

# Низковольтные многослойные варисторы – новая линейка продукции ООО «Кулон»

Д. Махин<sup>1</sup>

УДК 621.382 | ВАК 05.27.01

Многие отечественные разработчики радиоаппаратуры знакомы с продукцией Санкт-Петербургского ООО «Кулон» – одного из ведущих в стране производителей пассивных электронных компонентов из многослойной керамики. Предприятие выпускает широкую номенклатуру керамических конденсаторов как общего, так и специального назначения для работы в СВЧ- и УВЧ-диапазонах, а также проходные помехоподавляющие фильтры. Новым для компании стало варисторное направление – в 2022 году на предприятии освоен серийный выпуск чип-варисторов ВР-18 и выводных варисторов ВР-19. В настоящее время эти компоненты доступны для заказа. В статье рассмотрены общие сведения и основные параметры варисторов, особенности конструкции, технологические этапы производства и ключевые характеристики приборов, выпускаемых в ООО «Кулон».

**В**аристор представляет собой полупроводниковый прибор, сопротивление которого нелинейно зависит от подаваемого на него напряжения. Вольтамперная характеристика (ВАХ) варистора симметрична и напоминает ВАХ стабилитрона (рис. 1). Варистор является изделием многократного использования, как и стабилитрон, но по сравнению с ним значительно быстрее восстанавливает свое высокое сопротивление после снятия напряжения.

Основное применение данных приборов – защита элементов и узлов от перенапряжений в цепях постоянного, переменного и импульсного токов в составе радиоэлектронной аппаратуры. Варистор подключается параллельно к нагрузке, при броске входного напряжения его сопротивление резко снижается до десятков Ом и основной ток протекает через варистор, а не через узлы аппаратуры. В результате энергия рассеивается в виде тепла.

Основные параметры варисторов:

- классификационное напряжение (от единиц до десятков В для низковольтных варисторов и до сотен В для высоковольтных варисторов): напряжение, при котором через варистор начинает протекать ток определенной величины, как правило, 1 мА; при дальнейшем превышении напряжения ток лавинообразно увеличивается;
- максимально допустимое действующее переменное напряжение;

- номинальная средняя рассеиваемая мощность;
- максимальный постоянный или переменный рабочий ток (от 0,03 до 0,1 мА);
- максимальный импульсный ток (от 30 до 1200 А при длительности 8–20 мкс).

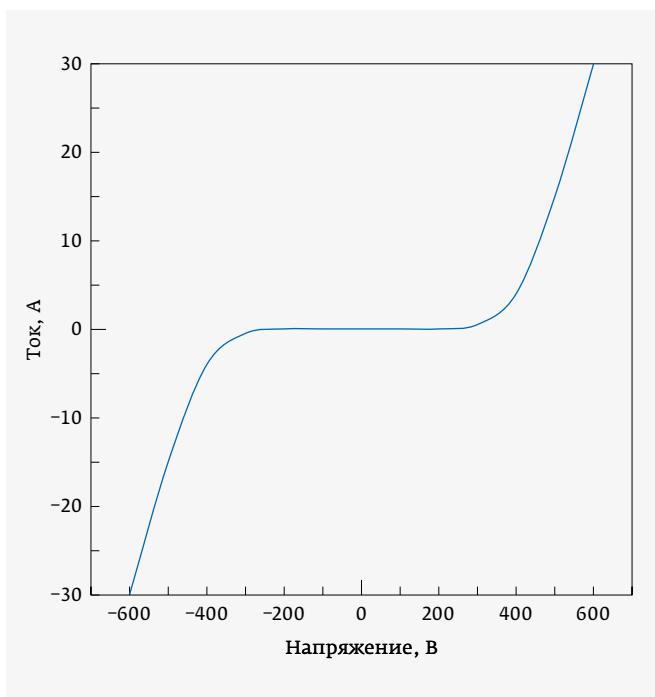


Рис. 1. Вольтамперная характеристика варистора

<sup>1</sup> ООО «Кулон», главный конструктор, mahin@kulon.spb.ru.

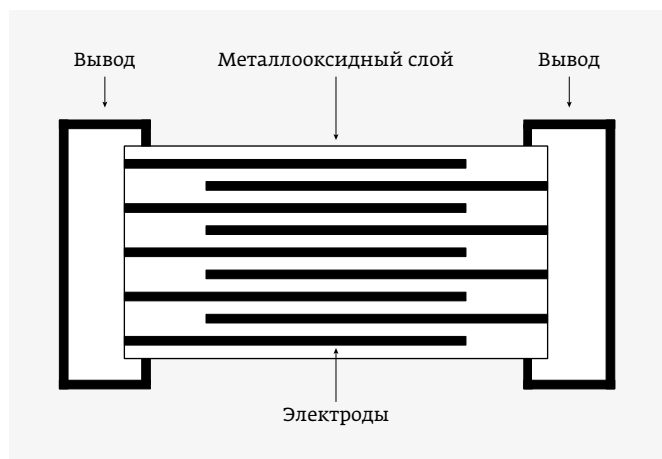


Рис. 2. Конструкция многослойного варистора

Многослойный варистор представляет собой «пирог» из чередующихся слоев металлических электродов и слоев полупроводникового материала (рис. 2). В качестве полупроводникового материала, как правило, используется оксид цинка (ZnO) с небольшим содержанием таких элементов, как висмут, кобальт, магний и др. В процессе изготовления изделие спекается в керамический полупроводник с кристаллической решеткой, которая позволяет рассеивать очень большие энергии. Конструкция варистора представляет собой изотропную гранулярную структуру (рис. 3). Границы раздела гранул в такой структуре представляют собой р-п-переходы, как в других полупроводниковых приборах. Так как количество гранул в структуре варистора очень большое, то поглощаемая варистором энергия может достигать намного больших значений по сравнению с единичным р-п-переходом в стабилитронах.

ООО «Кулон» выпускает унифицированную серию низковольтных многослойных варисторов с классификационным напряжением от 4 до 68 В на основе оксида цинка. В настоящее время в серию входят изделия двух разных исполнений: ВР-18 – незащищенный чип-варистор прямоугольной формы для поверхностного монтажа с лужеными контактами (аналог серии VLAS от AVX) (рис. 4) и ВР-19 – защищенный варистор с проволочными лужеными выводами, который допускает работу в условиях повышенной влажности без дополнительной защиты (аналог серии VFC2H от Murata) (рис. 5). Электрические параметры варисторов серий ВР-18 и ВР-19 представлены в табл. 1.

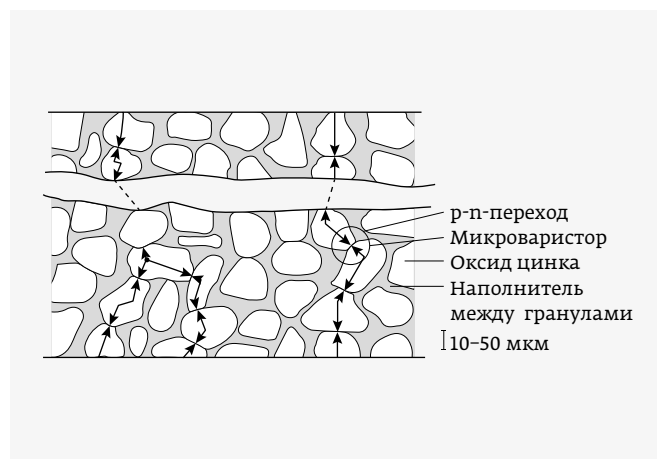


Рис. 3. Гранулярная структура варистора

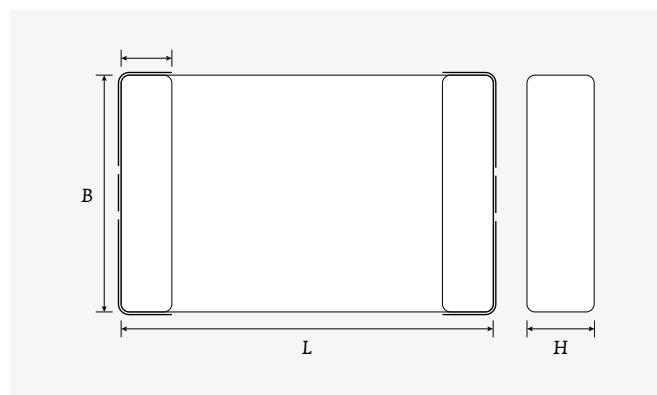


Рис. 4. Общий вид чип-варистора ВР-18

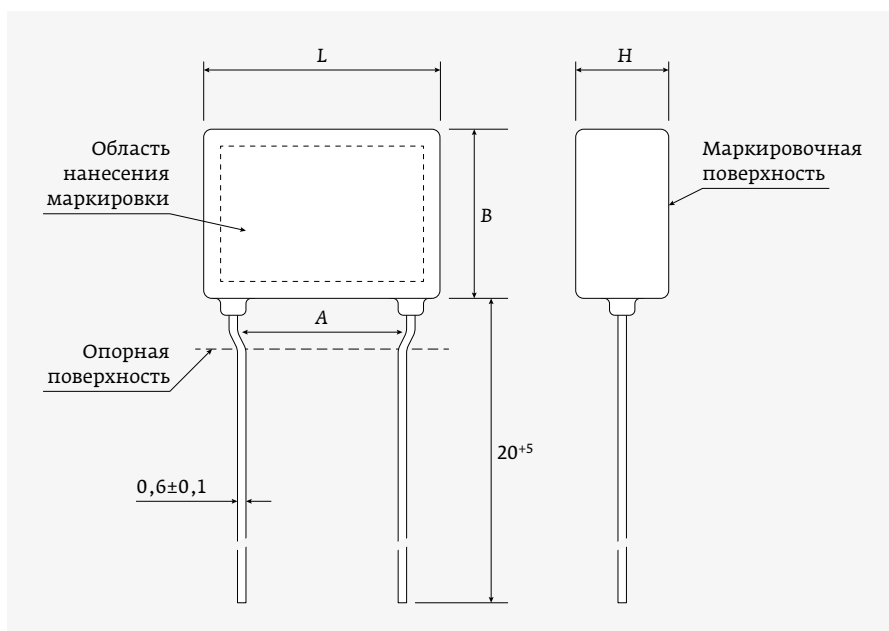


Рис. 5. Общий вид варистора ВР-19

Таблица 1. Электрические параметры варисторов серий ВР-18 и ВР-19

Условное обозначение варистора	Классификационное напряжение, В (при токе 1 мА)	Постоянный или переменный предельный рабочий ток, мА (не более)	Условное обозначение варистора	Классификационное напряжение, В (при токе 1 мА)	Постоянный или переменный предельный рабочий ток, мА (не более)
ВР-18-2012-04 ВР-18-3225-04	4	0,05	ВР-18-2012-24 ВР-18-3225-24	24	0,05
ВР-18-4532-04		0,03	ВР-18-4532-24		0,03
ВР-18-5750-04 ВР-18-8060-04 ВР-19-5750-04 ВР-19-8060-04		0,1	ВР-18-5750-24 ВР-18-8060-24 ВР-19-5750-24 ВР-19-8060-24		0,1
ВР-18-2012-08 ВР-18-3225-08	8	0,05	ВР-18-2012-27 ВР-18-3225-27	27	0,05
ВР-18-4532-08		0,03	ВР-18-4532-27		0,03
ВР-18-5750-08 ВР-18-8060-08 ВР-19-5750-08 ВР-19-8060-08		0,1	ВР-18-5750-27 ВР-18-8060-27 ВР-19-5750-27 ВР-19-8060-27		0,1
ВР-18-2012-11 ВР-18-3225-11	11	0,05	ВР-18-2012-33 ВР-18-3225-33	33	0,05
ВР-18-4532-11		0,03	ВР-18-4532-33		0,03
ВР-18-5750-11 ВР-18-8060-11 ВР-19-5750-11 ВР-19-8060-11		0,1	ВР-18-5750-33 ВР-18-8060-33 ВР-19-5750-33 ВР-19-8060-33		0,1
ВР-18-2012-12 ВР-18-3225-12	12	0,05	ВР-18-2012-39 ВР-18-3225-39	39	0,05
ВР-18-4532-12		0,03	ВР-18-4532-39		0,03
ВР-18-5750-12 ВР-18-8060-12 ВР-19-5750-12 ВР-19-8060-12		0,1	ВР-18-5750-39 ВР-18-8060-39 ВР-19-5750-39 ВР-19-8060-39		0,1
ВР-18-2012-15 ВР-18-3225-15	15	0,05	ВР-18-2012-47 ВР-18-3225-47	47	0,05
ВР-18-4532-15		0,03	ВР-18-4532-47		0,03
ВР-18-5750-15 ВР-18-8060-15 ВР-19-5750-15 ВР-19-8060-15		0,1	ВР-18-5750-47 ВР-18-8060-47 ВР-19-5750-47 ВР-19-8060-47		0,1

Таблица 1. Продолжение

Условное обозначение варистора	Классификационное напряжение, В (при токе 1 мА)	Постоянный или переменный предельный рабочий ток, мА (не более)	Условное обозначение варистора	Классификационное напряжение, В (при токе 1 мА)	Постоянный или переменный предельный рабочий ток, мА (не более)
ВР-18-2012-18 ВР-18-3225-18	18	0,05	ВР-18-2012-56 ВР-18-3225-56	56	0,05
ВР-18-4532-18		0,03	ВР-18-4532-56		0,03
ВР-18-5750-18 ВР-18-8060-18 ВР-19-5750-18 ВР-19-8060-18		0,1	ВР-18-5750-56 ВР-18-8060-56 ВР-19-5750-56 ВР-19-8060-56		0,1
ВР-18-2012-22 ВР-18-3225-22	22	0,05	ВР-18-2012-68 ВР-18-3225-68	68	0,05
ВР-18-4532-22		0,03	ВР-18-4532-68		0,03
ВР-18-5750-22 ВР-18-8060-22 ВР-19-5750-22 ВР-19-8060-22		0,1	ВР-18-5750-68 ВР-18-8060-68 ВР-19-5750-68 ВР-19-8060-68		0,1

Коэффициент нелинейности варисторов ВР-18 и ВР-19, измеряемый при токах 1 и 10 мА, равен 20. Допускаемое отклонение классификационного напряжения составляет  $\pm 20\%$  для изделий с напряжением от 4 до 18 В и  $\pm 10\%$  для изделий с напряжением от 22 до 68 В.

Технология производства варисторов в ООО «Кулон» сходна с технологией многослойных керамических конденсаторов, в которой у компании накоплен значительный опыт. Все используемые материалы только отечественного производства.

Изготовление многослойных варисторов включает в себя несколько этапов.

На начальном этапе выполняется подготовка материалов: проверка химического состава, измельчение, перемешивание в определенной пропорции до получения однородной смеси. Затем с помощью литьевой машины (рис. 6) из полученной смеси формируют листы пленки ZnO определенной толщины (от десятков до сотен мкм). Толщина пленки определяет пробивное напряжение варистора: чем толще слой, тем больше пробивное напряжение.

Далее на пленку методом трафаретной печати наносят пасту Ag/Pd для формирования внутренних металлизированных слоев. После металлизации листов на специальной машине производят сборку пакетов (укладку листов в многослойную сборку) (рис. 7), и полученная многослойная структура подвергается прессованию под давлением. Затем пакеты передаются на резку, в ходе которой структуры



Рис. 6. Литьевая машина УБ-686

разрезаются в соответствии с габаритными размерами изделия и выполняется проверка совмещения металлизированных слоев.

Далее, для снижения механических напряжений в структуре и создания р-п-переходов, обеспечивающих необходимую ВАХ варистора, производится операция обжига при температуре 900–1100 °С. Этот технологический процесс отличается от операции обжига, применяемой при изготовлении керамических конденсаторов, помимо того, что в качестве материала в варисторах используется оксид цинка, а не титанат бария или титанат кальция в случае конденсаторов. При изготовлении керамических конденсаторов температуру обжига выбирают исходя из используемого керамического материала. В отличие от этого, при изготовлении варисторов в процессе обжига формируется кристаллическая решетка, определяющая основной параметр варистора – классификационное напряжение. То есть путем подбора температуры обжига получают требуемое классификационное напряжение варистора в диапазоне от 4 до 68 В.

После обжига формируются наружные электроды, которые объединяют металлизированные слои пакета, после чего он становится многослойным варистором. Внешние электроды служат контактными площадками, которые у выводных приборов предназначены для припайки выводов, а у чип-варисторов – для монтажа на плату. Контакты изготавливаются путем нанесения пасты Ag/Pd, на которой в дальнейшем формируются внешние электроды из Ni/Sn.

Завершающая операция технологического процесса изготовления варисторов – выходной контроль, в ходе которого обеспечивается проверка электрических параметров (измеряется классификационное напряжение (при токе 1 мА) и коэффициент нелинейности), а также способность к пайке.



Рис. 7. Машина сборки пакета и металлизации PAl

Запуск в ООО «Кулон» серийного производства варисторов в исполнениях как для поверхностного, так и навесного монтажа позволит отечественным предприятиям обеспечить замену импортных комплектующих в аппаратуре различного назначения. ●

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



### ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУБМИКРОННЫХ МИКРОСХЕМ

Белоус А. И., Красников Г. Я., Солодуха В. А.

В объеме 14 глав одной книги детально и последовательно рассмотрен весь комплекс взаимосвязанных теоретических и практических аспектов сквозного проектирования и организации производства кремниевых субмикронных микросхем: теоретические основы работы полевых и биполярных транзисторов, методы и особенности конструктивно-схематического проектирования, базовые схемотехнические и системотехнические решения биполярных, КМОП-, БикМОП- и КНИ-микросхем, методы и средства повышения их радиационной стойкости, стандартные библиотеки проектирования и типовые маршруты проектирования. Книга ориентирована на широкий круг читателей.

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2021. – 782 с.,  
ISBN 978-5-94836-603-6

Цена 1960 руб.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)



РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО  
КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ  
И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

К

У

Л

О

Н

СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- многослойные конденсаторы:  
К10-17, К10-42, К10-47, К10-50,  
К10-54, К10-57, К10-79, КМК;
- трубчатые конденсаторы:  
ТК, К10-51К, КТП, КТ-1Е;
- фильтры: Б14, Б23А, Б23Б,  
Б28, Б29, Б7-2, Б24.



НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ:

- варисторы ВР-18, ВР-19;
- фильтры Б36;
- конденсаторы  
К10-89, К10-90.