридер, использующий адаптивную цифровую модуляцию и работающий в диапазоне ISM 2,44 ГГц
Антенны ридера	Плоские панели, а также антенны с улучшенными рабочими характеристиками (на заказ)
Дальность считывания	От 3 до 20 м в зависимости от компонентов системы
Антиколлизия	Многоуровневый протокол временного, пространственного и кодового разделения данных
Обнаружение ошибок	16-битное кодирование
Электромагнитная совместимость	Короткие маломощные импульсы опроса минимизируют помехи; мониторинг спектра позволяет адаптивно исключать посторонние сигналы; цифровая фильтрация помех
Транспондер	
Совместимость с EPC	Ёмкость данных 64 и 96 бит
Коммерческое применение	24-, 32-, 48-, 64-, 96-битные данные
Диапазон температур	-100...200°C
Радиационная стойкость	До 5 Мрад
Ридер	
Диапазон частот	2,4...2,483 ГГц
Выходная мощность	Регулируемая, максимально 125 мВт
Ввод/вывод данных	RF-порт 3Tx/3Rx, расширяемый до 3Tx/12Rx; порт данных 100Base-T, RJ45, локальный RS-232, 2 удалённых порта ввода пусковых импульсов и 2 выходных управляющих порта
Скорость чтения данных	Получение данных 1000 транспондеров/с, декодирование данных 200 транспондеров/с
Индикаторы	Индикация мощности, аварийного состояния, состояния чтения
Источники питания	12...24 В, 40 Вт максимум
Рабочая температура	-20...50°C

Транспондер содержит группы данных для реализации алгоритма антиколлизии и многоуровневого детектирования ошибок. Вносимые потери для последних обратных импульсов составляют -53 дБ.

Проводилась идентификация самых различных объектов, в том числе металлических и содержащих жидкости. Дальнейшие работы по минимизации вносимых транспондером потерь будут связаны с проектированием однонаправленного встречно-штыревого преобразователя для диапазона частот 2,4 ГГц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глобальная система радиочастотной идентификации на поверхностных акустических волнах (Global SAW Tag RFID System), разработанная компанией RF SAW, является на сегодняшний день уникальной RFID-системой.

Система работает в диапазоне частот 2,4 ГГц, что позволяет использовать её в автоматизированном управлении цепочками поставок (SCM – supply chain management) и других коммерческих приложениях.

Система имеет максимальную дальность считывания данных (3...20 м) в сочетании с высокой скоростью и точностью. Транспондеры RF SAW могут использоваться в жёстких условиях эксплуатации. Они устойчивы к радиационному излучению и работают в расширенном диапазоне температур. Транспондер на основе ПАВ является в полном смысле слова пассивным устройством, в котором благодаря пьезоэлектрическому эффекту короткий высокочастотный импульс напрямую считывает кодированную последовательность отражающих элементов. Поэтому транспондеры на ПАВ не имеют ограничений, присущих транспондерам на интегральных схемах (ИС), которые должны получать энергию для питания микросхемы от мощного непрерывного радиосигнала. Транспондеры на ПАВ устойчиво читаются, даже если мощность сигнала ридера невелика или сигнал временно прерывается (как это часто бывает в реальных условиях). Эти свойства транспондеров позволяют существенно увеличить дальность действия и надёжность RFID-систем на ПАВ по сравнению с

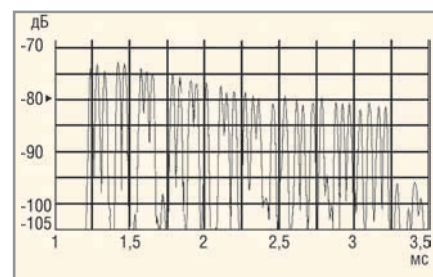


Рис. 10. Результаты испытания 128-битной платформы ПАВ-транспондера

аналогичными системами на ИС. Технические характеристики глобальной системы радиочастотной идентификации на ПАВ компании RF SAW приведены в таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Electronic Product Code (EPC), www.epc-globalinc.org.
2. Hartman C.S. A Global SAW ID Tag with Large Data Capacity, IEEE Ultrasonic Symp. Munich, Germany. October, 2002.
3. Hartman C.S., Brown P., Bellamy J. Design of Global SAW RFID Tag Devices, Second Int. Symp. on Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communication Systems. Chiba Univ., Japan, March 2004.
4. Материалы сайта www.rfsaw.com.



БЕСПРОВОДНЫЕ РЕШЕНИЯ

для промышленной автоматизации, телеметрии и охранных систем

RF МОДУЛИ И МНОГОКАНАЛЬНЫЕ РАДИОМОДЕМЫ 433 МГц и 868 МГц МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЕРЕДАТЧИКА ДО 10 мВт



BC-NBK	+5 В	2,7 мА	-103 дБм	433,92 МГц	+/- 1200 кГц	2400 байт/с	38,1×13,7×5,5 мм	Приёмник
RX-8L50FM70SF	+5 В	7 мА	-107 дБм	868,3 МГц	600 SAW filter	9600 байт/с	44,9×17,5×9,3 мм	Приёмник
TX-SAW MID	1,8 В/ 3,5 В	3 мА/ 7 мА	10 мВт	433,92 МГц		9600 байт/с	28×12,5×3 мм	Передачик
TX-8L30PF06	+3 В	19 мА	6 мВт	868,30 МГц		9600 байт/с	39×17,5×5 мм	Передачик
XTR-903A-4	+3 В	30 мА RX ON/ 40 мА TX ON/ 0,08 OFF	TX 0,15 мВт – 10 мВт	433 МГц		9600/19200/ 38400	33×23×8 мм	Многоканальный модем

АНТЕННЫ И АКСЕССУАРЫ



HSC-FM-TX	+3 В	10 мА	1 мВт	868 МГц	3 канала	Дистанционный пульт
AS 433			50 Вт	433 МГц	34×175 мм	Вертикальная антенна
GP 868			50 Вт	868 МГц	190×460 мм	Планарная антенна



ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (095) 234-0636 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru