

УДК 621.315.55/.59: 537.312.6

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА

Е. А. Бородина, Л. Л. Семенова

Сургутский государственный университет, scholohova03@mail.ru, semenovall75@mail.ru

В данной статье рассматривается зависимость температуры от сопротивления некоторых проводниковых и полупроводниковых материалов. Описано свойство из группы теплопроводности шести различных материалов разных маркировок. По результатам измерений была выявлена зависимость сопротивления от температуры, полученные данные представлены в виде графиков. Далее по результатам испытания рассчитан температурный коэффициент сопротивления материалов с линейной зависимостью.

Ключевые слова: полупроводниковый резистор, температурный коэффициент, пленка резисторов, медный провод, кремниевый диод, температурный коэффициент сопротивления.

DEPENDENCE OF TEMPERATURE ON RESISTANCE OF VARIOUS MATERIALS AND DETERMINATION OF THEIR TEMPERATURE COEFFICIENT

E. A. Borodina, L. L. Semenova

Surgut State University, scholohova03@mail.ru, semenovall75@mail.ru

The article considers the dependence of temperature on resistance of some conductor and semiconductor materials. Property from a group of heat conductivity of six various materials of different markings is described. According to the results of measurements dependence of resistance on temperature is received. The obtained data are presented in the form of graphics charts. In the following, based on test results the temperature coefficient of resistance of materials with linear dependence is calculated.

Keywords: semiconductor resistor, temperature coefficient, metal and carbon film of resistors, copper wire, silicon diode, temperature coefficient of resistance.

Проводниковые материалы отличаются от полупроводников и диэлектриков тем, что проводники обладают свободными носителями электрического заряда, вследствие чего возникает высокая электропроводность. В статье описано влияние температуры на сопротивление некоторых материалов, а именно: полупроводникового резистора с положительным температурным коэффициентом (PTC) маркировки «600.13-1; PTC», металлической пленки резисторов типа MF маркировки «600.19-1; MF», углеродной пленки резисторов типа CF маркировки «600.19-2; C», полупроводникового резистора с отрицательным температурным коэффициентом (NTC) маркировки «600.13-3; NTC», медного провода (термопреобразователь сопротивления медный типа дЕС014-50М.В3.20/0,2; номинальное сопротивление при 0⁰–50 Ом) маркировки «600.19-4; Cu», кремниевого диода маркировки «600.19-5; Si».

Во всех представленных ниже графиках первое значение – температура, второе значение – сопротивление при данной температуре:

1. Полупроводниковый резистивный элемент с положительным температурным коэффициентом (далее – PTC) маркировки «600.13-1; PTC».

Резистивный элемент термистора изготавливается с помощью методов порошковой металлургии из оксидов, галогенидов, халькогенидов некоторых металлов в разном виде [1]. При повышении температуры видно, что у полупроводникового резистора с положительным температурным коэффициентом (PTC) повышается и сопротивление. Таким образом, этот проводник обладает линейной возрастающей зависимостью сопротивления от температуры (рис. 1).

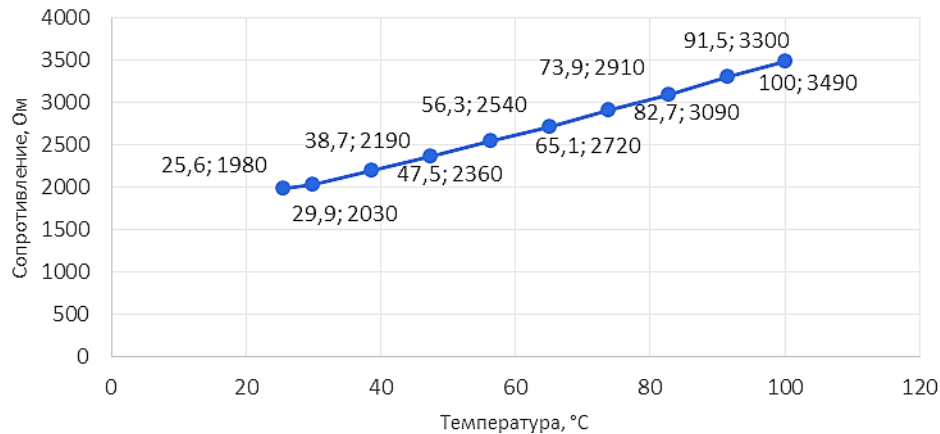


Рис. 1. График зависимости сопротивления от температуры

Произведем расчет температурного коэффициента сопротивления данного резистора по формуле:

$$\alpha = \frac{R(t_2) - R(t_1)}{R(t_1) \times t_2 - R(t_2) \times t_1} \quad (1)$$

где $R(t_2)$, $R(t_1)$ – сопротивление образца, соответственно, при температуре t_2 , t_1 .

Для расчета возьмем сопротивление при температуре 91,5 °C и 47,5 °C.

$$\alpha = \frac{3300 - 2360}{2360 \times 91,5 - 3300 \times 47,5} = 0,016$$

2. Углеродная пленка резисторов маркировки «600.13-1; РТС».

Углеродно-пленочные резисторы производят методом нанесения пленки чистого углерода на керамический цилиндр и дальнейшего удаления углерода, для того чтобы сформировать спираль. Далее на пленку наносится кремний. Толщина и ширина слоя оставшегося углерода контролируют сопротивление. Из-за наличия чистого углерода температурный коэффициент становится меньше [2]. При повышении температуры у углеродной пленки резисторов сопротивление убывает. Таким образом, этот проводник обладает линейной убывающей зависимостью сопротивления от температуры (рис. 2).

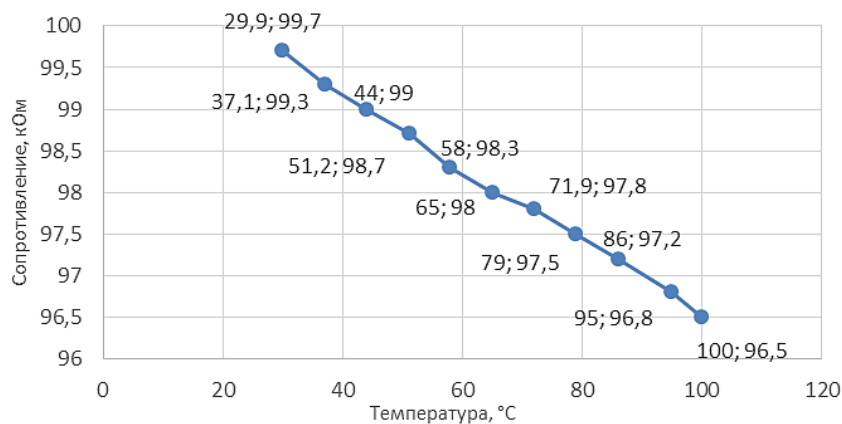


Рис. 2. График зависимости сопротивления от температуры

По формуле (1) рассчитываем температурный коэффициент, возьмем сопротивление при температуре 44 °C и 100 °C.

$$\alpha = \frac{96,5 - 99}{99 \times 100 - 96,5 \times 44} = -0,00044$$

3. Медные термопреобразователи сопротивления (термопреобразователь сопротивления медный типа дЕС014-50М.В3.20/0,2; номинальное сопротивление при 0°–50 Ом) маркировки «600.19-4; Cu» [1]. Медные термопреобразователи сопротивления применяются для продолжительного измерения температур в диапазоне от -200 до 200 °С. При повышении температуры у медного провода сопротивление повышается незначительно. Таким образом, этот проводник обладает линейной зависимостью (рис. 3).

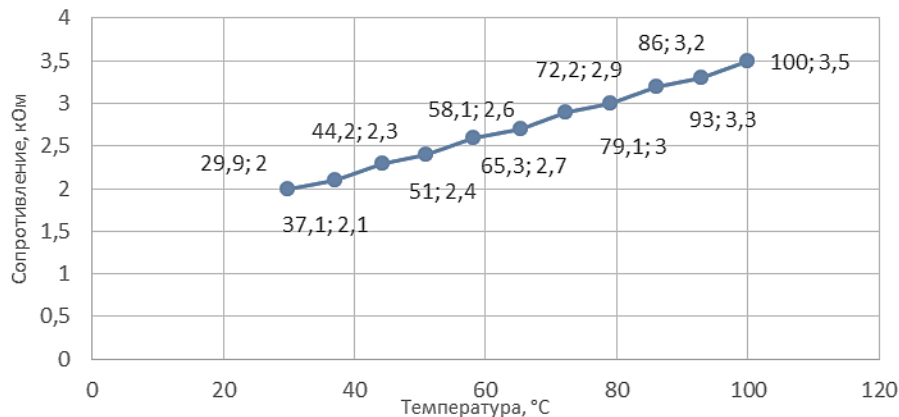


Рис. 3. График зависимости сопротивления от температуры

4. Металлическая пленка резисторов (MF) маркировки «600.19-1; MF».

Для изготовления металлопленочных резисторов применяют тугоплавкие металлы, такие как: тантал, титан, никель, хром, палладий, рений, вольфрам и сплавы на их основе [2]. У металлической пленки резисторов типа MF зависимость сопротивления от температуры можно описать следующим образом: в диапазоне температур от 25,6–55,2 °С сопротивление не изменяется, в диапазоне температур от 55,2 до 70 °С сопротивление уменьшается, в диапазоне температур от 70 до 84,8 °С сопротивление не изменяется, в диапазоне температур от 84,8–100 °С сопротивление не изменяется (рис. 4).

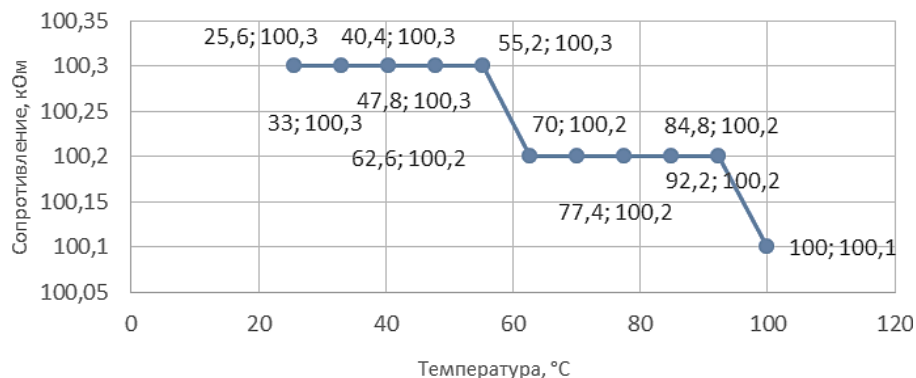


Рис. 4. График зависимости сопротивления от температуры

5. Полупроводниковый резистивный элемент с отрицательным температурным коэффициентом (NTC) маркировки «600.13-3; NTC».

Данные терморезисторы состоят из поликристаллической смеси различных спеченных оксидов [3]. Процесс спекания осуществляется при температуре 1000...1400 °С. Затем изготавливают контакты путем вжигания серебряной пасты. Для обеспечения высокой ста-

бильности сопротивления, прежде всего при длительных измерениях, терморезисторы после спекания подвергают еще искусственному старению. С помощью специальных режимов обработки достигается высокая стабильность сопротивления [1, 4]. Полупроводниковый резистор с отрицательным температурным коэффициентом (NTC) обладает гиперболической убывающей зависимостью сопротивления от температуры [5, 6] (рис. 5).

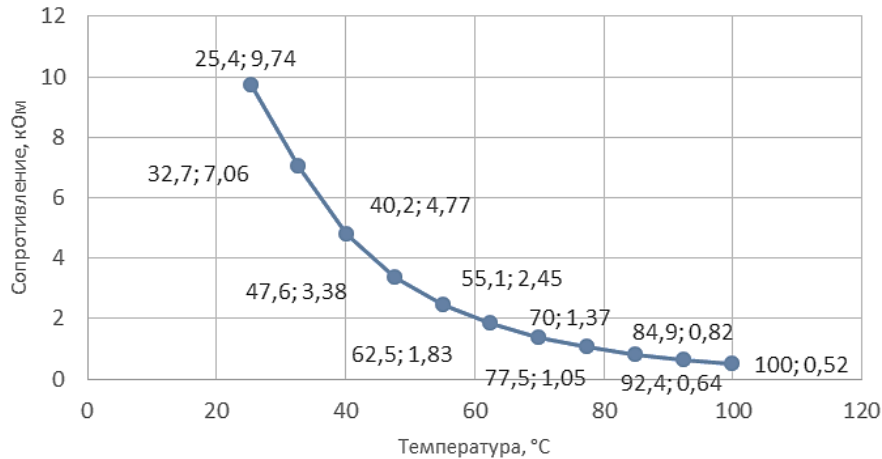


Рис. 5. График зависимости сопротивления от температуры

6. Кремниевый диод (Si) маркировки «600.19-5; Si».

Производство кремниевого диода начинается с очищения кремния [7]. На каждой стороне диода имплантируются примеси (бор на стороне анода, мышьяк или фосфор на стороне катода), а соединение, где встречаются примеси, называется «р-п-переходом». Кремниевые диоды имеют прямое смещение напряжения 0,7 В. Как только разность напряжений между анодом и катодом достигает 0,7 В, диод начнет проводить электрический ток через его р-п-переход. Когда разность напряжений падает менее 0,7 В, р-п-соединение прекратит проводить электрический ток и диод перестанет функционировать как электрический путь [4, 8]. Кремниевый диод обладает гиперболической убывающей зависимостью сопротивления от температуры (рис. 6).

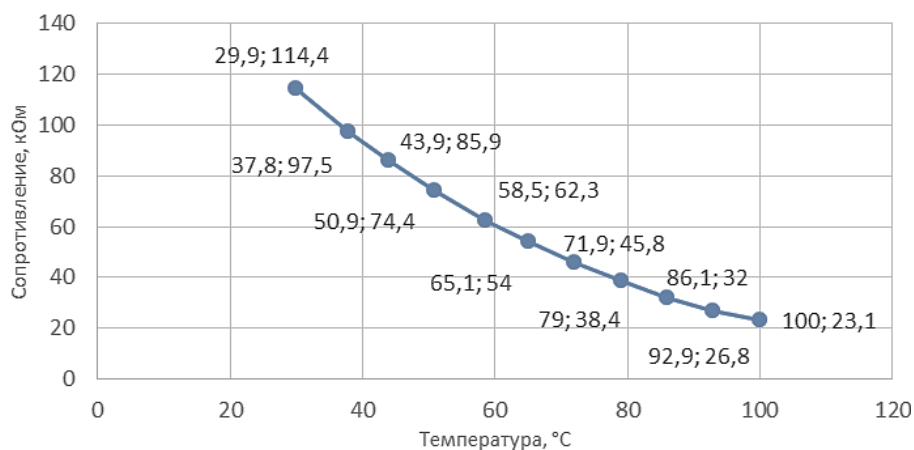


Рис. 6. График зависимости сопротивления от температуры

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что влияние температуры на сопротивление проводниковых материалов зависит не только от того, из каких материалов изготовлен тот или иной проводник, но и от определенных свойств каждого элемента, из которого этот материал изготовлен.

Литература

1. Цифровая электроника, вычислительная техника, встраиваемые системы. URL: <http://digitrode.ru> (дата обращения: 23.10.2018).
2. Электроматериаловедение. URL: <http://emv.poznau.com> (дата обращения: 23.10.2018).
3. Давыдова И. С., Максина Е. Л. Материаловедение. М. : ИЦ РИО, 2016. 228 с.
4. ЭлектроТехИнфо: информационная торговая система. URL: <http://www.eti.su> (дата обращения: 23.10.2018).
5. Сорокин В. С., Антипов Б. Л., Лазарева Н. П. Материалы и элементы электронной техники: активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. СПб. : Лань, 2016. 384 с.
6. Новиков И. Л., Дикарева Р. П., Романова Т. С. Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники. Новосибирск : Новосибирск. гос. технич. ун-т, 2010. 35 с.
7. Сорокин В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики. М. : Лань, 2015. 448 с.
8. Сорокин В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. М. : Лань, 2016. 208 с.