

Антенны Molex для устройств Интернета вещей

УДК 621.396.67 | ВАК 05.13.15

В. Ежов

Реализация программы «Цифровая экономика» требует от российских предприятий повышенного внимания к развитию таких перспективных направлений, как Интернет вещей, умный дом и умный город. В основе этих систем – технология межмашинного взаимодействия (Machine to Machine – M2M), реализуемая на базе различных протоколов беспроводной связи. К ключевым компонентам беспроводной системы относится антенна, параметры которой определяют надежность связи и массогабаритные характеристики конечного устройства. Один из ведущих производителей коннекторов и антенн – компания Molex – предлагает эффективные решения для широкого спектра беспроводных приложений. Рассмотрим основные протоколы беспроводной связи, типы антенн для беспроводных устройств и особенности данного вида продукции Molex для Интернета вещей.

Благодаря повсеместному распространению беспроводных сетей и развитию облачных технологий концепция Интернета вещей считается одним из наиболее перспективных направлений развития информационных и телекоммуникационных технологий. Интернет вещей, построенный на базе технологии межмашинного взаимодействия (M2M), играет ключевую роль в цифровизации экономики, обеспечивая эффективную связь между устройствами для сбора и передачи данных. Взаимодействие устройств и компонентов глобальной сети Интернета вещей между собой реализуется благодаря многообразию стандартов беспроводной связи.

БЕСПРОВОДНЫЕ ПРОТОКОЛЫ ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В зависимости от зоны охвата, скорости передачи данных и других параметров беспроводные сети можно разделить на персональные (Personal Area Network – PAN), локальные (Local Area Network – LAN), районные/общегородские (Metropolitan Area Network – MAN) и глобальные (Wide Area Network – WAN). Протоколы, обслуживающие беспроводные сети, выбирают исходя из требований к конкретной сети, принимая во внимание радиус действия, сетевой трафик, частотный диапазон и энергопотребление, что особенно важно для портативных устройств и датчиков Интернета вещей с батарейным питанием (рис. 1).

К протоколам, поддерживающим персональные сети (PAN), относятся, например, NFC, 6LoWPAN, ZigBee, Thread, Bluetooth Low Energy (BLE), Z-Wave, локальные сети – Wi-Fi, районные и глобальные сети – LPWAN (Low Power Wide Area Network), стандарты сотовой связи

различных поколений (2G/3G/4G), а также спутниковая связь.

Стандарты беспроводной связи для Интернета вещей развиваются двумя путями: существующие сетевые протоколы адаптируются к технологии Интернета вещей и разрабатываются новые решения.

Для обеспечения связи на ограниченной территории или в помещении для нужд Интернета вещей сегодня прежде всего используют такие популярные технологии малого радиуса действия, как Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee и др. Для широко распространенных сетей Wi-Fi (IEEE802.11) характерны многие достоинства, в частности высокая скорость (до 1 Гбит/с) и совместимость. Однако некоторые недостатки, такие как высокое энергопотребление, помехи, недостаточная защита, ограничивают использование этого протокола в области Интернета вещей, поэтому специально для этой технологии был разработан новый стандарт Wi-Fi HaLow. Для Wi-Fi HaLow используется частота 900 МГц, по радиусу действия (до 1000 м) эта сеть примерно вдвое превосходит традиционные версии Wi-Fi. Ожидается, что Wi-Fi HaLow найдет применение в системах умного дома, подключенного автомобиля и цифровой медицины, а также в промышленности, розничной торговле, сельском хозяйстве и среде умных городов.

Для сетей малого радиуса действия хорошим выбором для приложений Интернета вещей является также стандарт 6LoWPAN (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks), который обеспечивает взаимодействие маломощных беспроводных персональных сетей IEEE802.15.4 с широко распространенными сетями IP. 6LoWPAN – это ячеистая сеть, топология которой гарантирует надежность, самовосстановление и гибкость при

настройке. Хотя первоначально стандарт 6LoWPAN поддерживал мало мощные беспроводные сети, работающие на частоте 2,4 ГГц, теперь он адаптирован и к другим частотным диапазонам (ниже 1 ГГц).

Еще один перспективный стандарт для Интернета вещей – протокол Thread, предназначенный главным образом для приложений умного дома. Работающий на частоте 2,4 ГГц стандарт сочетает в себе преимущества сетей, поддерживающих IP-протокол (таких как Wi-Fi), и сетей с поддержкой ячеистой топологии с возможностью самовосстановления и ретрансляции сообщений.

Особенность протокола Z-Wave, специально созданного для систем домашней автоматизации, заключается в стандартизации от физического уровня до уровня приложения, что позволяет обеспечивать совместимость устройств различных производителей. Количество подключенных конечных устройств в этой сети ограничено и достигает сотни. Для улучшения совместимости в 2013 году протокол был расширен до Z-Wave Plus.

Районные и глобальные сети для Интернета вещей, кроме энергоэффективности, должны обладать также значительной дальностью действия. Решение таких задач обеспечивают стандарты, которые относятся к категории протоколов с низким энергопотреблением и широким охватом (LPWAN). Перспективные технологии в этой категории – стандарты LoRaWAN, Sigfox, Neul и многие другие.

Протокол LoRaWAN обеспечивает дальность связи до нескольких десятков километров (в городских условиях от 2 до 5 км). Технология работает в нелицензируемом диапазоне ISM (в Европе – 433 и 868 МГц). Сеть LoRaWAN отличается простой топологией типа «звезда» и невысокой скоростью передачи (от 0,3 до 50 Кбит/с). В одной сети LoRaWAN можно объединить до 1 млн устройств. Сферы применения сетей LoRaWAN – ЖКХ, сельское хозяйство, электроэнергетика, умный город.

Французская сеть Sigfox для передачи данных использует ультраузкую полосу частот (Ultra-Narrow Band – UNB) с двоично-фазовой манипуляцией (BPSK), а для кодирования данных меняет фазу несущей. Это позволяет снизить уровень шума на принимающей стороне и тем самым удешевить приемники. Радиус действия сети – до 50 км, срок службы без замены батареи – 20 лет для двух батареек типа AA, используемые частоты – 868 МГц (Европа) и 902 МГц (США).

Еще один крупный сегмент глобальных беспроводных сетей для Интернета вещей – LPWAN, построенные

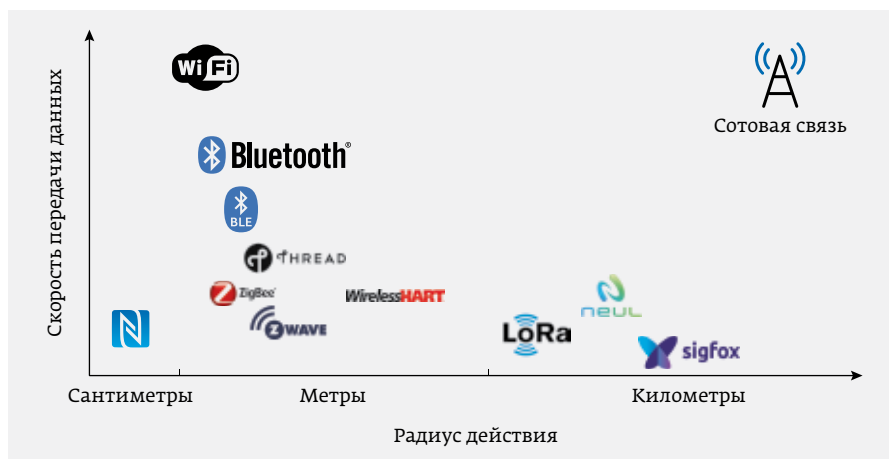


Рис. 1. Беспроводные протоколы Интернета вещей

на базе существующих сотовых сетей (Cellular Internet of Things – CIoT). К протоколам этого типа относится, например, NB-IoT (Narrow Band Internet of Things). Сеть NB-IoT может быть развернута как на оборудовании сотовых сетей LTE, так и отдельно, в частности поверх GSM.

Современные технологии сотовой связи, которые также используются для нужд Интернета вещей, находятся вне конкуренции с точки зрения обеспечения покрытия (GSM – 90% населенной территории Земли, WCDMA – 65%, LTE – 40%) и масштабируемости. Однако основными недостатками сотовых сетей являются ограниченное время работы устройств от батарей и высокая стоимость эксплуатации сетевой инфраструктуры. Предполагается, что дальнейшее развитие технологии сотовой связи, в частности переход на стандарт 5G, откроет новые перспективы для беспроводной связи, обеспечит глобальную зону охвата, гибкость, доступность и высокую скорость передачи данных для устройств Интернета вещей.

АНТЕННАЯ ПРОДУКЦИЯ MOLEX

Надежность беспроводной связи и массогабаритные характеристики устройств Интернета вещей в значительной степени определяют требования к антенным узлам. Можно выделить три основных типа антенн в зависимости от их расположения в устройстве:

- встраиваемые антенны (установлены на печатной плате внутри устройства);
- внутренние антенны с кабелем (размещены внутри устройства и соединяются с платой с помощью коаксиального кабеля);
- наружные антенны (размещены вне устройства и подвержены воздействию неблагоприятных условий окружающей среды).

Развитие технологий Интернета вещей и портативных средств связи предъявляет новые требования к конструкции и характеристикам антенн, в том числе их габаритам,

стоимости, удобству подключения к устройству. При выборе оптимального решения следует учитывать целый ряд факторов. Хотя антенны работают независимо от беспроводного протокола (одна антенна может поддерживать более одного протокола беспроводной связи), их конструкция определяет рабочую полосу частот и радиус действия. Доступное в устройстве пространство предъявляет требования к материалу и форме антенны. Кроме того, на выбор конструкции антенны оказывают влияние окружающая среда и условия эксплуатации конечного устройства.

Сегодня повышается спрос на двух- и многодиапазонные антенны, антенны ультраширокого частотного диапазона, комбинированные антенны для глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и сотовой связи. Такие антенны позволяют упростить проектное решение и уменьшить габариты изделий, сократив при этом затраты на разработку и ускорив их выход на рынок.

Компания Molex постоянно расширяет ассортимент выпускаемой антенной продукции, предлагает изделия для локальных сетей на базе Wi-Fi и других беспроводных протоколов, сетей сотовой связи (GSM, 3G, LTE) и спутниковых навигационных систем. Сегодня для приложений Интернета вещей Molex разрабатывает антенны двух типов: встраиваемые в устройство и внутренние с кабелем.

Встраиваемые антенны предлагаются как в пластиковом корпусе с применением технологии лазерной 3D-гравировки (Laser Direct Structuring – LDS), так и керамические. Антенны этого типа отличаются компактной конструкцией, устанавливаются на печатную плату методом поверхностного монтажа.

В сегменте внутренних антенн с кабелем Molex предлагает устройства как на жестких, так и на гибких печатных

платах. Эти изделия применяются, когда нужно оптимизировать характеристики антенны благодаря их размещению ближе к внешней поверхности устройства или когда недостаточно места на печатной плате. Внутренние антенны с кабелем дают разработчику беспроводного устройства больше свободы для выбора проектного решения.

Рассмотрим подробнее ключевые семейства антенной продукции, предлагаемой компанией Molex для приложений Интернета вещей.

Вначале остановимся на антеннах для построения локальных сетей на базе Wi-Fi. Следует отметить, что, кроме Wi-Fi, эти устройства поддерживают и другие беспроводные протоколы, в том числе Bluetooth, Bluetooth LE, Thread, Wireless Hart, Zigbee. В эту категорию изделий входят как встраиваемые антенны с поверхностным монтажом на плату (SMT), так и внутренние с кабелем. Все они отличаются круговой диаграммой направленности и линейной поляризацией, не содержат галогенов и соответствуют требованиям RoHS.

Встраиваемые Wi-Fi SMT-антенны представлены четырьмя сериями (табл. 1). Изделия серий 47948 (рис. 2) и 146175 (рис. 3) – это компактные чип-антенны в экологически безопасных безгалогеновых корпусах, изготовленных по инновационной технологии литых монтажных оснований (Molded Interconnect Device – MID), которые выдерживают высокие температуры пайки в процессе сборки устройства. В корпусах этих антенн предусмотрены специальные зоны для захвата при монтаже, что позволяет использовать автоматическую установку изделия на печатную плату.

Нанесенные на поверхность антенн дорожки (золото поверх никеля) играют роль преобразователя ненаправленных электромагнитных волн в направленные

Таблица 1. Встраиваемые Wi-Fi-антенны с поверхностным монтажом на плату (SMT)

Параметры	Серия антенны			
	47948	146175	203006	206513
Материал	LDS MID	LDS MID	Керамика	Керамика
Габариты, мм	3,0×4,0×3,0	5,0×4,0×3,0	3,2×1,1×1,6	3,0×4,0×3,0
Вес, г	0,042	0,058	0,130	0,104
Частотный диапазон, МГц	2 400–2 483,5	2 400–2 483,5 5 150–5 850	2 400–2 483,5 5 150–5 850	2 400–2 483,5
Усиление, дБи	3,3 (2,4 ГГц)	3,0 (2,4 ГГц) 4,2 (5 ГГц)	2,1 (2,4 ГГц) 1,5 (5 ГГц)	3,6 (2,4 ГГц)
Обратные потери, дБ (макс.)	-10	-6	-5	-6
КПД, % (мин.)	70	70	55 (5 ГГц) 60 (2,4 ГГц)	55



Рис. 2. 2,4-ГГц LDS MID SMT чип-антенна серии 47948

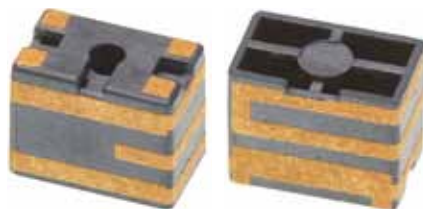


Рис. 3. 2,4/5-ГГц LDS MID SMT чип-антенна серии 146175

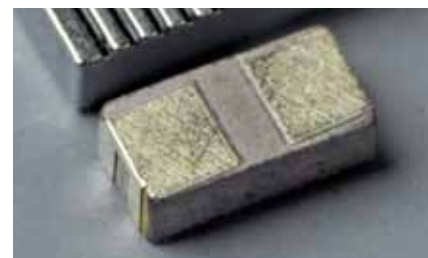


Рис. 4. 2,4/5-ГГц керамическая SMT-антенна серии 203006

и наоборот. Дорожки формируются путем лазерной 3D-гравировки (LDS), что обеспечивает высокую точность и повторяемость технологического процесса, а также высокие характеристики антенны. В антеннах этих серий предусмотрена питающая площадка, которая подключается к трансиверу через 50-Ом линию передачи на плате, а также площадка для заземления. Антенны серий 47948 и 146175 требуют установки на плату зазора величиной всего 1 мм, что позволяет высвободить место для других компонентов на плате. Серия 47948 рассчитана на частотный диапазон 2,4 ГГц, а серия 146175 может работать в двух диапазонах – 2,4 и 5 ГГц.

Антенна серии 203006 (рис. 4) – весьма компактное керамическое устройство на 2,4/5 ГГц, которое легко установить на краю печатной платы, чтобы обеспечить оптимальные характеристики. Симметричное расположение

контактных площадок этих антенн дает возможность их поворота на 180° при установке на печатную плату без изменения диаграммы направленности.

Внутренние Wi-Fi-антенны с кабелем представлены пятью сериями (табл. 2). Все они рассчитаны на работу в двух диапазонах – 2,4 и 5 ГГц. Серии 47950, 146153 (рис. 5), 206994 и 204281 (рис. 6) выполнены в виде гибкой платы и крепятся к устройству с помощью клейкой ленты. Различаются серии расположением коаксиального кабеля возбуждения: в сериях 47950 и 146153 кабель расположен по центру антенны, в 206994 и 204281 – сбоку антенны. Серия 146187 (рис. 7) выполнена в виде жесткой печатной платы, которая крепится к устройству с помощью винтов. Заказчикам предлагаются антенны серий 146153, 146187 и 204281 с кабелем длиной от 50 до 300 мм, для серии 47950 – от 100 до 200 мм, в серии 206994 предлагается вариант с длиной

Таблица 2. Внутренние Wi-Fi-антенны с кабелем

Параметры	Серия антенны				
	206994	47950	146153	146187	204281
Материал	Гибкая плата	Гибкая плата	Гибкая плата	Жесткая плата	Гибкая плата
Длина кабеля, мм	100	100, 150, 200	50, 100, 150, 200, 250, 300	50, 100, 150, 200, 250, 300	50, 100, 150, 200, 250, 300
Габариты, мм	15,40×6,40×0,15	35,90×15,90×0,10	34,90×9,00×0,10	40,95×9,00×0,70	35,00×11,00×0,10
Вид монтажа	Клейкая лента	Клейкая лента	Клейкая лента	Винты	Клейкая лента
Вес, г	0,500	0,800	0,487	0,732	0,541
Частотный диапазон, МГц	2400–2483,5 5150–5850	2400–2483,5 4800–5900	2400–2483,5 4900–5930	2400–2483,5 5150–5850	2400–2483,5 5150–5850
Усиление, дБи	3,6 (2,4 ГГц) 3,6 (5 ГГц)	100-мм кабель: 2,27 (2,4 ГГц) 4,9 (5 ГГц)	50-мм кабель: 3,2 (2,4 ГГц) 4,25 (5 ГГц)	50-мм кабель: 3,4 (2,4 ГГц) 4,75 (5 ГГц)	50-мм кабель: 2,2 (2,4 ГГц) 3,5 (5 ГГц)
Обратные потери, дБ (макс.)	-10 (2,4 ГГц) -5 (5 ГГц)	-10 (2,4 ГГц) -9 (5 ГГц)	-10	-10	-10
КПД, % (мин.)	55 (2,4 ГГц) 70 (5 ГГц)	100-мм кабель: 85 (2,4 ГГц) 85 (5 ГГц)	50-мм кабель: 78 (2,4 ГГц) 79 (5 ГГц)	50-мм кабель: 75 (2,4 ГГц) 85 (5 ГГц)	50-мм кабель: 68 (2,4 ГГц) 70 (5 ГГц)

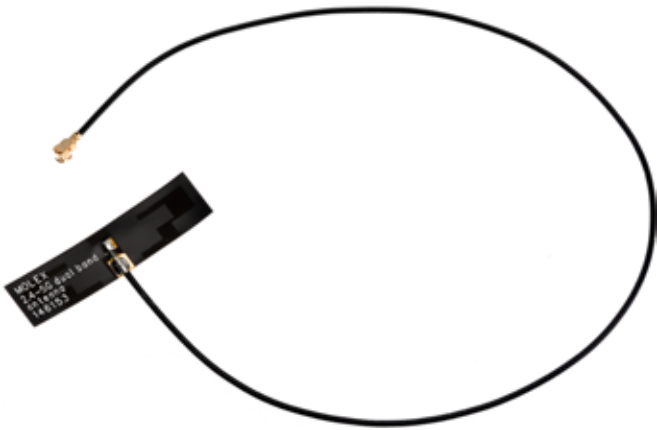


Рис. 5. 2,4/5-ГГц гибкая антенна с кабелем серии 146153

кабеля 100 мм. Коаксиальный кабель оснащен разъемом типа MCRF (полностью совместимый с разъемом u.FL).

Кроме Интернета вещей эти антенны применяются в промышленных, медицинских и автомобильных приложениях, а также в системах умного дома.

Компания Molex предлагает также антенны ISM-диапазона (табл. 3), выполненные по технологии гибких плат с центральным расположением коаксиального кабеля. Серии 105262 и 206764 – двухдиапазонные антенны, рассчитанные на частоту 868 / 915 МГц, – поддерживают протоколы LoRa, Neul, SigFox, Z-Wave и Zigbee. Созданная по фирменной технологии MobliquA антенна серии 105262 (рис. 8) занимает на 75% меньший объем по сравнению с традиционными симметричными антеннами и не требует дополнительных цепей настройки частоты.

Серия 204287 – это 433-МГц антенна с поддержкой сетей LoRa, которая для своего размера обеспечивает более высокий КПД, чем другие решения. Для всех серий этой категории антенн характерны круговая диаграмма направленности и линейная поляризация, отсутствие галогенов и соответствие требованиям RoHS.



Рис. 7. 2,4/5-ГГц антенна с кабелем серии 146187



Рис. 8. Гибкая ISM-антенна серии 105262



Рис. 9. Активная патч-антенна для ГНСС серии 206640



Рис. 6. 2,4/5-ГГц гибкая антенна с кабелем серии 204281

ISM-антенны от Molex применяются в системах умного дома, интеллектуальных счетчиках, системах дистанционного открывания замков без ключа, дронах, а также в медицинских и научных приложениях, например в оптических коммуникационных системах.

Отвечая на растущий спрос на приложения, связанные с навигацией, телематикой и слежением за различными объектами, компания Molex разработала и запустила в массовое производство семейство антенн различной конструкции для глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) (табл. 4). Для этих приложений требуются антенны, отличающиеся компактными размерами, большой величиной коэффициента усиления и высокой эффективностью. Они должны также поддерживать широкий диапазон рабочих температур. Недавно семейство ГНСС-антенн от Molex пополнилось двумя новыми антеннами – активной патч-антенной серии 206640 и гибкой антенной серии 206560.

Керамическая патч-антенна серии 206640 с поддержкой GPS / Beidou / ГЛОНАСС / Galileo (рис. 9) содержит маломощный усилитель (МШУ) и ПАВ-фильтр, установленные на печатной плате. Эта антенна отличается высоким

Таблица 3. Антенны ISM-диапазона

Параметры	Серия антенны		
	105262	204287	206764
Протокол	LoRa, Neul, SigFox, Z-Wave, Zigbee	LoRa	LoRa, Neul, SigFox, Z-Wave, Zigbee
Материал	Гибкая плата	Гибкая плата	Гибкая плата
Длина кабеля, мм	50, 100, 150, 200, 250, 300	50, 100, 150, 200, 250, 300	50, 100, 150, 200, 250, 300
Габариты, мм	79,00×10,00×0,10	90,00×40,00×0,10	87,40×12,40×0,10
Вид монтажа	Клейкая лента	Клейкая лента	Клейкая лента
Вес, г	0,690	1,243	0,745
Частотный диапазон, МГц	863–870	433	863–870
	902–928		902–928
Усиление, дБи	50-мм кабель: 0,4 (868 МГц) 1,4 (915 МГц)	50-мм кабель: 0,8	50-мм кабель: 1, 3 (868/915 МГц)
	Обратные потери, дБ (макс.)		-6
КПД, % (мин.)	50-мм кабель: 67 (915 МГц) 50 (868 МГц)	50-мм кабель: 56	50-мм кабель: 71 (868/915 МГц)

Таблица 4. Антенны для ГНСС

Параметры	Серия антенны						
	206560	206640	146235	146216	146168	204286	204283
Материал	Гибкая плата	Керамика + печатная плата	LDS MID	LDS MID	Керамика	Керамика	Керамика
Габариты, мм	40,4×15,4×0,1	25×25×6,5	3×5×4	11,8×11,5×6	25×25×4	25×25×4	3,2×1,6×1,1
Зазор на печатной плате, мм	Без зазора	Без зазора	4×6	Без зазора	Без зазора	Без зазора	5×6
Частотный диапазон, МГц	1558–1564	1559–1563	1556–1566	1556–1566	1572–1578	1556–1566	1556–1566
	1572–1578	1574–1575	1570–1580	1570–1580		1570–1580	1570–1580
	1599–1605	1597–1607	1597–1607	1597–1607		1597–1607	1597–1607
Обратные потери, дБ (макс.)	-8	-8	-8	-10	-15	-10	-10
Усиление, дБи	1,5	28 (МШУ)	1,1	1	5,5	5,5	2
КПД, % (мин.)	74 (50-мм кабель)	н.д.	50	55	75	70	60
Поляризация	Линейная	RHCP	Эллиптическая	RHCP	RHCP	Эллиптическая	Линейная



Рис. 10. Низкопрофильная керамическая ГНСС-антенна серии 204283

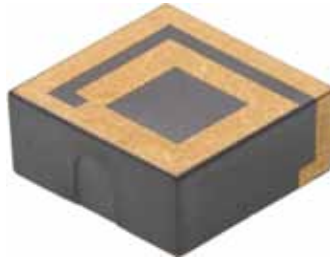


Рис. 12. LDS MID ГНСС-антенна серии 146216

коэффициентом усиления, низким уровнем шума и низкопрофильной конструкцией. ПАВ-фильтр подавляет паразитные сигналы вне требуемой полосы частот. Все компоненты антенны интегрированы в компактный модуль (25×25×6,5 мм). Антенна комплектуется 60-мм кабелем с миниатюрным разъемом IPEX-1 (u.FL или MCRF).

Гибкая полностью симметричная антенна серии 206560 с поддержкой GPS/Beidou/ГЛОНАСС снабжена кабелем длиной от 50 до 300 мм и разъемом UFL. Ее можно устанавливать вне зависимости от расположения шин заземления на устройстве.

Миниатюрная низкопрофильная керамическая ГНСС-антенна серии 204283 с поддержкой GPS/Beidou/ГЛОНАСС/Galileo (рис. 10) габаритами 3,2×1,6×1,1 мм требует для размещения на плате зоны, свободной от других компонентов, размером всего 5×6 мм. Эта рамочная антенна снабжена контактными площадками для заземления и питания. Излучатель играет роль преобразователя ненаправленных электромагнитных волн в направленные и наоборот. Керамический корпус выдерживает высокую температуру пайки.

Керамическая ГНСС-антенна серии 204286 (рис. 11), поддерживающая GPS/Beidou/ГЛОНАСС, не требует зазора при размещении на печатной плате, отличается высокой эффективностью – КПД не менее 70%. Антенна легко крепится к печатной плате устройства с помощью клейкой ленты.

В навигационных системах, использующих антенны с линейной поляризацией, часто встречаются аномалии в распространении сигналов и эффекты отражения от земной поверхности. В антеннах с круговой и эллиптической поляризацией серий 146216, 146235 и 146168, которые предлагает Molex, эти эффекты в значительной степени преодолены.



Рис. 11. Керамическая ГНСС-антенна серии 204286



Рис. 13. LDS MID ГНСС-антенна серии 146235

ГНСС-антенна серии 146216 с поддержкой GPS/Beidou/ГЛОНАСС изготовлена по MID-технологии (рис. 12) и не содержит галогенов. Излучатель этих антенн формируется путем лазерной 3D-гравировки (LDS), что обеспечивает высокую точность и повторяемость технологического процесса. Для установки этой антенны на плату зазора не требуется.

Спиральная ГНСС-антенна серии 146235, также поддерживающая GPS/Beidou/ГЛОНАСС, изготовлена с применением MID- и LDS-технологий (рис. 13). Габариты ее компактного безгалогенового корпуса составляют всего 3×5×4 мм.

ГНСС-антенны от Molex находят применение в широком спектре систем, включая навигационные системы на транспорте, системы геодезической разведки и картографирования, системы аварийного реагирования, дроны и др.

В последнее время повышается спрос на комбинированные многодиапазонные антенны, на основе которых можно создавать универсальные компактные устройства для широкого спектра беспроводных применений. Компания Molex предлагает несколько серий таких антенн (табл. 5), для которых характерны линейная поляризация и круговая диаграмма направленности. Антенны этого типа предназначены для приложений умного дома, автомобильных приложений, подключенных транспортных средств.

Среди этого класса антенн следует отметить керамическую антенну серии 201932 (рис. 14), предназначенную для работы в трех частотных диапазонах: 900-МГц ISM и 2,4/5-ГГц Wi-Fi. Антенна также поддерживает работу беспроводных устройств в сетях сотовой связи. Серии 146186, 146220 и 203007 рассчитаны как для работы совместно с ГНСС, так и построения локальных сетей на основе Wi-Fi.



Рис. 14. Трехдиапазонная SMT-антенна серии 201932

Еще одна категория антенн для приложений Интернета вещей, предлагаемых компанией Molex, – антенны для сотовой связи. При проектировании мобильных устройств сотовой связи разработчики сталкиваются с рядом проблем. В дифференциальных линиях передачи высокоскоростных интерфейсов мобильных устройств (HDMI, USB) могут генерироваться синфазные помехи, которые снижают чувствительность приема на частотах сотовой связи. Кроме того, когда мобильные устройства находятся

в руке абонента во время приема сигнала, рабочая частота антенны может смещаться, значительно ухудшая характеристики приема. Для решения этих проблем компания Molex разработала керамические антенны серий 146200, 204774 и 206760.

Керамические SMT-антенны серии 146200 (рис. 15), рассчитанные на работу в диапазонах частот 698–960 МГц и 1710–2700 МГц, обеспечивают КПД выше 40% во всех диапазонах. Антенны этой серии используют не прямое (бесконтактное) возбуждение для снижения эффекта рассогласования импеданса, когда мобильное устройство находится в руке или рядом с абонентом. Это улучшает условия приема сигнала и характеристики излучения. Уникальная диаграмма направленности излучателя антенны позволяет расширить полосу пропускания, определяемую по полному входному сопротивлению, по сравнению с традиционными решениями. Все излучатели

Таблица 5. Комбинированные многодиапазонные антенны

Параметры	Серия антенны			
	146186	146220	201932	203007
Протокол	Beidou, Galileo, ГЛОНАСС, GPS, BLE, BT, Thread, Wi-Fi, Wireless Hart, Zigbee	Beidou, Galileo, ГЛОНАСС, GPS, BLE, BT, Thread, Wi-Fi, Wireless Hart, Zigbee	BLE, BT, LoRa, SigFox, Thread, Wi-Fi, Wi-Fi HaLow, Wireless Hart, Z-Wave, Zigbee	Beidou, Galileo, ГЛОНАСС, GPS, BLE, BT, Thread, Wi-Fi, Wireless Hart, Zigbee
Материал	Гибкая плата	Жесткая плата	Керамика	Керамика
Длина кабеля, мм	50, 100, 150, 200, 250, 300	50, 100, 150, 200, 250, 300	-	-
Габариты, мм	53,0×18,0×0,1	53,5×16,6×0,81	20,0×5,0×4,0	3,2×1,6×1,1
Вид монтажа	Клейкая лента	Винты	SMT	SMT
Вес, г	0,566	1,644	1,568	0,029
Частотный диапазон, МГц	1575,42–1602	1575,42–1602	900–924	1561–1602
	2400–2483,5	2400–2483,5	2400–2500	2400–2483,5
	5150–5850	5150–5850	5150–5850	5150–5850
Усиление, дБи	50-мм кабель: 3,15 (1575 МГц)	50-мм кабель: 2,6 (1575 МГц)	0,7 (900 МГц)	-0,3 (1602 МГц)
	3,15 (2,4 ГГц)	3,1 (2,4 ГГц)	4,2 (2,4 ГГц)	0,6 (2,4 ГГц)
	4,25 (5 ГГц)	3,8 (3 ГГц)	4,5 (5,15 ГГц)	0,9 (1561 МГц)
	5,0 (3 ГГц)	4,1 (5 ГГц)		1,0 (1575 МГц)
Обратные потери, дБ (макс.)	-10	-8	-5	-5,5
	50-мм кабель: 72 (1575 МГц)	50-мм кабель: 82 (2,4 ГГц)	40 (900 МГц)	50 (1602 МГц)
КПД, % (мин.)	74 (5 ГГц)	82 (3 ГГц)	55 (5,15 ГГц)	50 (5 ГГц)
	77 (2,4 ГГц)	84 (1575 МГц)	65 (2,4 ГГц)	55 (1561 МГц)
	84 (3 ГГц)	88 (5 ГГц)		55 (1575 МГц)
				55 (2,4 ГГц)



Рис. 15. Керамическая антенна для сотовой связи серии 146200

антенны непосредственно соединены с землей для исключения выхода из строя устройства из-за электростатического разряда. В серии предусмотрено два варианта антенн с зеркально симметричной диаграммой направленности. Габариты антенны составляют $40 \times 5 \times 5$ мм, зона для монтажа на печатной плате – 50×10 мм. Пиковое усиление на частоте 1710 МГц достигает 3,8 дБ.

Керамические SMT-антенны серии 204774 (рис. 16), предназначенные для работы в диапазонах частот 790–960 МГц и 1710–2700 МГц, характеризуются высокой



Рис. 16. Керамическая антенна для сотовой связи серии 204774

эффективностью – их КПД равен 70% в диапазоне 1710–2700 МГц. Коэффициент усиления этих антенн на частоте 1710 МГц достигает 4,8 дБ. Благодаря низкопрофильной конструкции и компактным размерам (всего $33 \times 6 \times 3$ мм) антенны подходят для миниатюрных мобильных устройств.

Ключевыми приложениями керамических антенн для сотовой связи от Molex являются MIMO-маршрутизаторы, оборудование беспроводной инфраструктуры, спутниковые коммуникационные системы.

Наряду с рассмотренными типами антенн компания Molex предлагает ультраширокополосную гибкую антенну серии 146184, которая обеспечивает высокую эффективность (не менее 70%) в диапазоне частот от 3 до 6 ГГц, и прямоугольные антенны разных размеров для коммуникаций на малые расстояния по протоколу NFC. Кроме того, компания Molex проектирует и изготавливает антенны и антенные узлы по ТУ заказчика. ●