

Фоторезисторы



в продаже сейчас (ФР1-3 150кОм и 47кОм 68кОм) ,фск-г1 и фск-1ФР-764, ФР-765

Полупроводниковые фотоэлементы - фоторезисторы обладают свойством менять свое активное сопротивление под действием падающего на них света. Фоторезисторы имеют высокую чувствительность к излучению в самом широком диапазоне - от инфракрасной до рентгеновской области спектра, причем сопротивление их может меняться на несколько порядков. Фоторезисторам присущи высокая стабильность во времени, они имеют небольшие габариты и выпускаются на различные номиналы сопротивлений. Наибольшее распространение получили фоторезисторы, изготовленные из сернистого свинца, сернистого кадмия, селенистого кадмия. Название типа фоторезисторов складывается из букв и цифр, причем в старых обозначениях буквы А, К, Д обозначали тип использованного светочувствительного материала, в новом же обозначении эти буквы заменены цифрами. Буква, стоящая за дефисом, при старом обозначении, характеризовала конструктивное исполнение (Г-герметизированные, П-пленочные). В новой маркировке эти буквы также заменены цифрами. В табл. 1 приведены наименования наиболее распространенных обозначений фоторезисторов.

Таблица 1. ТИПОВЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ФОТОРЕЗИСТОРОВ

Вид фоторезисторов	Старое обозначение	Новое обозначение
Сернисто-свинцовые	ФСА-0, ФСА-1, ФСА-6, ФСА-Г1, ФСА-Г2	
Сернисто-кадмиевые	ФСК-0, 1, 2, 4, 5, 6, 7, ФСК-Г1, ФСК-Г2, ФСК-Г7, ФСК-П1	СФ2-1, 2, 4, 9, 12
Селенисто-кадмиевые	ФСД-0, ФСД-1, ФСД-Г1	СФ3-1, 8

Светочувствительный элемент в некоторых типах фоторезисторов выполнен в виде круглой или прямоугольной таблетки, спрессованной из порошкообразного сульфида или селенида кадмия, в других он представляет собой тонкий слой полупроводника, нанесенного на стеклянное основание. В том и другом случае с полупроводниковым материалом соединены два металлических вывода. Схематично устройство фоторезистора и его включение показано на рис.1.

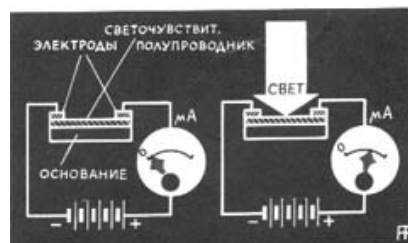


Рис.1

В зависимости от назначения фоторезисторы имеют совершенно различное конструктивное оформление. Иногда это просто пластина полупроводника на стеклянном основании с токонесущими выводами, в других случаях фоторезистор имеет пластмассовый корпус с жесткими штырьками. Среди таких фоторезисторов следует особо отметить ФСК-6, приспособленный для работы от отраженного света, для чего его корпус имеет в центре отверстие для прохождения света к отражающей поверхности. Выпускаются фоторезисторы в металлическом корпусе с цоколем, напоминающим ламповый, или в корпусе, как у герметизированных конденсаторов или транзисторов.

Малогабаритные пленочные фоторезисторы выпускаются в пластмассовых и металлических корпусах с влагозащитным покрытием светочувствительного элемента прозрачными эпоксидными смолами. Внешний вид и размеры наиболее распространенных типов фоторезисторов показаны на рис.2.

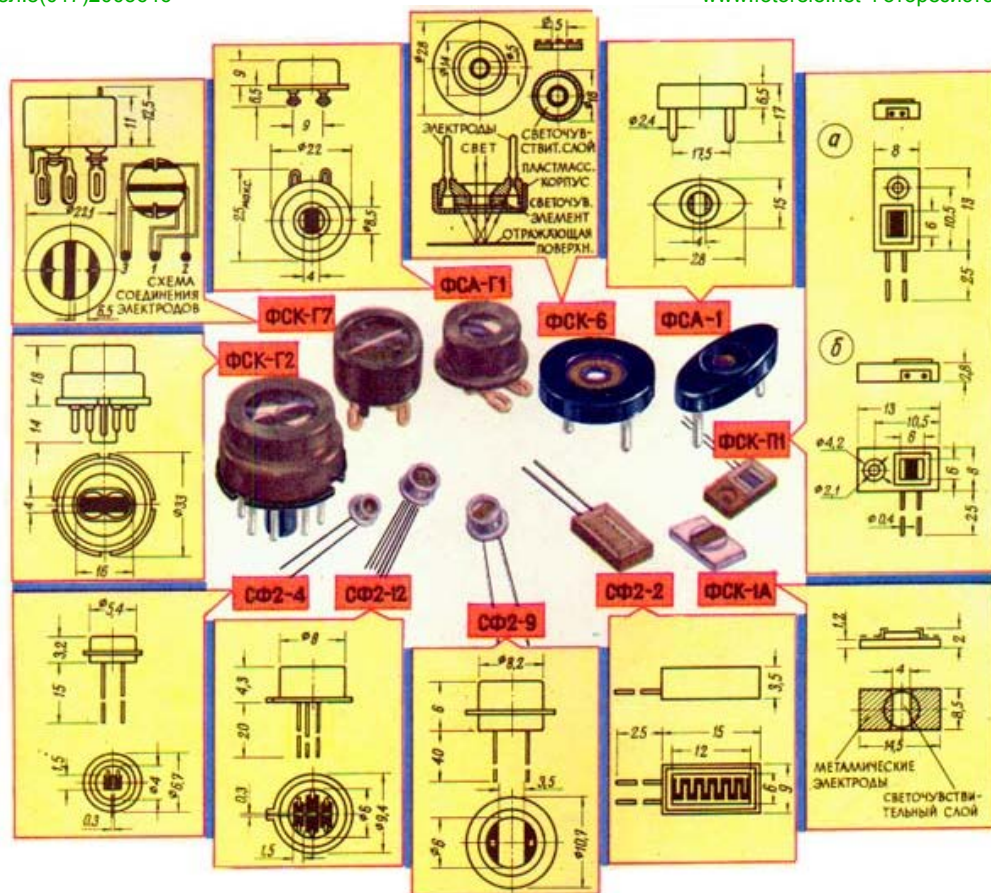


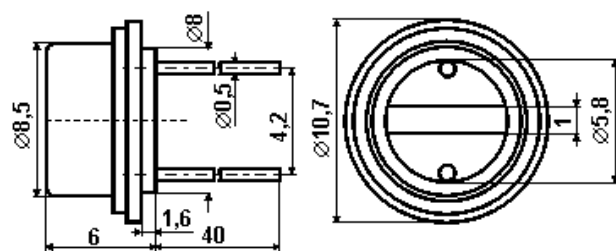
Рис.2 Фоторезисторы характеризуются следующими параметрами (см. табл. 2): - темновым сопротивлением R_t - активным сопротивлением при полном отсутствии освещения.

Таблица 2. ПАРАМЕТРЫ ФОТОРЕЗИСТОРОВ

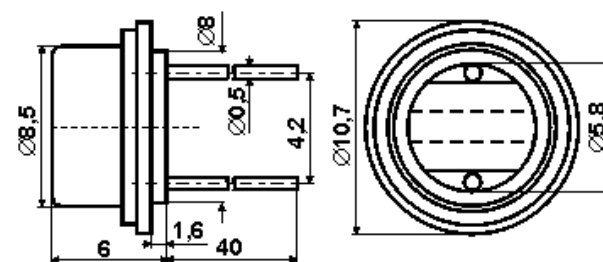
Тип ФР	Ураб, В	R_t , ом.	I_t , мка	$I_{св}$, мка	$dI=I_{св}-I_t$, мка	$R_t/R_{св}$	Удельная чувств., мка/лм-в	Интегральная чувстви- тельн., а/лм	Мощность рассеяния, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ФСА-0	4-100	$40 \cdot 10^3 - 10^6$	-	-	-	1,2	500	-	0,01
ФСА-1	4-100	$40 \cdot 10^3 - 10^6$	-	-	-	1,2	500	-	0,01
ФСА-Г1	4-40	$47 \cdot 10^3 - 470 \cdot 10^3$	-	-	-	1,2	500	-	0,01
ФСА-Г2	4-40	$40 \cdot 10^3 - 10^6$	-	-	-	1,2	500	-	0,01
ФСА-6	5-30	$50 - 300 \cdot 10^3$	-	-	-	1,2	500	-	0,01
ФСК-0	50	$5 \cdot 10^6$	10	2000	1990	200	7000	1,4	0,125
ФСК-1	50	$5 \cdot 10^6$	10	2000	1990	200	7000	1,4	0,125
ФСК-2	100	$10 \cdot 10^6$	10	800	790	80	1500	-	0,125

ФСК-4	50	$5 \cdot 10^6$	10	2000	1990	200	7000	1,4	0,125
ФСК-5	50	$5 \cdot 10^6$	10	1000	1990	100	6000	1,2	0,05
ФСК-6	50	$3,3 \cdot 10^6$	15	2000	1885	-	9000	1,8	0,2
ФСК-7а	50	10^6	50	350	300	-	1500	-	0,35
ФСК-7б	50	10^5	50	800	750	-	6000	1,2	0,35
ФСК-Г7	50	$5 \cdot 10^6$	10	2000	1990	200	3500	0,7	0,35
ФСК-Г1	50	$5 \cdot 10^6$	10	1500	1490	150	6000	1,2	0,12
ФСК-Г2	50	$5 \cdot 10^6$	10	4000	3990	400	12000	2,4	0,2
ФСК-П1	100	10^{10}	0,01	1000-2000	1000-2000	-	4000	-	0,1
СФ2-1	15	$30 \cdot 10^6$	0,5	1000	1000	2000	400000	-	0,01
СФ2-2	2(10)	$4 \cdot 10^6$	0,5	1500	1500	3000	75000	-	0,05
СФ2-4	15	-	1,0	>750	-	-	-	-	0,01
СФ2-9	25	$>3,3 \cdot 10^6$	-	240-900	-	-	-	-	0,125
СФ2-12	15	$>15 \cdot 10^6$	-	200-1200	-	-	-	-	0,01
ФСД-0	20	$20 \cdot 10^8$	1	2000	2000	2000	40000	-	0,05
ФСД-1	20	$20 \cdot 10^6$	1	2000	2000	2000	40000	-	0,05
ФСД-Г1	20	$20 \cdot 10^6$	1	2000	2000	2000	40000	-	0,05
СФ3-1	15	$15 \cdot 10^8$	0,01	1500	1500	150000	600000	-	0,01
СФ3-8	25	-	<1	750	-	-	-	-	0,025

Фоторезистор	Размеры фоточувствительного элемента	Рабочее напряжение U_p , В, не более	Темновое сопротивление R_t , МОм, не менее	Темновой ток I_t , мкА, не более	Общий ток при $E=200$ лк, мА, не менее	Отношение темнового сопротивления к световому $R_t/R_{св}$, отн.ед., не менее	Максимальная мощность излучения P_{max} , мВт, не более
СФ2-5А	1×5,8	1,3	1	13	0,5	384	25
ФР-764	Ø5,8	50	3,3	10	1,5	150	125
ФР-765	Ø5,8	20	2	10	1	100	350
ФР1-3	1×5,8	15	0,047-0,33	-	-	-	6



ФР1-3, СФ2-5А



ФР-764, ФР-765

В таблице приведены средние значения, определенные (кроме I_t) при освещенности 200 лк.

У некоторых типов фоторезисторов темновое сопротивление может иметь значительный разброс; - кратностью изменения сопротивления $R_t/R_{св}$, параметром, показывающим отношение темнового сопротивления к сопротивлению при освещенном состоянии. Это один из важнейших параметров, характеризующий чувствительность фоторезистора. С увеличением освещенности кратность возрастает по линейному закону, с уменьшением - снижается. Наименьшей чувствительностью обладают сернисто-свинцовые фоторезисторы, у которых кратность при освещенности 200 лк не ниже 1,2. У остальных типов фоторезисторов чувствительность значительно выше; - рабочим напряжением, под которым понимается напряжение, гарантирующее продолжительную работу фоторезистора. При работе в импульсном режиме у сернисто-кадмиевых и селенисто-кадмиевых фоторезисторов допустимое напряжение может в 2-3 раза превышать рабочее. У сернисто-свинцовых фоторезисторов рабочее напряжение можно принять равным $0,1 R_t$, где R_t в килоомах; - допустимой мощностью рассеяния, позволяющей длительную эксплуатацию фоторезистора при $+20^\circ C$ в окружающей среде без опасности появления необратимых изменений в светочувствительном слое; - спектральными характеристиками, показывающими, в какой части спектра фоторезистор имеет наибольшую чувствительность. Примерные спектральные характеристики показаны рис.3.

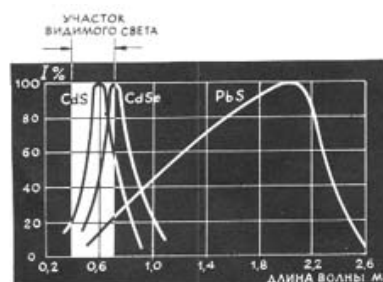


Рис.3

Как видно из этих характеристик, фоторезисторы с сернисто-кадмиевым светочувствительным элементом имеют максимальную чувствительность в видимой части спектра, фоторезисторы, выполненные на основе селенистого кадмия, наиболее чувствительны к красной и инфракрасной части спектра, а сернисто-свинцовые фоторезисторы имеют максимум чувствительности в инфракрасной, области спектра. Важным параметром фоторезисторов является удельная чувствительность, которая рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\Delta I}{10^{-4} \cdot L \cdot S \cdot U},$$

где: ΔI - фототок, мка; L - освещенность, лк; S - размер светочувствительной площадки, $см^2$; U - напряжение, приложенное к фоторезистору, В. Если величину чувствительности умножить на рабочее напряжение, то получится интегральная чувствительность. Кроме этого, свойства фоторезисторов характеризуются вольт-амперными характеристиками, которые показывают зависимость тока через фоторезистор от приложенного к нему напряжения (см. рис. 4, а). Эта характеристика линейна в довольно широких пределах. Для некоторых типов фоторезисторов при напряжениях меньше рабочего наблюдается нелинейность (рис. 4, б).

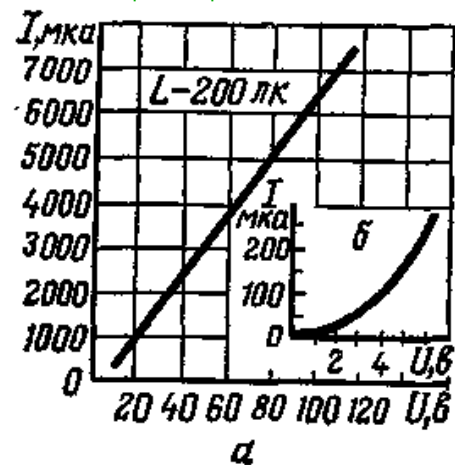


Рис.4

Фоторезисторы обладают инерционностью, судить о которой можно по частотной характеристике, приведенной на рис. 5. Эта характеристика выражает зависимость между величиной фототока и частотой модуляции светового потока, падающего на фоторезистор. Как видно из характеристики, величина сигнала, снимаемого с фоторезистора, уменьшается с увеличением частоты модуляции светового потока.

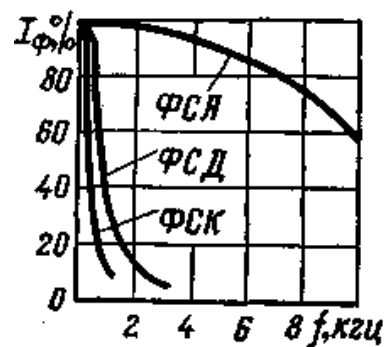


Рис. 5

Чувствительность фоторезисторов меняется (уменьшается) в первые 50 часов работы, оставаясь в дальнейшем практически постоянной в течение всего срока службы, измеряемого несколькими тысячами часов. Интервал рабочих температур для сернисто-кадмиевых фоторезисторов составляет от -60 до $+85^\circ\text{C}$ для селенисто-кадмиевых - от -60 до $+40^\circ\text{C}$ и для сернисто-свинцовых - от -60 до $+70^\circ\text{C}$.

Основной областью применения фоторезисторов является автоматика, где они в некоторых случаях с успехом заменяют вакуумные и газонаполненные фотоэлементы. Обладая повышенной допустимой мощностью рассеивания по сравнению с некоторыми типами фотоэлементов, фоторезисторы позволяют создавать простые и надежные фотореле без усилителей тока. Такие фотореле незаменимы в устройствах для телеуправления, контроля и регулирования, в автоматах для разбраковки, при сортировке и счете готовой продукции, для контроля качества и готовности самых различных деталей. Широко используются фоторезисторы в полиграфической промышленности при обнаружении обрывов бумажной ленты, контроле за количеством листов, подаваемых в печатную машину. В измерительной технике фоторезисторы применяются для измерения высоких температур, для регулировки температуры в различных технологических процессах. Контроль уровня жидкости и сыпучих тел, защита персонала от входа в опасные зоны, контроль за запыленностью и задымленностью самых различных объектов, автоматические выключатели уличного освещения и турникеты в метрополитене - вот далеко не полный перечень областей применения фоторезисторов. Фоторезисторы нашли применение в медицине, сельском хозяйстве и других областях. В настоящее время трудно найти такую отрасль народного хозяйства, где бы они не использовались в целях повышения производительности труда, улучшения качества продукции и облегчения труда человека.