

Детекторы фирмы АЭРОФЛЕКС

Д.Е. Губарев¹, А.Н. Зикий², П.Н. Зламан², С.О. Мамченко²

¹Таганрогский научно-исследовательский институт связи, Таганрог

²Южный Федеральный Университет, Таганрог

Аннотация: Проведен обзор серийных детекторов СВЧ фирмы АЭРОФЛЕКС. Рассмотрены параметры 116 моделей детекторов. Отмечены особенности продукции фирмы АЭРОФЛЕКС, в том числе широкий частотный диапазон, высокая чувствительность, жесткие условия эксплуатации, разнообразие конструктивного исполнения, в том числе коаксиального и полоскового типа.

Ключевые слова: Детектор, чувствительность по напряжению, тангенциальная чувствительность, коэффициент стоячей волны, неравномерность передаточной характеристики, смещение, защита от перегрузки.

Амплитудные детекторы являются основным узлом для широкой номенклатуры устройств, обеспечивающих информационную безопасность в радиодиапазоне. Они применяются в приемниках радиоперехвата, устройствах поиска «жучков», детекторах поля, радиопеленгаторах и измерительной аппаратуре.

Амплитудным детекторам посвящен ряд монографий [1,2], учебных пособий [3], диссертаций [4]. Однако широкое разнообразие применений и требований к параметрам детекторов приводит к необходимости изучения достигнутого уровня и поиска новых технических решений [5,6].

Компания АЭРОФЛЕКС (США) является мировым производителем высокоточного измерительного оборудования и микроэлектронных компонентов.

Благодаря разнообразию своей детекторной продукции фирма АЭРОФЛЕКС является крупнейшим поставщиком детекторов СВЧ. В то время как большинство фирм сосредоточились на совершенствовании детекторов на диодах с барьером Шотки, фирма АЭРОФЛЕКС дополнила свою продукцию тремя линейками детекторов на туннельных диодах.

Целью настоящей работы является ознакомление разработчиков приемопередающей аппаратуры с достижениями зарубежных специалистов в области

детекторов СВЧ. В ранее опубликованном обзоре [5] эти результаты не нашли отражения.

Ниже в лаконичном табличном варианте приведены сведения о 116 моделях детекторов СВЧ [7,8]. Вряд ли найдется другая фирма, сравнимая с АЭРОФЛЕКС по количеству моделей детекторов СВЧ.

В таблице 1 приведены параметры коаксиальных детекторов на диодах с барьером Шотки.

В таблице 2 содержатся сведения о коаксиальных детекторах на диодах с барьером Шотки и аттенюаторами на входе.

В таблице 3 имеются параметры о детекторах на диодах с барьером Шотки и защитой по выходу от статического электричества.

В таблице 4 перечислены сведения о самых чувствительных детекторах фирмы АЭРОФЛЕКС, при этом они имеют защиту по выходу от статического электричества.

В таблице 5 содержатся сведения о детекторах с максимально плоской частотной характеристикой на диодах с барьером Шотки.

Таблица 6 иллюстрирует параметры детекторов с аттенюаторами на входе и нулевым смещением. У них ниже чувствительность, но лучше неравномерность частотной характеристики.

В таблице 7 имеются сведения о коаксиальных детекторах на туннельных диодах с предельно стабильным выходным напряжением $\pm 0,15$ дБ в широком диапазоне температур (от минус 65°C до $+100^{\circ}\text{C}$).

В таблице 8 перечислены параметры детекторов на туннельных диодах с низким выходным сопротивлением 120 Ом. Диапазон рабочих частот не более 20 ГГц.

В таблице 9 можно видеть параметры детекторов на туннельных диодах с низким выходным сопротивлением 120 Ом и диапазоном рабочих частот 18-26 ГГц и 26-40 ГГц.

В таблице 10 приведены параметры детекторов на туннельных диодах с корпусом для поверхностного монтажа.

Таблица №1

Коаксиальные детекторы на диодах с барьером Шоттки

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Миним. чувствительность K (mV/mW)	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Типовая тангенц. чувств.(dBm)	Номинальная вых. емкость (pF)	Тип стандартного корпуса	Опциональный тип корпуса
0.1-1	ACSP-2517N	2000	0.28	-52	270	C3	C8,C15,C32
0.1-2	ACSP-2538N	2000	0.3	-52	270	C3	C8,C15,C32
0.5-2	ACSP-2501N	2000	0.3	-53	75	C3	C8,C15,C32
1-4	ACSP-2630N	2000	0.3	-53	39	C3	C8,C15,C32
2-4	ACSP-2502N	2000	0.2	-53	20	C3	C8,C15,C32
2-6	ACSP-2546N	2000	0.3	-53	12	C3	C8,C15,C32
1-6	ACSP-2656N	2000	0.5	-53	12	C3	C8,C15,C32
4-8	ACSP-2503N	2000	0.3	-53	12	C3	C8,C15,C32
0.5-12	ACSP-2658N	2000	1.3	-52	75	C3	C8,C15,C32
1-12	ACSP-2762N	2000	1.5	-51	20	C3	C8,C15,C32
2-12	ACSP-2507N	2000	1.1	-53	12	C3	C8,C15,C32
8-12	ACSP-2504N	2100	0.4	-53	12	C3	C8,C15,C32
0.5-18	ACSP-2572N	1800	1.5	-52	12	C3	C15, C32
1-18	ACSP-2759N	1500	1.25	-50	20	C3	C15, C32
2-18	ACSP-2506N	1800	1.5	-51	12	C3	C15, C32
6-18	ACSP-2523N	1800	1.0	-51	12	C3	C15, C32
12-18	ACSP-2505N	2000	0.6	-52	12	C3	C15, C32

Таблица №2

Коаксиальные детекторы на диодах Шоттки (с аттенюаторами или резисторами)

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Миним. чувствительность K (mV/mW)	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Типовой КСВН	Номинальная вых. емкость (pF)	Тип стандартного корпуса	Опциональный тип корпуса
0.005-0.05	ACSP-2531N	750	0.1	2.0:1	1000	C3	C8,C15
0.05-0.5	ACSP-2543N	1600	0.3	2.0:1	270	C3	C8,C15
0.001-1	ACSP-2609N	1800	0.2	2.0:1	470	C3	C8,C15
0.1-1	ACSP-2761N	1200	0.2	2.0:1	1000	C3	C8,C15
0.01-4	ACSP-2755N	1800	0.4	2.0:1	270	C3	C8,C15
0.01-4	ACSP-2655N	600	0.4	1.25:1	270	C3	C8,C15
4-8	ACSP-2602N	600	0.3	1.5:1	10	C3	C8,C15,C32
8-12	ACSP-2667N	750	0.5	1.9:1	10	C3	C8,C15,C32
0.01-20	ACSP-2644N	500	1.0	1.8:1	12	C3	C15, C32
0.01-20	ACSP-2643N	900	1.5	2.8:1	75	C3	C15, C32

Таблица №3

Детекторы на диодах Шоттки

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Миним. чувствительность K (mV/mW)	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Типовая тангенц. чувств.(dBm)	Номинальная вых емкость (pF)	Тип стандартного корпуса	Опциональный тип корпуса
0.95-1.25	ACSM-	2000	0.2	-53	20	M51	-



	2036P						
1-1.5	ACSM - 2155P	1700	0.25	-52	75	M51	-
2-6	ACSM - 2030P	2000	0.3	-53	12	M51	-
2-12	ACSM - 2032P	2000	1.0	-52	12	M51	-
2-18	ACSM - 2031P	1700	1.3	-51	12	M51	-
8-18	ACSM - 2033P	1700	1.0	-51	12	M51	-
12-18	ACSM - 2034P	1800	0.75	-51	12	M51	-
17-18	ACSM - 2139P	1700	0.5	-51	9	M51	

Таблица №4

Детекторные модули на диоде Шоттки

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Миним. Чувствительность K (mV/mW)	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Типовая тангенц. чувств.(dBm)	Номинальная емкость (pF)	Тип стандартного корпуса	Опциональный тип корпуса
0.1-1	ACSM - 2035N	2000	0.25	-52	270	M12*	M17, M47
0.5-2	ACSP-2001N	2000	0.4	-53	75	M12*	M17, M47
1-2	ACSM - 2066N	2000	0.2	-53	20	M12*	M17, M47, M51
0.5-4	ACSM - 2108N	2000	0.4	-53	20	M12*	M17, M47, M51
1-4	ACSM - 2038N	2000	0.4	-53	20	M12*	M17, M51
2-4	ACSM - 2002N	2000	0.4	-53	20	M12*	M17, M51
1-8	ACSM - 2075N	2000	0.5	-53	20	M12*	M17
2-8	ACSM - 2014N	2000	0.5	-53	20	M12*	M17
4-8	ACSM - 2003N	2000	0.4	-53	20	M12*	M17, M51
2-12	ACSM - 2007N	2000	0.9	-52	20	M12*	M17
8-12	ACSM - 2004N	2000	0.65	-52	12	M12*	M17
1-18	ACSM - 2047N	1800	1.0	-51	20	M12*	M17
2-18	ACSM - 2006N	1800	1.0	-51	12	M12*	M17
8-18	ACSM - 2015N	1800	0.7	-52	12	M12*	M17
12-18	ACSM - 2005N	2000	0.6	-52	12	M12*	M17

Таблица №5

Детекторы на диодах Шотки с максимально плоской характеристикой

Частотный диапазон (MHz)	Неравномерность частотной хар-ки (+/-dB)	КСВН	Максимальная входная мощность (dBm)	Тип стандартного корпуса	Оptionальный Тип корпуса
12mV@-20dBm	0.5dB@-20dBm	2:1@-20dBm	+20	M2 2	C36,C37
100mV@-10dBm	0.7dB@-10dBm	3:1@-20dBm			
500mV @0dBm	0.7dB@0dBm	4.5:1@-0dBm			
1V@+5dBm	1.0dB@+5dBm	-			

Таблица №6

Детекторы на диодах Шотки с нулевым смещением с аттенуатором

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Тангенц. Чувствит (dBm)	Внутренний аттенуатор (dB)	Миним. чувствительность К (mV/mW)	Тип стандартного корпуса	Оptionальный тип корпуса
2-4	ACSP-2579NZ	0.2	-45	6	500	C3	C8,C15
0.01-8	ACSP-2539NZ	0.5	-45	6	500	C3	C8,C15,C32
7.9-8.4	ACSP-2518NZ	0.1	-45	6	500	C3	C8,C15,C32
7.9-8.4	ACSP-2519NZ	0.1	-48	3	1000	C3	C8,C15,C32
0.01-12.4	ACSP-2663NZ	0.5/octave	-45	6	500	C3	C8,C15,C32
0.01-18	ACSP-2544NZ	0.5/octave	-45	6	500	C3	C15,C32
0.01-18	ACSP-2551NZ	0.5/octave	-44	7	400	C3	C15,C32
5-18	ACSP-2521NZ	0.5/octave	-44	6	500	C3	C15,C32
0.01-20	ACSP-2643NZ	0.5/octave	-46	3	1000	C3	C15,C32
0.01-20	ACSP-2644NZ	1.0	-44	7	500	C3	C15,C32

Таблица №7

Коаксиальные детекторы на туннельных диодах

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Миним. чувствительность К (mV/mW)	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Типовая тангенц. чувств (dBm)	Типовой КСВН	Номинальная емкость (pF)	Стандартный тип корпуса	Оptionальный тип корпуса
0.1-0.5	АСТР-1523N	800	0.3	-51	2.5:1	270	C3	C8,C15,C62
0.1-1	АСТР-1572N	900	0.4	-51	2.5:1	270	C3	C8,C15,C62
0.5-1	АСТР-1524N	800	0.2	-51	2.5:1	39	C3	C8,C15
0.1-2	АСТР-1629N	900	0.35	-51	2.3:1	75	C3	C8,C15,C62
0.5-2	АСТР-1501N	800	0.35	-51	2.3:1	39	C3	C15
1-2	АСТР-1525N	800	0.25	-51	2.5:1	20	C3	C15
0.1-4	АСТР-1573N	800	0.3	-51	2.3:1	75	C3	C8,C15,C62
2-4	АСТР-1502N	800	0.2	-51	2.3:1	20	C3	C15
2-6	АСТР-1514N	800	0.5	-51	2.3:1	20	C3	C32,C5,C15
1-12	АСТР-1663N	700	0.85	-50	2.5:1	20	C3	C8,C15,C62
2-8	АСТР-1555N	750	0.5	-51	2.5:1	20	C3	C8,C15
4-8	АСТР-1503N	750	0.4	-51	2.5:1	9	C3	C32



4-8	АСТР-1648N	650	0.4	-50	2.0:1	12	C3	C8, C15
6-12	АСТР-1583N	750	0.4	-50	2.5:1	12	C3	C8, C15
8-12	АСТР-1504N	700	0.4	-50	2.4:1	9	C3	
2-18	АСТР-1528N	650	1.0	-50	2.8:1	12	C3	C32
0.5-18	АСТР-1584N	600	1.3	-50	3.0:1	20	C3	C32, C15
1-18	АСТР-1625N	650	1.1	-50	2.7:1	20	C3	C32, C15
6-18	АСТР-1563N	600	0.9	-50	2.8:1	12	C3	C32, C15
7-18	АСТР-1662N	650	1.0	-50	2.7:1	12	C3	C32
8-18	АСТР-1506N	650	0.7	-50	2.3:1	12	C3	
12-18	АСТР-1505N	700	0.4	-51	2.1:1	9	C3	

Таблица №8

Детекторы на туннельных диодах

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Миним. чувствительность K (mV/mW)	Неравномерность частотной характеристики(+/-dB)	Типовая тангенц. чувствит (dBm)	Типовой КСВН	Номинальная емкость (pF)	Тип стандартного корпуса	Оptionальный тип корпуса
0.005-0.5	АСТМ-1078N	800	0.2	-50	2.2:1	1000	M12*	M35
0.05-0.5	АСТМ-1155N	700	0.3	-49	2.2:1	470	M12*	M35
0.01-0.75	АСТМ-1080N	800	0.3	-50	2.4:1	1000	M12*	M35
0.1-1	АСТМ-1037N	900	0.2	-51	2.3:1	270	M12*	M35
0.01-2	АСТМ-1069N	400	0.3	-49	1.5:1	1000	M12*	M35
0.1-2	АСТМ-1071N	900	0.2	-51	2.0:1	75	M12*	M35
0.5-2	АСТМ-1001N	900	0.25	-49	2.5:1	75	M12*	M34, M47
1-2	АСТМ-1013N	850	0.2	-51	1.9:1	20	M12*	M34, M35, M47, M51
0.1-4	АСТМ-1073N	800	0.25	-51	2.0:1	75	M12*	-
0.5-4	АСТМ-1054N	800	0.35	-51	2.0:1	39	M12*	M34, M35, M47, M51
2-4	АСТМ-1002N	850	0.35	-50	2.0:1	39	M12*	M34, M35, M47, M51
0.1-6	АСТМ-1017N	700	0.35	-51	2.2:1	75	M12*	-
2-6	АСТМ-1006N	900	0.4	-51	2.5:1	20	M12*	M51
2-8	АСТМ-1007N	750	0.5	-50	2.5:1	20	M12*	M51
4-8	АСТМ-1003N	800	0.35	-51	1.9:1	20	M12*	M51
8-12	АСТМ-1012N	650	0.4	-50	2.0:1	12	M12*	M51
0.5-18	АСТМ-1020N	600	1.25	-49	3.3:1	20	M12*	-
2-18	АСТМ-1009N	650	1.0	-50	3.0:1	20	M12*	-
6-18	АСТМ-1058N	700	1.0	-49	2.5:1	9	M12*	M51



8-18	АСТМ-1066N	700	0.9	-49	2.5:1	9	M12*	-
1-20	АСТМ-1144N	600	1.3	-49	3.0:1	20	M12*	M51

Таблица №9

Высокочастотные детекторы на туннельных диодах

Частотный диапазон (GHz)	Обозначение	Неравномерность частотной хар-ки (+/-dB)	Минимальное вых. напряжение. (mV)	Стандартный тип корпуса	Оptionальный тип корпуса
18-26	АСТР-1799N	0.5	4	C36	C37,M61
18-30	АСТР-1796N	0.5	4	C7	C63,M61
26-36	АСТР-1798N	1	4	C7	C63,M61
36-39	АСТР-1797N	0.4	4	C7	C63,M61
18-40	АСТР-1795N	1	4	C7	C63,M61

Таблица №10

Детекторы поверхностного монтажа

Частотный диапазон (MHz)	Обозначение	Минимальная чувствит. К (mV/mW)	Неравномерность частотной хар-ки(+/-dB)	Типовой КСВН	Номинальная вых. емкость (pF)	Стандартный тип корпуса	Оptionальный тип корпуса
0,01-0,5	АСТМ-1114N	800	0.3	2.3:1	270	M47	M10,M17
0,25-0,75	АСТМ-1133N	900	0.2	2.3:1	270	M47	M10,M17
0,5-1	АСТМ-1146N	1000	0.2	2.3:1	270	M47	M10,M17
0,5-2	АСТМ-1136N	1000	0.2	2.3:1	75	M47	M10,M17
1-2	АСТМ-1137N	1000	0.2	2.3:1	75	M47	M10,M17
0,1-4	АСТМ-1129N	900	0.4	2.3:1	270	M47	M10,M17
2-4	АСТМ-1130N	900	0.3	2.3:1	12	M47	M10,M17

Выводы

1)Проведен обзор серийных детекторов СВЧ фирмы «Аэрофлекс»

Выявлены следующие особенности ее продукции:

- диапазон рабочих частот от 0,001 до 40 ГГц;
- чувствительность тангенциальная минус 46 дБм;
- чувствительность по напряжению максимальная для ряда образцов (типов) 2100mV/mW;

- выпускаются детекторы, работающие как с типичным смещением 100мкА, так и без смещения;
- многие детекторы имеют защиту по выходу;
- детекторы выпускаются как корпусированные, с коннекторами на входе и выходе, так и бескорпусные;
- полярность выходного сигнала может быть, как положительной, так и отрицательной;
- типовой КСВН не превышает 2, но у некоторых моделей достигает 3;
- неравномерность частотной характеристики для большинства моделей не превышает 1 дБ, что позволяет использовать детекторы АЭРОФЛЕКС в измерительной аппаратуре.

2) Детекторы фирмы АЭРОФЛЕКС целесообразно использовать в приемниках СВЧ[9,10].

Литература

1. Силаев М.А., Комов А.Н. Измерительные полупроводниковые СВЧ преобразователи. -М.: Радио и связь, 1984. 152 с.
 2. Радиоизмерительная аппаратура СВЧ и КВЧ. Узловая и элементная базы. Под ред. А.М. Кудрявцева. -М.: Радиотехника, 2006. 208 с.
 3. Румянцев К.Е., Ключой А.А. Детекторы амплитудно-модулированных сигналов. Учебное пособие. Таганрог, ТРТУ, 2000. 47 с.
 4. Загородний А.С. Измерители мощности сигналов СВЧ и КВЧ диапазонов на основе диодных детекторов. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Томск, 2014. 120 с.
 5. Бутков В.П., Губарев Д.Е., Зикий А.Н., Зламан П.Н. Серийные детекторы СВЧ (обзор). Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4032.
-

6. Бутков В.П., Зикий А.Н., Зламан П.Н. Сверхширокополосный детектор. Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2014, №2, С. 111-116.
7. Biased Coaxial Schottky Detectors. URL: ams.aeroflex.com/cscs/micro-cscs-prods-detectorsBiased.cfm.
8. RF/Microwave Components&Subsystems.Aeroflex, 2011. 83p.
9. Пустовалов А.Н. Двухканальное приемное устройство СВЧ диапазона. Инженерный вестник Дона, 2010, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195.
10. Tsui J.B.Y. Microwave Receivers with Electronic warfare Applications. Wiley-Interscience Publication, 1986. 460 p.

References

1. Silaev M. A., Komov A. N. Izmeritel'nye poluprovodnikovye SVCH preobrazovateli [Measuring semiconductor microwave transducers]. M.: Radio i svyaz', 1984. 152 p.
 2. Radioizmeritel'naya apparatura SVCH i KVCH. Uzlovaya i ehlementnaya bazy [Radio-measuring equipment of microwave and EHF. Nodal and element bases]. Pod red. A.M. Kudryavceva. M.: Radiotekhnika, 2006. 208 p.
 3. Romyancev K.E., Klyuj A.A. Detektory amplitudno-modulirovannyh signalov [Detectors of amplitude modulated signals]. Uchebnoe posobie. Taganrog, TRTU, 2000. 47 p.
 4. Zagorodniy A.S. Izmeritely moschnosty signalov SVCH i KVCH diapazonov na osnove diodnyh detektorov [Measuring power of microwave and EHF signals on the basis of diode detectors]. Dissertatsiya na soiskanie uchionoy stepeni k.t.n. Tomsk, TUSUR, 2014. 120 p.
 5. Butkov V.P., Gubarev D.E., Zikij A.N., Zlaman P.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4032.
-



6. Butkov V.P., Zikij A.N., Zlaman P.N. Ehlektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy, 2014, №2, pp. 111-116.
7. Biased Coaxial Schottky Detectors. URL: ams.aeroflex.com/cscs/micro-cscs-prods-detectorsBiased.cfm.
8. RF.Microwave Components&Subsystems.Aeroflex, 2011. 83 p.
9. Pustovalov A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195.
10. Tsui J. B. Y. Microwave Receivers with Electronic warfare Applications. Wiley-Interscience Publication, 1986. 460 p.