

电阻器的基础

● 何谓电阻器

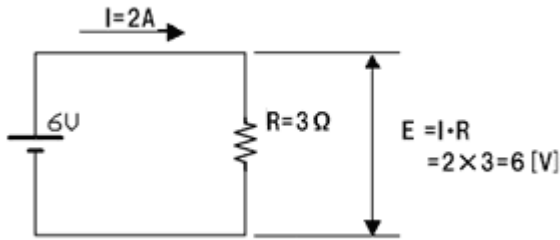
要解答电阻器是什么这个问题，首先要了解“欧姆定律”，这很重要。

这是了解电阻器的基础。

欧姆定律是指“通过导体的电流与导体两端的电压成正比”。

假设电压为 E (V: 伏特)，电流为 I (A: 安培)，则以下关系成立。

欧姆定律： $E = I \cdot R, I = E / R$



R 为比例系数，叫作电阻，电阻的物理量符号为 R ，电阻值的单位符号为 Ω （欧姆；ohm），标记符号如下图所示。

[电阻器的电路符号]

	电阻器	半固定电阻器	可变电阻器
旧			
新			

电阻越大，电流越难通过，电阻越小，电流越容易通过。换言之，电阻器是使通过电路的电流保持恒定，并根据需要进行调整的元件。电阻器还可以用于降低电压、分割电压。因此电

阻器与电容器、电感器（线圈）一样，都是主要无源元件，是电子电路必不可少的基本元件之一。

● 电阻器的材料成分与作用

电阻器基本由以下 4 个要素构成。

基体：支撑电阻体与端子的部分

电阻器的基体最常使用氧化铝绝缘体。

需要根据电阻器的用途，选择适合的材料（热传导率、热膨胀系数、机械强度等）。

电阻体：决定电阻器的基本特性、性能的部分

电阻

假设有右图中的物质。

截面积[cm²]: S

长度[cm]: L

物质的固有电阻[Ω·cm]: ρ

则该物质的电阻 R 为 $R = \rho \cdot L / S$ [Ω]



主要金属的固有电阻及电阻温度系数

Resistance & T.C.R. of the metals.

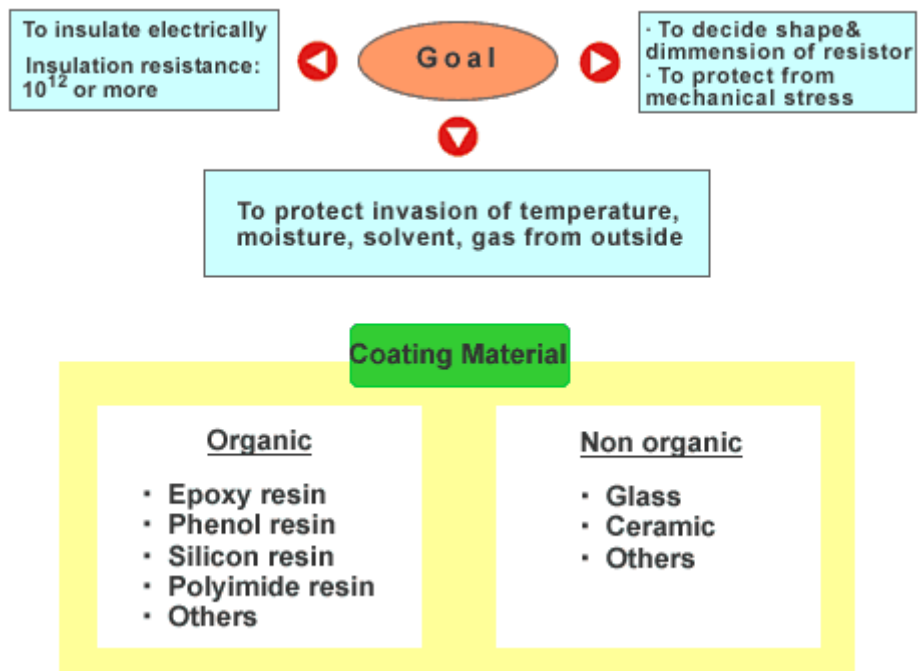
金属名称 Metals	符号 Symbol	固有电阻 Electric Resistance ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	电阻温度系数 T.C.R. ($10^{-6}/\text{K}$)
金 Gold	Au	2.4	4,000
银 Silver	Ag	1.62	4,100
白金 Platinum	Pt	10.6	3,900
钯 Palladium	Pd	10.8	3,700
镍 Nickel	Ni	7.24	6,700
锡 Tin	Sn	11.4	4,500
铋 Bismuth	Bi	120	4,500
钽 Tantalum	Ta	15.0	3,500
铁 Iron	Fe	9.8	6,600
铜 Copper	Cu	1.72	4,300
镍铬合金 Nichrome	NiCr(80:20)	108	100
锰铜合金 Manganin	Cu,Mn,Ni	40	-5~+10

端子：使电阻体与基板（电路图案）等建立电气、机械连接的部分

是施加电压或电流的部分，电阻器的端子结构和形状必须根据贴装方法选择。

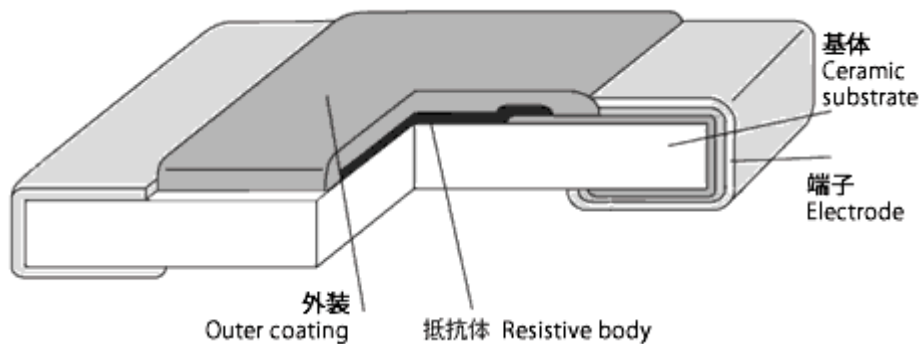
为了提高贴装密度、削减贴装成本，表面贴装元件（SMD）如今已成为主流。

外包装：保护电阻体和基体不受外部空气和机械应力的影响

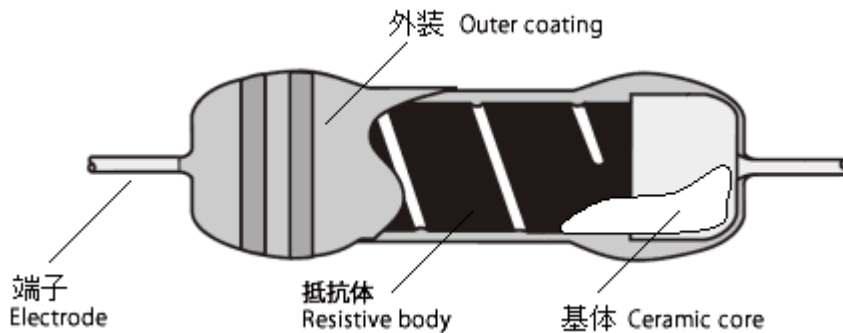


电阻器结构图例

矩形片式电阻器



引线插入型电阻器（皮膜型）



根据结构分类

电阻器的分类

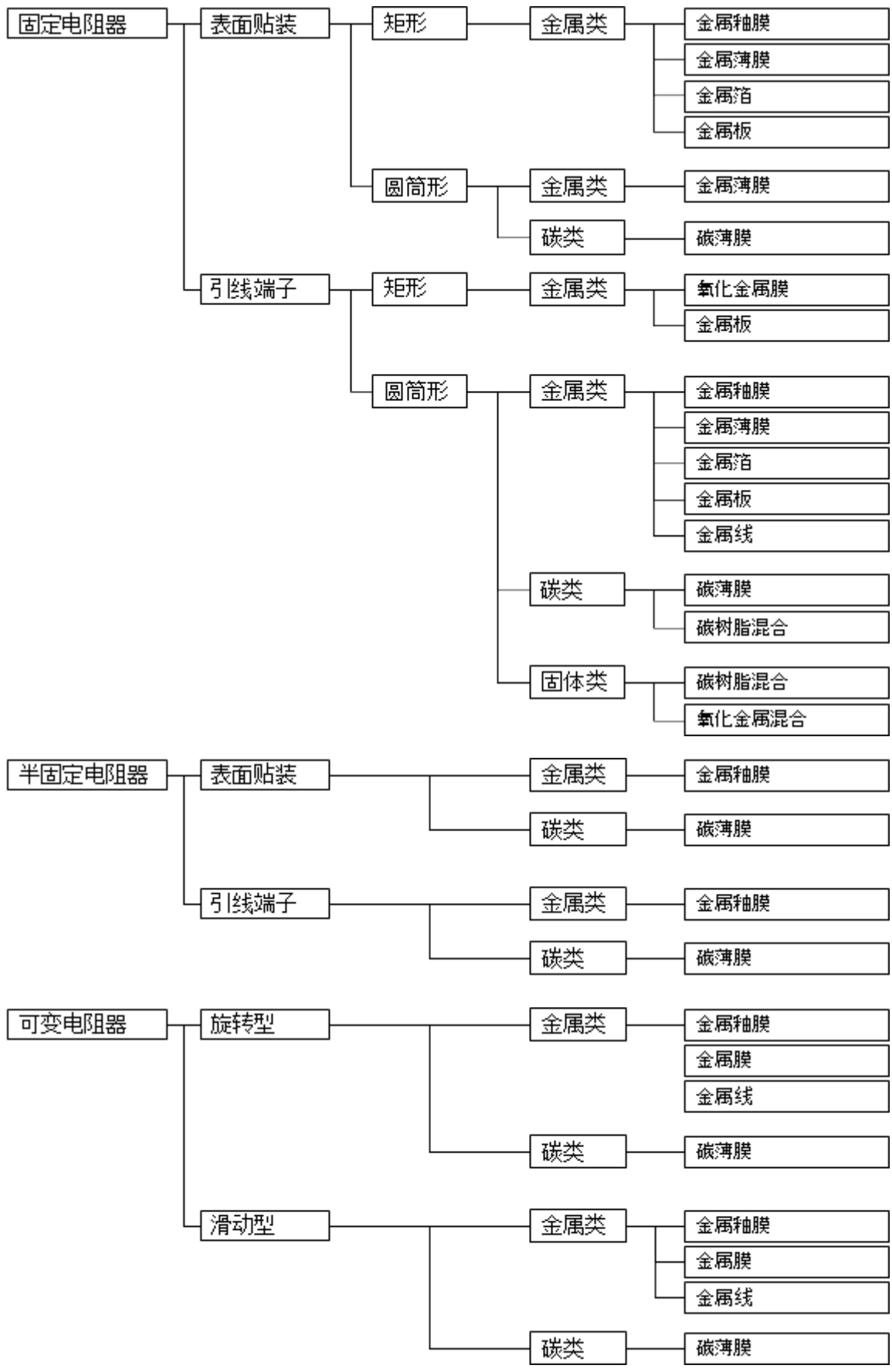
电阻器可以根据功能、形状、电阻体材质和用途的组合，划分成许多种类型。

① 按功能分类，有嵌入电路中使用的固定电阻器、用于微调电路的半固定电阻器、像收音机音量旋钮一样改变电阻值的可变电阻器等。

②按固定电阻器的形状分类，有带引线的引线型和不带引线的表面贴装型。表面贴装型又可分为矩形和圆筒形。除此之外，按密封材质分类，还有树脂模压型、陶瓷外壳型等。

③按电阻体材质分类，有碳膜、以镍铬合金为主体的金属膜、氧化金属膜、氧化金属与玻璃相结合的金属釉等皮膜型，以及使用金属板、金属线、金属箔的类型和使用氧化金属陶瓷的固体型等。

④按其用途，则有电阻值允许偏差和温度特性精度高的类型、耐高电压和浪涌性强的类型、电阻值随温度变化的类型、带保险丝功能的类型等。使用电阻器时，必须根据目的，在这些组合中进行选择。



固定电阻器的特点

■片式固定电阻器

端子实施了焊接、键合或二者兼顾所需的处理，没有端子线（引线）的电阻器。

按照形状可分为矩形和圆筒形。根据电阻体的不同材料分类，大致有以下 5 种。

· 矩形...①金属釉膜型、②金属膜型、③金属板型

· 圆筒形...③碳膜型、④金属膜型

其中，金属釉膜型凭借成本、小型化、贴装作业效率的优势，占据了大半市场，据统计，金属釉膜型占到了片式固定电阻器的 9 成以上。其小型化趋势明显，矩形类型中，1005 规格(1.0mm×0.5mm)和 0603 规格(0.6mm×0.3mm)的应用正在增加，在以手机、智能手机为中心的移动通信领域，0402 规格(0.4mm×0.2mm)的采用也有所扩大。

a: 矩形片式固定电阻器

大致可分为厚膜型的金属釉膜和薄膜型的金属膜，量产中心为厚膜型。厚膜型的安装性、耐环境性优异，薄膜型则具有电阻值允许偏差小、电阻温度系数小、电流噪声小等特点。特别是电阻温度系数，与厚膜型约为 $10 \times 10^{-6}/K$ 相比，薄膜型仅为 $10 \times 10^{-6}/K$ 左右，电阻值非常小，而且稳定。矩形片式电阻器有 0402、0603、1005、1608、2012、3216 等规格，特别是 0603 规格，以移动通信设备为中心，正在飞速增长。1005、1608 规格主要应用于消费设备，1608、2012 规格则实现了从消费设备到工业设备、车载设备的广泛运用。功率型有 3216、3225、5025、6331 等规格。

b: 圆筒形片式固定电阻器

通称为 MELF 的片式电阻器，去掉一般的轴向引线电阻器的引线，两端的电极安装了电镀金属的电极帽。该产品的特点包括：外观呈圆筒形而且使用金属帽，因此不分正反；电极强度、机械强度优异；结构尺寸精度高；产品进给、安装精度高等。而且，金属膜型还具有电阻值精度、温度系数、电流噪声可以达到高水平的特点。

■网络电阻器

在一张绝缘基板上集成、整合多个电阻元件，将其作为一个电子部件的电阻电路网络，各个元件根据需要相互连接。由具备 2 个电极的电阻简单连接而成的叫作阵列，形成电路网络的叫作网络。

主要用于数字电路的上拉、下拉电阻。

根据形状可以分为 SIP(Single Inline Package)形、DIP(Dual Inline Package)形、扁平封装形、贴片载体形。

过去，在以碳膜电阻器为主的时期，为对应高密度贴装，SIP 型的产量急剧增加，但随着贴装技术更换为表面贴装，片式网络电阻器逐渐兴起，与 SOP(Small Outline Package)形一同成为了当今的主流。

片式网络电阻器满足了高密度贴装单个片式电阻器的需求，在网络电阻器中产量增长最快。需求以 2 联、4 联为中心，3216 规格主要应用于工业设备领域，1608 规格应用于各类电子设备，1005、0603 规格则应用于手机、电脑、数码相机、数码摄像机等。

■碳膜固定电阻器

使用碳膜作为电阻元件的固定电阻器，作为最普遍的电阻器，很早便为人们所熟知。按照功率分类，以 1/4W 产品和 1/2W 产品居多，1/4W 的 3.2mm×φ1.9mm 规格、1/2W 的 6.3mm×φ2.85mm 规格等小型产品目前占据主流，具备优异的耐脉冲性等。作为通用产品，应用范围广泛。

■金属膜固定电阻器

使用金属膜作为电阻元件的固定电阻器，电阻值允许偏差、电阻温度系数和老化程度小，精度高而且稳定性优异。还具有电流噪声小的特点。主要用途除通信、测量设备等工业设备外，还包括计算机及其外围设备、AV 设备机器等处理微弱信号的电路等。

■氧化金属膜固定电阻器

使用氧化金属膜作为电阻元件的固定电阻器，小型（单位额定功率的体积在电阻器中最小）且耐热性优异。具有能够以低成本制造出电阻温度系数小于功率型金属膜电阻器的产品等特点。是主要应用于电源电路等用途的通用功率型电阻器。

■绕线固定电阻器

使用金属电阻线作为电阻元件的固定电阻器，耐脉冲性、耐热性尤其出色。而且具有电阻温度系数小、电流噪声小等特点。但也存在不易取得高电阻值、绕线结构不适合高频电路等缺点。

主要用作电源电路的冲击电流限制电阻器。另外，低电阻值产品也用于电流检测等用途。

术语的含义

公称电阻值

电阻器的设计电阻值，通常标注在电阻器上。

额定功率

额定环境温度下可连续施加的最大功率。此外，网络电阻器除单个元件的额定功率外，可能每个包装也有额定功率。

额定环境温度

电阻器在额定功率下可持续工作的最高环境温度。请注意该温度是电阻器安装在设备内部时电阻器周围的温度，并非设备周围的温度。

额定端子部温度

加上额定功率后可连续使用的表面贴装型电阻器端子部温度的最高值。

负荷减轻特性曲线

环境温度与可连续施加的最大功率之间的关系曲线。一般用百分率表示。

额定电压

额定环境温度下可连续施加的最大直流电压或交流电压（商用电源频率的实效值），用额定功率和公称电阻值，按以下公式计算。

$$\text{Rated Voltage(V)} = \sqrt{\text{Rated Power(W)} \times \text{Nominal Resistance } (\Omega)}$$

但额定电压不可超过最高使用电压。

临界电阻值

在不超过最高使用电压的情况下可施加额定功率的最大公称电阻值。在临界电阻值下，额定电压等于最高使用电压。

最高使用电压

电阻器或电阻元件上可连续施加的最大直流电压或交流电压（商用电源频率的实效值）。

但在临界电阻值以下，可以施加的最大电压为额定电压。

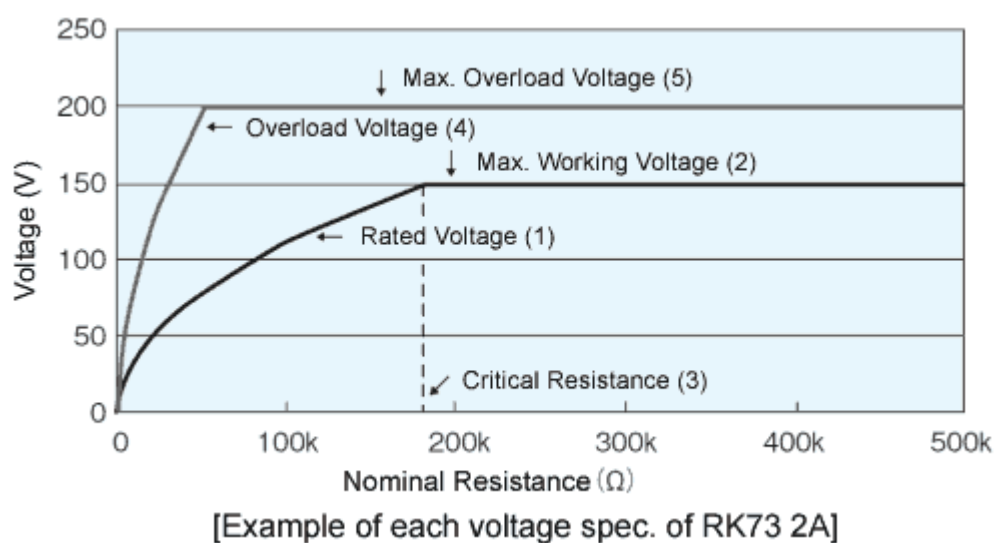
另外，最高使用电压和额定电压，是根据额定功率计算出的直流电压。交流电设想为正弦波，峰值电压为最高使用电压的 $\sqrt{2}$ 倍。关于非正弦波情况下，以及电阻值超过临界电阻值时可以施加的峰值电压，请另行咨询。

过载电压

在短时间过载试验中可连续施加 5 秒钟的电压的最大值（→ ④）。在短时间过载试验中施加的电压一般为额定电压的 2.5 倍。但不可超过最高过载电压。

最高过载电压

过载电压的最大值（→ ⑤）



耐电压

在耐电压试验（JIS C 5201-1 4.7）中，可以施加在电极与外包装指定部位之间达 1 分钟的交流电压（商用电源频率的实效值）。

电阻温度系数

温度在规定范围内每变化 1K 时电阻值的变化率，根据下式计算。

$$\text{T.C.R.} (\times 10^{-6}/\text{K}) = \frac{R - R_0}{R_0} \times \frac{1}{T - T_0} \times 10^6$$

上式中

R : T°C 时的电阻实测值 (Ω)

R₀: T₀°C 时的电阻实测值 (Ω)

T : 试验温度的实测值 (°C)

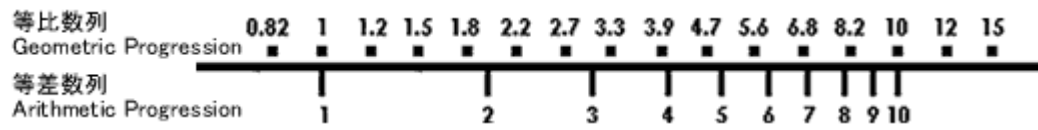
T₀: 基准温度的实测值 (°C)

电阻值的表示方法

有效数字

电阻值并非全部为整数，也有 2.2Ω、4.7Ω 等小数值。这是因为其遵照的是按等比级数对 1~10 进行分割的标准数“E 系列”。其中，分割为 12 段的 E12 系列和 E24 系列比较常见，允许偏差为 1% 以下的电阻器有些也采用 E96 系列和 E192 系列。电阻器等无源元件使用这种标准数作为有效数字来表示常数。

E 是指 Exponent（指数），例如，“E12”是使用等比级数（10 的 12 次方根）对 1~10 进行分割。因为是等比级数，所以将对数作为标度，即为等间隔。由于不是 2.0、3.0 之类的整数，您最初可能会觉得困惑，然而在实际的设计一线，条件往往是“希望增减百分之多少”，这样的数字更便于使用。



E12 的标准数列由 $\sqrt[12]{10^n}$ 的理论值四舍五入得出，是 E24 标准数列的间位排列。

E3	E6	E12	E24	E96標準數 E96 standard			
10	10	10	10	100	178	316	562
			11	102	182	324	576
		12	12	105	187	332	590
			13	107	191	340	604
	15	15	15	110	196	348	619
			16	113	200	357	634
		18	18	115	205	365	649
			20	118	210	374	665
22	22	22	22	121	215	383	681
			24	124	221	392	698
		27	27	127	226	402	715
			30	130	232	412	732
	33	33	33	133	237	422	750
			36	137	243	432	768
		39	39	140	249	442	787
			43	143	255	453	806
47	47	47	47	147	261	464	825
			51	150	267	475	845
		56	56	154	274	487	866
			62	158	280	499	887
	68	68	68	162	287	511	909
			75	165	294	523	931
		82	82	169	301	536	953
			91	174	309	549	976

E192標準數 E192 standard							
100	133	178	237	316	422	562	750
101	135	180	240	320	427	569	759
102	137	182	243	324	432	576	768
104	138	184	246	328	437	583	777
105	140	187	249	332	442	590	787
106	142	189	252	336	448	597	796
107	143	191	255	340	453	604	806
109	145	193	258	344	459	612	816
110	147	196	261	348	464	619	825
111	149	198	264	352	470	626	835
113	150	200	267	357	475	634	845
114	152	203	271	361	481	642	856
115	154	205	274	365	487	649	866
117	156	208	277	370	493	657	876
118	158	210	280	374	499	665	887
120	160	213	284	379	505	673	898
121	162	215	287	383	511	681	909
123	164	218	291	388	517	690	920
124	165	221	294	392	523	698	931
126	167	223	298	397	530	706	942
127	169	226	301	402	536	715	953
129	172	229	305	407	542	723	965
130	174	232	309	412	549	732	976
132	176	234	312	417	556	741	988

表示方法

电阻值以 3 位或 4 位的字母和数字表示，标示在电阻器表面。但小型产品也可能没有标示。



例 Ex 153: $15 \times 10^3 = 15k\Omega$
 1R5: 1.5Ω
 1L5: $1.5m\Omega$

3 位数表示时

第 1 位、第 2 位数字表示 E3、E6、E12、E24 的有效数字，第 3 位数字表示其后有几个零。另外，R 指小数点。L 指 $m\Omega$ 单位的小数点。

例 Ex 1542: $154 \times 10^2 = 15.4k\Omega$
 R154: 0.154Ω
 15L0: $15.0m\Omega$

4 位数表示时第 1 位、第 2 位、第 3 位数字表示 E96、E192 的有效数字，第 4 位数字表示其后有几个零。R 指小数点。L 指 $m\Omega$ 单位的小数点

<MΩ 的读法>

电阻值等物理量以 k (kilo, 千)、M (mega, 兆)、G (giga, 吉) 等符号来表示位数, 但电阻值的 MΩ 在英文中不读作“麦咖欧姆”。在英语中, ohm 等单位以元音开头时, 接头辞末尾的元音不发音 (Mega~变成 Meg~), MΩ 变为 Meg-ohm, 读作“麦咕欧姆”。

允许偏差的表示

符号	A	B	C	D	F	G	J	K	M
电阻值 允许偏差	±0.05%	±0.1%	±0.25%	±0.5%	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%

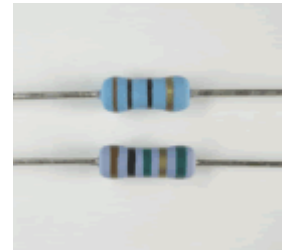
颜色代码

引线型电阻器有时会用颜色代码来表示电阻值、允许偏差。

4 根线时

第 1 根、第 2 根线表示公称电阻值的有效数字, 第 3 根线表示倍率。第 4 根线表示电阻值的允许偏差。

例) 红红橙金: $22 \times 10^3 \Omega \pm 5\% \rightarrow 22\text{k}\Omega \pm 5\%$



5 根线时

第 1 根、第 2 根、第 3 根线表示公称电阻值的有效数字, 第 4 根线表示倍率。

第 5 根线表示电阻值的允许偏差。

例) 黄紫绿红棕: $475 \times 10^2 \Omega \pm 1\% \rightarrow 47.5\text{k}\Omega \pm 1\%$

判断颜色代码左右哪侧是第 1 根线比较困难, 4 根线时, 第 1 根线比第 4 根线离引线近。

5 根线时, 第 4 根线与第 5 根线的间距略大于其他线的间距。另外, 第 5 根线有时还会稍宽于其他线。

色 Color	第一数字 1st figure	第二数字 2nd figure	第三数字 3rd figure	倍率 Magnitude	抵抗值許容差 Resistance Tol.
黑: Black	0	0	0	1	-
茶: Brown	1	1	1	10	F: ±1%
赤: Red	2	2	2	100	G: ±2%
橙: Orange	3	3	3	1,000	A: ±0.05%
黄: Yellow	4	4	4	10,000	-
綠: Green	5	5	5	100,000	D: ±0.5%
青: Blue	6	6	6	1,000,000	C: ±0.25%
紫: Purple	7	7	7	10,000,000	B: ±0.1%
灰: Gray	8	8	8	-	-
白: White	9	9	9	-	-
金: Gold	-	-	-	0.1	J: ±5%
銀: Silver	-	-	-	0.01	K: ±10%
無: Plain	-	-	-	-	M: ±20%

矩形片式电阻器的外形尺寸表示

片式电阻器尺寸的称谓有符号表示、厘米表示、英寸表示 3 种。

其中有 1J、2A 等用数字和 1 个英文字母表示的方法，但这种方法原本表示的并不是尺寸，而是额定功率（1/16W:1J、1/10W:2A、1/8W:2B、1/4W:2E 等）。在开发出矩形片式电阻器之初，额定功率=尺寸。之后，本公司扩大了片式电阻器单位尺寸的额定功率，但 1J、2A 等表示方式已作为尺寸而广为人知，因此，本公司现在依然用其作为表示大小的符号。

以厘米为基准和以英寸为基准的表示方式，都是用 4 个数字（也有 5 个数字的例外情况）来表示。

如果说以厘米为基准的称谓是○○△△，则表示从顶面俯瞰，纵向×横向为○.○mm×△.△mm。

例如，1608 即为纵向 1.6mm×横向 0.8mm。

如果说以英寸为基准的称谓是○○△△，则表示从顶面俯瞰，纵向×横向为 0.○○英寸×0.△△英寸。

例如，0603 即为纵向 0.06 英寸×横向 0.03 英寸。

在 KOA 产品目录中，1J、2A 等符号之下的（）内标注了英寸表示的 4 位数字，但在日本，以厘米为单位的表示方式更为常用。

下面是 3 种表示方式的对应表

纵向 mm × 横向 mm	符号表示 (数字+英文字母)	英寸尺寸表示	厘米尺寸表示
0.4×0.2	1F	01005	0402
0.6×0.3	1H	0201	0603
1.0×0.5	1E	0402	1005
1.6×0.8	1J	0603	1608
2.0×1.25	2A	0805	2012(2125)
3.2×1.6	2B	1206	3216
3.2×2.6	2E	1210	3226(3225)
5.0×2.5	2H(W2H)	2010	5025
6.3×3.1	3A(W3A)	2512	6331(6432)

电阻器的技术动向

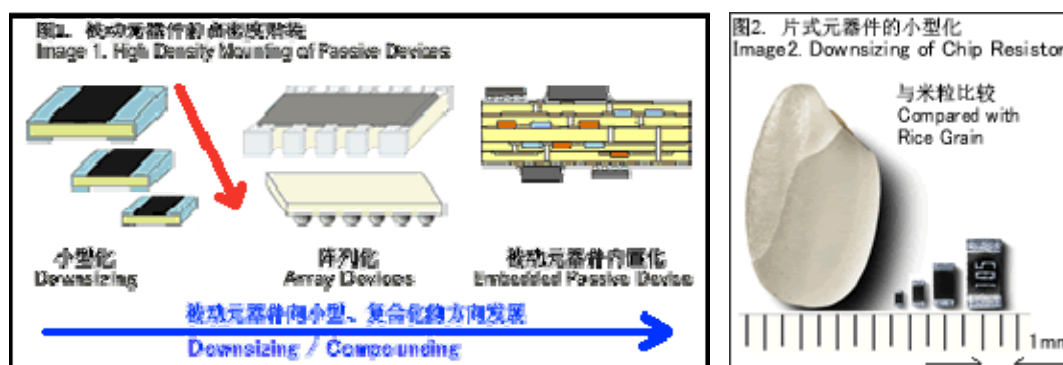
开发趋势

高密度贴装

智能手机和可穿戴设备大量使用 0402 规格(0.4mm×0.2mm)的电子部件。但是，由于必须在有限的空间中进一步实现高功能化，需求已不再局限于单纯的贴片尺寸的小型化，元件复合化的需求愈发高涨。贴装技术方面，无焊脚贴装使窄间隔相邻贴装得以实现，提高了贴

装密度。而且，不只是单独的电阻器，网络电阻器可能也会向小型化、在元件底面配置电极的区域阵列贴装发展。

另外，作为实现高密度贴装的方法，DES（Device Embedded Substrate）技术的开发正进行地如火如荼。DES 技术的思路是在基板中嵌入元件、三维配置元件，可以采用在基板制造过程中嵌入元件、运用印刷技术制作基板内层以取代嵌入元件等许多方法。本公司已经推出了 EPD（Embedded Passive Device）类型的基板内置用电阻器 [XR73](#)

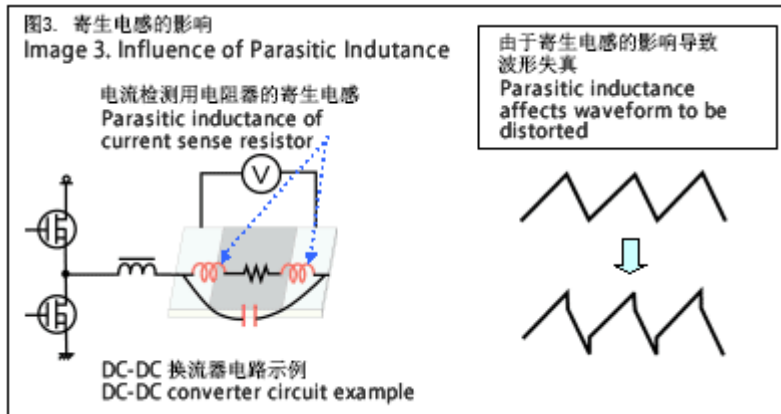


高精度化

实现手提设备的功率管理功能，需要正确测量通过电路的电流。测量电路电流一般是在电路中插入串联的电流检测用电阻器，通过测量其两端的电压，可以求出通过电阻器的电流。但以智能手机为例，待机时与操作应用程序等消耗大功率时相比，通过的电流相差 100 倍以上，因为必须正确测量出任何情况下的电流，电流检测用电阻器不仅要具备高精度，为了不易受温度变化影响，还需要电阻温度系数小。本公司的厚膜型[低阻值电阻器 UR73, SR73](#)拥有 $10\text{m}\Omega\sim 10\Omega$ 等多种类型，还备有电阻温度系数达 $\pm 100 \times 10^{-6}/\text{K}$ 的产品。

而且，笔记本电脑的 CPU 电源虽然使用 DC-DC 换流器，但因为需要具备能够追随 CPU 负荷波动的输出稳定性，所以切换速度非常快。因此，DC-DC 换流器的控制电路所使用的电子部件的寄生电感因素，会对其产生很大的影响。故而需要使用低寄生电感的电流检测用电阻器。

本公司的[金属板片式低阻值电阻器 TLR](#)系列的寄生电感非常小，能实现高精度的电流检测。



可靠性

汽车电子设备所处的环境较恶劣，因此对于高可靠性的要求较高。特别是在发动机周围，设备必须在接触高温、高湿、剧烈振动、灰尘及其他化学物质等的环境下，长时间发挥功能。因此，电阻器不仅需要耐热性、耐湿性、耐硫化性优异，还需要确保与基板的接合牢固可靠，以耐受重复产生的热应力和强烈振动。

支持高电压

LCD 投影仪、一体机等设备的电源都使用高电压，驱动电路所使用的电子部件需要具备较高的最高使用电压。而且，电动汽车和混合动力汽车等车辆的电源电路也使用高电压，因此电阻器的最高使用电压同样需要支持高电压。

高电压用电阻器 [HV73](#)、[RCR](#)

无铅

在过去，电子电路板使用有铅焊锡，也就是铅与锡的合金，但铅对人体有害，而且危害自然环境，因此近年来，焊锡的无铅化日益普及。欧洲还通过 RoHS 指令，自 2006 年 7 月开始禁用铅等 6 类有害物质，日本、中国等非欧洲国家也加强了限制，为适应上述趋势，本公司正在通过电阻器端子无铅化等各项措施，努力削减环境负荷物质。

电阻器需要解决的课题

0201 规格电阻器的贴装可靠性

高精度安装非常小的元件，不仅需要基板设计、高精度焊膏印刷技术、元件安装技术，元件的形状也需要具备非常高的精度而且稳定。另外，对于载带的精度也有要求。

支持高电压、高可靠性

为了支持更高的电压、实现更高的可靠性，电阻体材料本身也需要进行改良。

完全无铅化

对于现在的无铅化，电阻器电极电镀已经普遍不再使用含铅焊锡，在今后，电阻器的皮膜、保护膜、内部连接焊锡等也都需要实现无铅化。

技术展望

电阻器的小型化如今已接近极限，如上所述，在今后，与电阻器、电容器、电感器等 EPD 或半导体 EAD（Embedded Active Device）组合的 DES（Device Embedded Substrate）估计会愈发普及。而且，为了实现高速传输 / 高速处理，过去只使用电信号的电路可能会与光信号融合，实现电路光路混载，包含光元件的 DES 也将成为研究的对象。另外，由于贴装所需要的密度更高，在相同尺寸下增大功率的需求越来越多，对于在过去降额比较充裕的电阻器，令降额捉襟见肘的使用方法也在逐年增加。为了适应这些变化，在改良电阻器本身的同时，还必须对电阻器应当具备的额定功率、贴装方法、推荐图案等进行研究。作为其中的一项举措，我们正在开展将表面贴装型的负荷减轻特性曲线从环境温度变更为端子部温度的活动。

术语释义

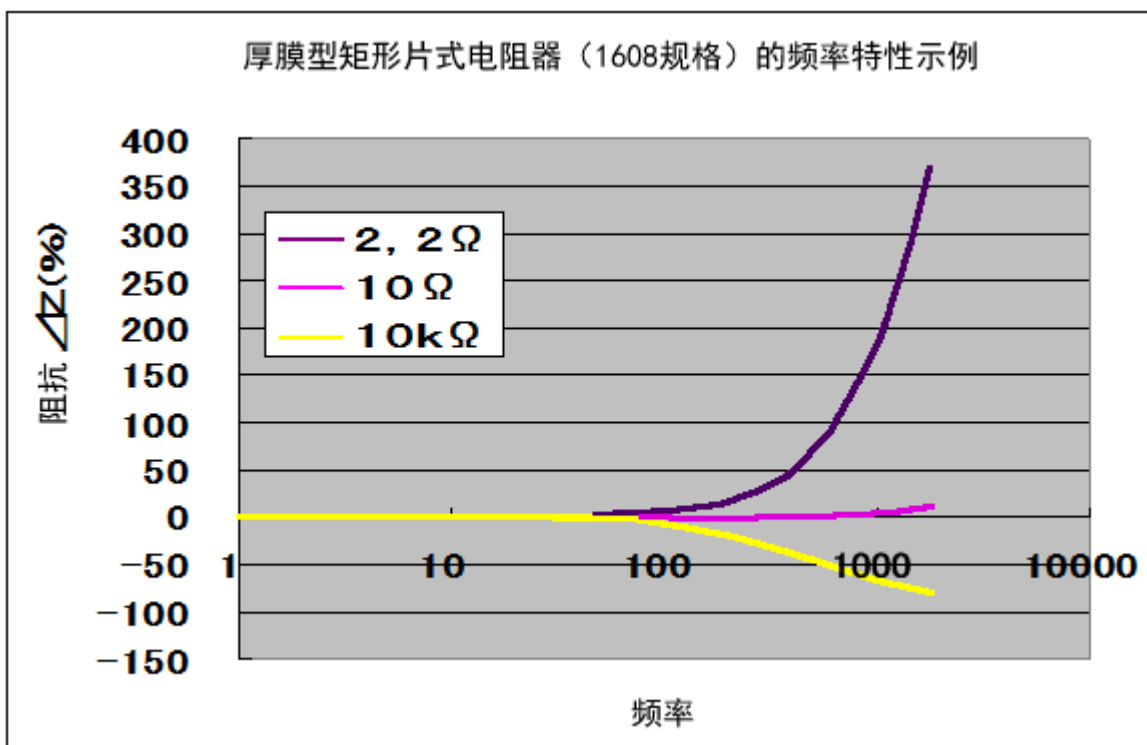
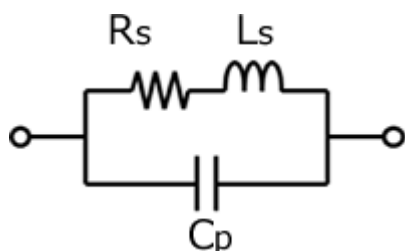
- * EPD: Embedded Passive Device 基板内置用无源元件
- * EAD: Embedded Active Device 基板内置用有源元件
- * DES: Device Embedded Substrate 元件内置基板

电阻器的性质

电阻器的频率特性

说到电阻器的频率性，不少人可能会觉得奇怪，但在电阻器中，其实也存在微小的寄生电感（在等效电路中与电阻串联）和寄生电容（主要为电极间容量，在等效电路中与电阻并联）。因此，当频率增高后，这些寄生因素将会产生影响，电阻器将包含电抗因素，而不再是纯粹的电阻。也就是说，电阻器是阻抗随频率变化的元件，在高频带使用时需要注意。下图为厚膜型矩形片式电阻器 1608 规格(1.6mm×0.8mm)的频率特性。由图可知，电阻的阻抗变化因电阻值而异。如果电阻值小，则寄生电感在高频带占主导，阻抗趋于增加。如果电阻值大，则寄生电容在高频带占主导，阻抗趋于减少。如果电阻值极小，具体来说就是 $m\Omega$ 以下，即使频率小于 1MHz，在趋肤效应的作用下，也会出现寄生电感减少、电阻体的电阻值增大的现象。

电阻器的等效电路

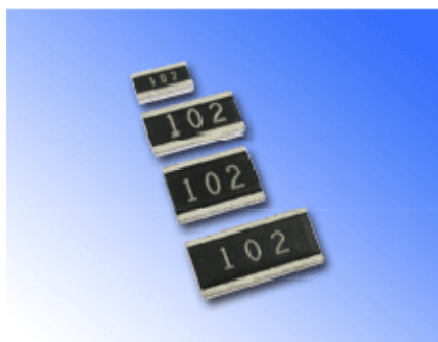


电阻器的升温与发热

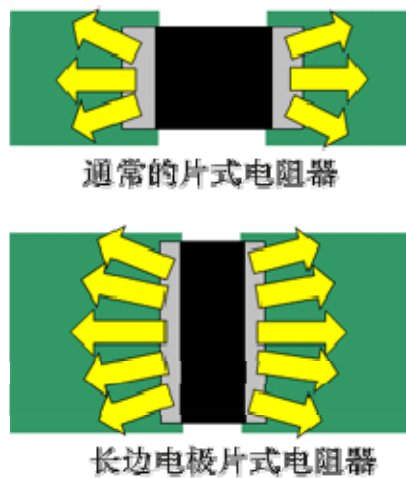
电阻器也是将电能转换成热能的元件。消耗功率必然发热，温度随功耗相应升高。为了抑制电阻器升温，需要高效释放产生的热量。片式电阻器产生的热量基本上都是从片式电阻器的电极传导至电路基板的铜箔图案，最终向空气和框体散热。因此，如下图所示，通过扩大贴装有电阻器的焊盘图案、扩大连接的铜箔图案的宽度，可以提高散热性，从而抑制升温。



而且，通过增加铜箔图案的厚度、在电路板背面形成实心图案、在多层基板的内层形成实心图案等，改善电路板的热传导，也可以抑制电阻器的升温。长边电极片式电阻器 [WK73](#) 通过改进结构增进散热性，可以在更高的功率下使用。下图为长边电极片式电阻器的示例。该长边电极片式电阻器在长方形的长边形成了电极，不仅能缩短发热部到电极的距离，还能通过大电极，向电路板传导更多的热量，电阻器自身的散热性优于通常的片式电阻器。因此，与通常的相同尺寸片式电阻器相比，额定功率大幅增加。



长边电极片式电阻器



何谓电阻器的电蚀

以前学生时代，有些人可能曾经做过电解水的科学实验。实验内容是将白金电极置于加入了电解质的水中，通电后阳极产生氧气，阴极产生氢气。电阻器内部也会产生与之相似的现象。当含有湿气的空气和水分侵入电阻器涂层的内侧后，如果在这样的状态下继续使用电阻器，阳极侧不会生成氧气，但电阻体会转变成离子溶出。电阻体最终会消失，从而发生断线。这一过程看上去就像是电阻体逐渐被电侵蚀，所以叫电蚀，电蚀引发的断线叫作电蚀断线。电阻值越高，电蚀断线越容易发生。这是因为电阻值高的电阻体皮膜薄，而且由细线图案构成，电阻体很快便会溶解。电蚀主要发生于碳膜、金属膜。为了防止电蚀，可以采用在焊接后充分清洗电阻器去除电解质成分、对电阻器进行防湿密封等方法。如果其他特性满足要求，替换成金属釉膜等电阻体不易离子化的电阻器也是可行的办法。

电蚀的示意图

