

Мощные полосковые СВЧ-резисторы P1-17

Борис ИВАНОВ
Алексей МЫШАЕВ
Елена МИХЕЕВА

В связи с активным развитием СВЧ-электроники в последнее время наблюдается устойчивый рост интереса и к СВЧ элементной базе, и, что особенно важно, это касается не только продукции с приемкой заказчика, но и гражданской, что в текущих экономических условиях показательно.

Основной движущей силой развития СВЧ-электроники являются телекоммуникационные системы, в первую очередь средства связи, навигации и радиолокации. Более того, все активнее СВЧ-электроника применяется в автомобильной, медицинской и бытовой технике.

Наиболее очевидный прогресс за последние 20 лет произошел в области полосковой СВЧ-электроники, причем российские разработчики здесь достаточно уверенно конкурируют с иностранными. Среди отечественных производителей резисторов наибольший вклад в развитие производства полосковых СВЧ-элементов внесли ОАО «НПО «ЭРКОН»» и ОАО «КБ «Икар»».

Первые полосковые СВЧ-резисторы (С6-9, P1-8) были разработаны в 1970-х годах и предназначались для гибридных СВЧ-микросхем и модулей. В качестве материалов резистивного слоя использовались сплавы на основе силицидов хрома (РС3710, 5402 и т. п.). Данные материалы обеспечивают приемлемые значения стабильности под электрической нагрузкой и ТКС в пределах ± 150 ppm/град.

Основная тенденция в развитии СВЧ компонентной базы в последующие годы — это увеличение мощности и рабочих частот изделий при одновременном уменьшении их габаритных размеров. Результатом работ в этом направлении стала серия мощных СВЧ-резисторов для полосковых линий: P1-2, P1-3, P1-5, P1-9, P1-17. Конструктивно этот вид резисторов представляет собой плоский чип с планарными контактами и металлизированной обратной стороной, он устанавливается непосредственно на теплоотвод с помощью пайки либо на промежуточный элемент крепления — винт или фланец.

Резисторы P1-2 и P1-5 не получили широкого распространения в основном из-за достаточно низкой мощности рассеяния (до 5 Вт), в то время как резисторы P1-3, P1-9 и P1-17 активно применяются в широком спектре СВЧ-аппаратуры. Из резисторов данной группы по своим характеристикам наиболее перспективными являются резисторы P1-17.

Данный тип резистора предназначен для работы с теплоотводом в широкополосных узлах высокочастотной аппаратуры в ка-

честве оконечных нагрузок, в цепях деления и суммирования мощности, на постоянном и переменном токе в диапазоне частот от 0 до 3000 МГц. Диапазон рабочих температур: $-60...+125$ °С. Основные параметры данных резисторов указаны в таблице.

Варианты исполнения представлены на рис. 1.

Производство резисторов P1-17 началось в 1996 году. Изначально был разработан вариант резистора мощностью 100/150 Вт, в 2006 году ряд дополнило изделие P1-17 мощностью 400 Вт, и в 2007 году появился вариант мощностью 250 Вт.

На российском рынке присутствуют также аналогичные изделия зарубежного производства. По экспертным оценкам соотношение долей рынка импортных/отечественных изделий можно представить как пятьдесят на пятьдесят. В данном случае емкость сегмента импортных аналогов оценивается приблизительно в 13 000 штук в год.

Из импортных аналогов наиболее распространены резисторы производства американских компаний Anaren (модели RFP-250-50 RM, RFP-400-50T) и ATC (модели CR13725T0100J, CR13737T0100J, FR10870N0100JBK, FR10975N0100JBK), которые составляют 80–90% от объема рынка импортных аналогов P1-17. Помимо этого, предлагаются изделия американских фирм Aeroflex (KDI-Resistor Products) и Barry (Barry Industries, Inc).

Здесь необходимо отметить, что большинство зарубежных производителей вместо традиционной для мощных резисторов керамики на нитриде алюминия (AlN) применяют в своих изделиях подложку на основе оксида бериллия (BeO). Это позволяет добиться лучшей теплоотдачи, но негативно сказывается на экологической безопасности, так как соединения бериллия очень ядовиты, особенно в виде пыли и дыма, обладают аллергическим и канцерогенным действием, раздражают кожу и слизистые оболочки.

Проводя анализ применения P1-17 отечественными производителями за период с 2004 по 2009 год, можно сказать, что за 9 месяцев 2009 года реализация данного типа резисто-

Таблица. Основные параметры мощных полосковых СВЧ-резисторов P1-17

| Вид резистора | Номинальная мощность рассеяния, Вт | Номинальное сопротивление, Ом | Допускаемое отклонение сопротивления, % | Диапазон рабочих частот, ГГц | Наработка, ч | Масса, не более, г |
|----------------|------------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|--------------|--------------------|
| P1-17-100 | 100 | 12,5; 25; 50; 75; 100 | $\pm 1; \pm 5$ | 4,3 | 20 000 | 4,0 |
| P1-17-150 | 150 | | | 4,3 | | |
| P1-17-250 | 250 | 12,5; 25; 50; 75; 100 | ± 5 | 6,5 | 15 000 | 7,0 |
| P1-17-400 | 400 | | | 12,4 | | |
| P1-17-100-1 | 100 | 12,5; 25; 50; 75; 100 | $\pm 1; \pm 5$ | 4,3 | 20 000 | 1,5 |
| P1-17-150-1 | 150 | | | 4,3 | | |
| P1-17-A* | 150 | 12,5; 25; 50; 75; 100; 150 | $\pm 1; \pm 5$ | (от 0 до 1,0) | 15 000 | 3,5 |
| P1-17-B* | 150 | | | (от 0 до 0,8) | | |
| P1-17-250-2* | 250 | 12,5; 25; 50; 75; 100 | ± 5 | (от 0 до 0,8) | 15 000 | 10,5 |
| P1-17-400-2* | 400 | | | (от 0 до 0,4) | | |
| P1-17-400-2.1* | 400 | 50 | ± 5 | (от 0 до 0,5) | 15 000 | 10,5 |

Примечание. *Резистор может использоваться в качестве оконечной нагрузки.

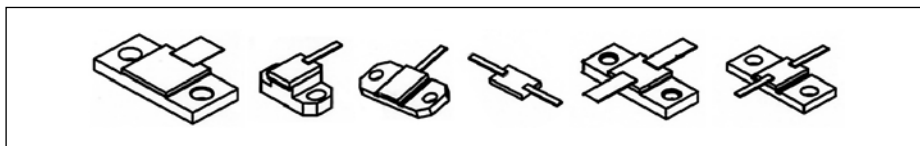


Рис. 1. Варианты исполнения резисторов P1-17

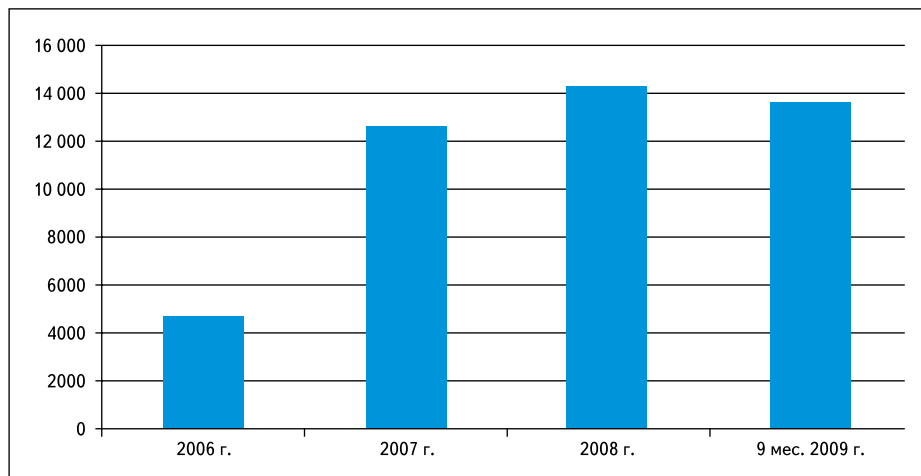


Рис. 2. Объемы (в шт.) реализации резисторов P1-17 отечественными производителями

ров увеличилась в 5,78 раза по сравнению с 2004 годом. Динамика потребления резисторов P1-17 в 2006–2009 годах представлена на рис. 2.

В 2007 году прирост потребления резисторов P1-17 составил 168%, в 2008 году — 13,8%, по итогам 2009 года ожидается увеличение потребления на уровне 15%.

Наибольшим спросом у потребителей пользуются резисторы мощностью 150 Вт, составляющие около 74% от общего количества реализованных резисторов (рис. 3).

Оценивая перспективы развития производства резисторов P1-17, необходимо учитывать тенденции развития электронной промышленности в целом и реализацию ряда федеральных целевых программ. К числу определяющих нормативных документов в этом отношении относятся ФЦП «Глобальная навигационная система», «Федеральная космическая программа России на 2006–2015 гг.», «Национальная технологическая база», «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.».

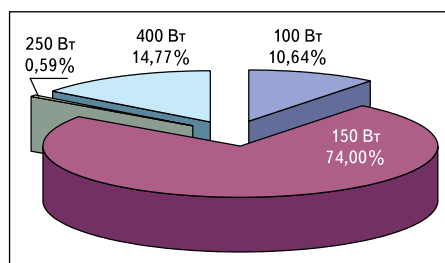


Рис. 3. Реализация резисторов P1-17 по мощностям в 2008 году

В соответствии с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития России до 2020 года» производство продукции электронной промышленности вырастет в 2010 году в 1,8 раза, а в 2020 году — в 3,13 раза по отношению к 2007 году. Предполагаемый объем производства продукции электронной промышленности оценивается в 2010 году в размере 25 млрд руб., в 2020 году — 45 млрд руб.

Прогнозируется расширенный объем поставок электроники двойного назначения

на внутренние и внешние рынки (дополнительный потенциал от реализации только изделий СВЧ-электроники на 2012–2015 годы оценивается в размере \$200–250 млн в год).

Дальнейшее развитие производства резисторов P1-17 определяют такие крупные интегрированные структуры, как ОАО «Концерн «Радиотехнические и Информационные Системы»», ОАО «Концерн «ПВО «Алмаз-Антей»», ОАО «Концерн радиостроения «Вега»», ОАО «Концерн «Созвездие»» и ОАО «Российская электроника». Так, например, в 2008 году более 90% от общего объема реализации P1-17 приходилось на долю концернов.

По оценкам экспертов, спрос на мощные полосковые СВЧ-резисторы увеличивается не менее чем на 10% в год. Таким образом, к 2015 году объемы реализации подобных изделий на российском рынке могут составить около 29 000 штук.

В настоящее время резисторы P1-17 производятся с категорией качества ОТК, появление на рынке резистора P1-17 с категорией качества ВП (планируется к концу 2010 года) могло бы способствовать укреплению позиций отечественных производителей.

Одним из дальнейших шагов по развитию российского производства мощных полосковых СВЧ-резисторов может стать освоение серийного выпуска резисторов P1-80 с улучшенными частотно-мощностными параметрами.

Литература

1. Данные расширенного совещания руководителей предприятий радиоэлектронной промышленности «Об итогах деятельности радиоэлектронной промышленности в 2008 году и основных задачах на 2009 год»: <http://www.rosrep.ru>
2. Симаков С. В., Зудин Н. Н., Суралева Т. А., Подмогаев В. Е., Пратусевич Н. Я. ВЧ- и СВЧ-резисторы и поглотители // Пассивные электронные компоненты-2008: труды междунар. научно-техн. конференции. Н. Новгород, 2008.