

ОАО «Интеграл» филиал «Транзистор»

шифр «Транзистор-М»

Разработка составного биполярного n-p-n транзистора в малогабаритном металлокерамическом корпусе

1 Наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР

«Разработка составного биполярного n-p-n транзистора в малогабаритном металлокерамическом корпусе», шифр «Транзистор-М».

2 Цель выполнения ОКР и назначение изделия

Целью выполнения ОКР является создание биполярного составного (Дарлингтона) n-p-n транзистора (далее – транзистора) для применения в аппаратуре специального назначения.

Функциональное назначение транзистора – использование в специализированных усилителях с большим коэффициентом усиления, электронных коммутационных устройствах, преобразовательной аппаратуре специального назначения.

3 Технические требования к изделию

Транзистор должен соответствовать техническим требованиям ГОСТ РВ 20.39.412, ГОСТ РВ 20.39.414.1, ГОСТ РВ 20.39.413, ГОСТ РВ 20.39.414.2, ГОСТ В 28146 с уточнениями и дополнениями, приведенными в настоящем разделе ТЗ.

3.1 Конструктивные требования

3.1.1 Транзистор выполняется в металлокерамическом корпусе КТ-99-1 (КФШЛ.432252.002 ТУ).

3.1.2 Масса транзистора должна быть не более 1 г.

3.1.3 Ориентировочный размер кристалла транзистора – $(1,2 \times 1,4)$ мм².

3.1.4 Транзисторы должны быть герметичны с показателем герметичности корпусов по эквивалентному нормализованному потоку не более $5 \cdot 10^{-5}$ л·мкм рт.ст/с.

3.2 Требования назначения

3.2.1 Значения электрических параметров и теплового сопротивления транзистора при приемке (поставке), эксплуатации (в течение наработки) и хранения (в течение срока сохраняемости) должны соответствовать нормам, установленным в таблице 1.

Таблица 1 – Значения электрических параметров и теплового сопротивления транзистора при приемке (поставке), эксплуатации (в течение наработки) и хранении (в течение срока сохраняемости)

№	Наименование параметра, единица измерения	Обозначение	Норма		Режим измерения	Номер пункта примечания
			не менее	не более		
1	Статический коэффициент передачи тока	$h_{21Э}$	1000	–	$I_K = 150 \text{ мА}, U_{КЭ} = 10 \text{ В}$, при $T_{ср}$ в диапазоне от $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ до $(125 \pm 5)^\circ\text{C}$	1, 2
2	Статический коэффициент передачи тока	$h_{21Э}$	400	–	$I_K = 150 \text{ мА}, U_{КЭ} = 10 \text{ В}$ $T_{ср} = -(60 \pm 3)^\circ\text{C}$	1, 2
3	Напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В	$U_{КЭ \text{ нас}}$	–	1,3	$I_K = 500 \text{ мА}, I_B = 0,5 \text{ мА}$ $T_{ср} = (25 \pm 10)^\circ\text{C}$	1, 3
4	Напряжение насыщения база-эмиттер, В	$U_{БЭ \text{ нас}}$	–	1,9	$I_K = 500 \text{ мА}, I_B = 0,5 \text{ мА}$ $T_{ср} = (25 \pm 10)^\circ\text{C}$	1, 3
5	Обратный ток эмиттера, мкА	$I_{ЭБО}$	–	1,0	$U_{ЭБ} = 5 \text{ В}, I_K = 0$, $T_{ср} = (25 \pm 10)^\circ\text{C}$	
6	Обратный ток эмиттера, мА	$I_{ЭБО}$	–	1,0	$U_{ЭБ} = 5 \text{ В}, I_K = 0$, $T_{ср} = (125 \pm 5)^\circ\text{C}$	
7	Обратный ток эмиттера, мкА	$I_{ЭБО}$	–	10,0	$U_{ЭБ} = 5 \text{ В}, I_K = 0$, $T_{ср} = -(60 \pm 3)^\circ\text{C}$	
8	Обратный ток коллектор-эмиттер, мкА	$I_{КЭК}$	–	1,0	$U_{КЭ} = 80 \text{ В}, U_{ЭБ} = 0$ $T_{ср} = (25 \pm 10)^\circ\text{C}$	
9	Обратный ток коллектор-эмиттер, мА	$I_{КЭК}$	–	2,0	$U_{КЭ} = 80 \text{ В}, U_{ЭБ} = 0$ $T_{ср} = (125 \pm 5)^\circ\text{C}$	
10	Обратный ток коллектор-эмиттер, мкА	$I_{КЭК}$	–	10,0	$U_{КЭ} = 80 \text{ В}, U_{ЭБ} = 0$ $T_{ср} = -(60 \pm 3)^\circ\text{C}$	
11	Тепловое сопротивление переход-корпус, $^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$R_{\Theta \text{ ПЕР-КОР}}$	–	13,0	$P_K = 5,0 \text{ Вт}, t_{\text{ИМП}} \leq 0,1 \text{ с}$	4
Примечания 1 Длительность импульса при измерениях ($t_{\text{ИМП}}$) не более 2,0 мс, $Q \geq 50$. 2 При измерении $h_{21Э}$ в схеме с общей базой устанавливать режим: $U_{КБ} = U_{КЭ} - 2,0 \text{ В}$, $I_Э = I_K$. 3 Значения параметров при температурах минус $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ и плюс $(125 \pm 5)^\circ\text{C}$ определяются в ходе выполнения ОКР. 4 Режимы контроля уточняются в ходе выполнения ОКР. Значения параметров уточняются в ходе выполнения ОКР.						

3.2.2 В процессе выполнения ОКР определяются функциональные зависимости в соответствии с ОСТ 11 0403-87.

В процессе выполнения ОКР нормы на параметры подтверждаются согласно РД 11 093.900-78 – результатами испытаний.

3.2.3 Справочные электрические параметры, гарантируемые конструкцией транзистора представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Справочные электрические параметры, гарантируемые конструкцией транзистор ($T_{cp} = (25 \pm 10) ^\circ C$)

№	Наименование параметра, единица измерения	Обозначение	Норма		Режим измерения	Номер пункта примечания
			не менее	не более		
1	Статический коэффициент передачи тока	$h_{21Э}$	3000	–	$I_K = 2,0 \text{ A}, U_{КЭ} = 10 \text{ В}$	1, 2, 3
2	Напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В	$U_{КЭ \text{ нас}}$	–	1,7	$I_K = 2,0 \text{ A}, I_B = 8 \text{ mA}$	1, 3
3	Напряжение насыщения база-эмиттер, В	$U_{БЭ \text{ нас}}$	–	2,0	$I_K = 2,0 \text{ A}, I_B = 8 \text{ mA}$	1, 3
4	Обратный ток коллектор-эмиттер, мкА	$I_{КЭ0}$	–	10,0	$U_{КЭ} = 40 \text{ В}, R_{ЭБ} = \infty$	3

Примечания

1 Длительность импульса при измерениях ($t_{имп}$) не более 2,0 мс, $Q \geq 50$.

2 При измерении $h_{21Э}$ в схеме с общей базой устанавливать режим: $U_{КБ} = U_{КЭ} - 2,0 \text{ В}$, $I_Э = I_K$.

3 Значения параметров при температурах минус $(60 \pm 3) ^\circ C$ и плюс $(125 \pm 5) ^\circ C$ определяются в ходе выполнения ОКР.

Значения параметров уточняются в ходе выполнения ОКР.

3.2.4 Значения электрических параметров транзистора во время и непосредственно после воздействия специальных факторов 7.И, 7.С, 7К со значениями характеристик, приведенными в 3.3.2, должны соответствовать нормам, установленным в таблице 3.

Таблица 3 – Значения электрических параметров транзистора во время и непосредственно после воздействия специальных факторов

№	Наименование параметра, единица измерения	Обозначение	Норма		Режим измерения	Номер пункта примечания
			не менее	не более		
1	Статический коэффициент передачи тока	$h_{21Э}$	500	–	$I_K = 150 \text{ mA}, U_{КЭ} = 10 \text{ В}, T_{cp} = (25 \pm 10) ^\circ C$	1, 2, 3
2	Напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В	$U_{КЭ \text{ нас}}$	–	2,0	$I_K = 500 \text{ mA}, I_B = 0,5 \text{ mA}, T_{cp} = (25 \pm 10) ^\circ C$	1, 3
3	Обратный ток эмиттера, мА	$I_{ЭБ0}$	–	1,0	$U_{ЭБ} = 5 \text{ В}, I_K = 0, T_{cp} = (25 \pm 10) ^\circ C$	1
4	Обратный ток коллектор-эмиттер, мА	$I_{КЭК}$	–	2,0	$U_{КЭ} = 80 \text{ В}, U_{ЭБ} = 0, T_{cp} = (25 \pm 10) ^\circ C$	4

Примечания

1 В процессе воздействия параметры не контролируются.

2 При измерении $h_{21Э}$ в схеме с общей базой устанавливать режим: $U_{КБ} = U_{КЭ} - 2,0 \text{ В}$, $I_Э = I_K$.

3 Длительность импульса при измерениях ($t_{имп}$) не более 2,0 мс, $Q \geq 50$.

4 Значение обратного тока коллектор-эмиттер ($I_{КЭК}$) и напряжение $U_{КЭ}$ в процессе воздействия факторов 7.И с характеристиками 7.И₈ (критерий сбоя) уточняются в ходе ОКР.

Значения параметров при температурах минус $(60 \pm 3) ^\circ C$ и плюс $(125 \pm 5) ^\circ C$ определяются в ходе выполнения ОКР

Значения остальных параметров транзистора должны соответствовать нормам при приёмке и поставке (3.2.1).

3.2.4.1 Допускается временное отклонение значений параметров транзистора за пределы норм, установленных в таблице 3, во время и непосредственно после воздействия факторов 7.И со значениями характеристик, установленными в 3.3.2.

3.2.4.2 Допустимое время потери работоспособности транзистора во время и непосредственно после воздействия факторов 7.И со значениями характеристик должно соответствовать установленному в 3.3.2.

3.2.5 Предельно допустимые значения параметров и режимов эксплуатации транзистора должны соответствовать нормам, установленным в таблице 4.

Таблица 4 – Предельно допустимые значения электрических параметров и режимов эксплуатации транзистора

Наименование параметра, единица измерения (режим и условия измерения)	Буквенное обозначение параметра	Предельно- допустимая норма при эксплуатации	Номер пункта примеч ания
Максимально допустимое постоянное напряжение коллектор-эмиттер, В ($U_{ЭБ} = 0$)	$U_{КЭК \max}$	80	1
Максимально допустимое постоянное напряжение коллектор-эмиттер, В ($R_{ЭБ} = \infty$)	$U_{КЭ0 \max}$	40	1
Максимально допустимое постоянное напряжение база-эмиттер, В	$U_{ЭБ \max}$	5	1
Максимально допустимый постоянный ток коллектора, А	$I_{К \max}$	2,0	1, 2
Максимально допустимый импульсный ток коллектора, А ($t_{\text{имп}} = 6,3 \text{ мс}$, $Q \geq 2$)	$I_{К \text{ имп } \max}$	4,0	1, 2
Максимально допустимый постоянный ток базы, мА	$I_{Б \max}$	100	1, 2
Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора, Вт $T_{\text{КОР}} = (-60)^{\circ}\text{C} - (+85)^{\circ}\text{C}$	$P_{К \max}$	5,0	3
Максимально допустимая температура перехода, $^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{ПЕР } \max}$	150	
Максимально допустимая температура хранения, $^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{ХР}}$	-60... +150	
Примечания: - Для всего диапазона температур. - При условии не превышения $T_{\text{ПЕР } \max}$. - В диапазоне температур корпуса от плюс 85 $^{\circ}\text{C}$ до плюс 125 $^{\circ}\text{C}$ $P_{К \max}$ транзистора вычисляется по формуле: $P_{К \max} = \frac{150 - T_{\text{КОР}}}{R_{\Theta \text{ ПЕР-КОР}}}.$ Значения параметров уточняются в ходе выполнения ОКР.			

3.3 Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям

3.3.1. Разрабатываемый транзистор должен быть стойким к воздействию механических, климатических и биологических факторов и специальных сред со значениями характеристик, соответствующих установленным в ГОСТ РВ 20.39.414.1-97 группе 6У, ГОСТ В 28146–89 со следующими уточнениями:

- синусоидальная вибрация в диапазоне частот 1 – 5000 Гц;
- механический удар одиночного действия с пиковым ударным ускорением $15\,000\text{ м/с}^2$ (1500 g) и длительностью действия (0,1 – 2) мс;
- линейное ускорение – 5000 м/с^2 (500 g);
- акустический шум в диапазоне частот от 50 до 10 000 Гц с уровнем звукового давления (относительно $2\cdot 10^{-5}\text{ Па}$) 170 дБ;
- атмосферное пониженное давление – $1,3\cdot 10^{-4}\text{ Па}$;
- повышенная рабочая и предельная температура среды – 125 °С;
- повышенная влажность воздуха – 98 % при температуре 35 °С.

Требования к пониженной влажности воздуха, комплексному (комбинированному) воздействию внешних воздействующих факторов (ВВФ), изменению давления, атмосферным выпадаемым осадкам (дождь), гидростатическому давлению, динамической пыли (песок), солнечному излучению, агрессивным средам (сернистый газ, сероводород, аммиак, двуокись азота, озон), компонентам ракетного топлива (амид, тептил), рабочим растворам не предъявляются.

3.3.2 Транзистор должен выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм, установленных в 3.2.4, во время и непосредственно после воздействия специальных факторов, виды, характеристики и значения характеристик которых приведены в таблице 4.

Допустимое время потери работоспособности (время отклонения значений параметров за пределы норм, установленных в 3.2.4) при воздействии факторов 7.И с характеристиками 7.И₆ определяется в ходе ОКР, но должно быть не более 2 мс.

Таблица 4 – Значения характеристик специальных факторов 7.И, 7.С и 7.К, во время и непосредственно после воздействия которых транзистор должен выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм, установленных в 3.2.4

Вид специальных факторов	Характеристики специальных факторов	Значения характеристик специальных факторов	Примечание
7.И	7.И ₁	2Ус	1
	7.И ₆	2Ус	1
	7.И ₇	5×2Ус	1
	7.И ₈	$10^{-4}\times 1Ус$	1, 2
7.С	7.С ₁	1Ус	1
	7.С ₄	1Ус	1
7.К	7.К ₁	1К	1
	7.К ₄	0,1×1К	1

Примечания:

1 Значения характеристик специальных факторов уточняются в ходе выполнения ОКР.

2 Уровень бессбойной работы при воздействии специальных факторов 7.И по ГОСТ РВ 20.39.414.2 (характеристика 7.И₈) устанавливается в ходе ОКР. Критерии сбоя уточняются в ходе ОКР и указываются в программе (методике) испытаний.

Испытания проводятся по ГОСТ РВ 20.57.415, РД В 319.03.22. по программам и методикам испытаний, согласованным с ФГУ «22 ЦНИИИ Минобороны России».

3.3.3 Транзистор должен быть устойчив к воздействию статического электричества в соответствии с требованиями ОСТ 11 073.062-2001 (степень жесткости III – 350 В). Требования уточняются в ходе выполнения ОКР.

3.4 Требования надежности

Показатели надежности в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.413-97, ГОСТ В 28146–89.

3.4.1 Требования безотказности

3.4.1.1 Гамма-процентная наработка до отказа (T_γ) транзистора при $\gamma = 95 \%$ в режимах и условиях, установленных в настоящем ТЗ, должна быть не менее 50 000 ч в пределах срока службы ($T_{сл}$) 25 лет. Нарботка в облученных режимах и условиях определяется в процессе выполнения ОКР. Характеристики облученных режимов устанавливаются в ходе ОКР.

3.4.1.2 Оценку соответствия транзисторов требованиям надежности на стадии разработки проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.414-97 и ГОСТ В 28146-89 по результатам испытаний на кратковременную безотказность в течение 1000 часов и длительных испытаний на безотказность в течение 3000 часов (продолжение кратковременных испытаний на безотказность).

Испытания проводят при максимально допустимой температуре перехода. Режимы и условия проведения испытаний уточняются в ходе ОКР до начала предварительных испытаний. Объемы выборки при кратковременных испытаниях на безотказность – 25 шт., объемы выборки при длительных испытаниях на безотказность – 25 шт.

Параметры-критерии годности при проведении кратковременных и длительных испытаний на безотказность определяют в соответствии с таблицей 1.

3.4.2 Требования сохраняемости

3.4.2.1 Гамма-процентный срок сохраняемости ($T_{с\gamma}$) транзистора при $\gamma = 99.5 \%$ при хранении в упаковке изготовителя в условиях отапливаемых хранилищ, хранилищ с кондиционированием воздуха по ГОСТ В 9.003-80, а также смонтированных в защищенную аппаратуру или находящихся в защищенном комплекте ЗИП во всех местах хранения, должен быть не менее 25 лет.

3.4.2.2 Значение гамма-процентного срока сохраняемости ($T_{с\gamma}$) транзистора в условиях, отличных от указанных в 3.4.2.1, в зависимости от мест хранения должно соответствовать ГОСТ В 28146-89 (таблица 2).

3.4.2.3 Соответствие транзистора требованиям сохраняемости оценивается расчетным методом по РМ 11 0008-84. Результаты оценки приводят в научно-техническом отчете по ОКР.