



中华人民共和国国家标准

GB/T 5594.4—2015
代替 GB/T 5594.4—1985

电子元器件结构陶瓷材料 性能测试方法 第 4 部分：介电常数和介质损耗角 正切值测试方法

Test methods for properties of structure ceramic used in electronic component and device—Part 4: Test method for permittivity and dielectric loss angle tangent value

2015-05-15 发布

2016-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

GB/T 5594《电子元器件结构陶瓷材料性能测试方法》分为以下部分：

- 气密性测试方法(GB/T 5594.1)；
- 杨氏弹性模量 泊松比测试方法(GB/T 5594.2)；
- 第 3 部分：平均线膨胀系数测试方法(GB/T 5594.3)；
- 第 4 部分：介电常数和介质损耗角正切值测试方法(GB/T 5594.4)；
- 体积电阻率测试方法(GB/T 5594.5)；
- 第 6 部分：化学稳定性测试方法(GB/T 5594.6)；
- 第 7 部分：透液性测定方法(GB/T 5594.7)；
- 第 8 部分：显微结构测定方法(GB/T 5594.8)；
- 电击穿强度测试方法(GB/T 5594.9)。

本部分为 GB/T 5594 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 5594.4—1985《电子元器件结构陶瓷材料性能测试方法 介电常数和介质损耗角正切值的测试方法》。

本部分与 GB/T 5594.4—1985 相比，主要有下列变化：

- 标准名称改为：“电子元器件结构陶瓷材料性能测试方法 第 4 部分：介电常数和介质损耗角正切值测试方法”；
- 增加了 4.1 介电常数测试和计算；
- 删除了原标准测试夹具类型示意图中：a.尖形电极；b.尖对平板形电极。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由中国电子技术标准化研究院归口。

本部分起草单位：中国电子科技集团公司第十二研究所、中国电子技术标准化研究院、北京七星飞行电子有限公司。

本部分主要起草人：曾桂生、李晓英、薛晓梅。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 5594.4—1985。

电子元器件结构陶瓷材料 性能测试方法 第4部分:介电常数和介质损耗角 正切值测试方法

1 范围

GB/T 5594 的本部分规定了装置零件、真空电子器件、电阻基体、半导体及集成电路基片等用电子陶瓷材料介电常数和介质损耗角正切值的测试方法。

本部分适用于装置零件、真空电子器件、电阻基体、半导体及集成电路基片等用电子陶瓷材料在频率为 1 MHz, 温度从室温至 500 °C 条件下的介电常数和介质损耗角正切值的测试。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 5593—2015 电子元器件结构陶瓷材料

GB/T 9530—1988 电子陶瓷名词术语

3 术语和定义

GB/T 9530—1988 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

介电常数 permittivity

ϵ

反应电介质介电性质的一个主要参数,由电介质构成的电容器的电容量与同样几何尺寸真空电容器电容量的比值称为介电常数 ϵ (无量纲)。

3.2

介质损耗角正切值 dielectric loss angle tangent value

$\tan\delta$

电介质在交变电场作用下有功功率与无功功率的比值,是表征介质损耗的一个无量纲物理量。

4 测试原理

4.1 介质损耗的表示含义

陶瓷材料的介质损耗表示材料上通过交流电场时,产生电能损失的一种性质。也可以说材料接受交流电场影响时,因极化或吸收现象的产生过程,所产生的一种电能损失。它有两种基本性质,即介电常数 ϵ 和介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 。

4.2 介电常数

ϵ 为相对介电常数,是表示绝缘材料在交流电场下介质极化的程度的一个参数,它是充满绝缘材料的电容器的电容量 C_x 与同样电极尺寸以真空为介质时的电容器的电容量 C_0 的比值,如式(1)所示:

$$\epsilon = \frac{C_x}{C_0} \dots\dots\dots(1)$$

根据陶瓷试样的形状、尺寸和测得的电容值来计算介电常数 ϵ 。如不计边缘效应,平板圆形试样,测得电容值为 C_x ,试样直径为 D ,试样厚度为 h 。经过换算得到式(2):

$$\epsilon = 14.4 \frac{hC_x}{D} \dots\dots\dots(2)$$

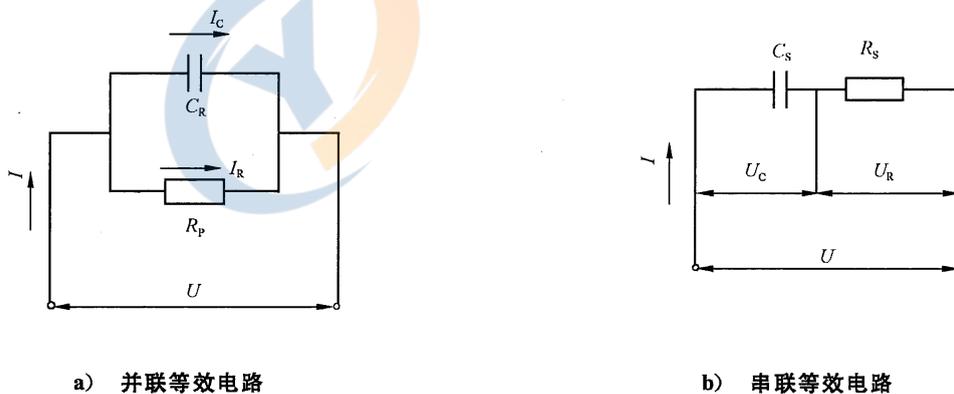
式中:

- ϵ ——介电常数;
- h ——试样厚度,单位为厘米(cm);
- C_x ——试样电容值,单位为皮法(pF);
- D ——试样直径,单位为厘米(cm)。

4.3 介质损耗角正切值 $\tan\delta$

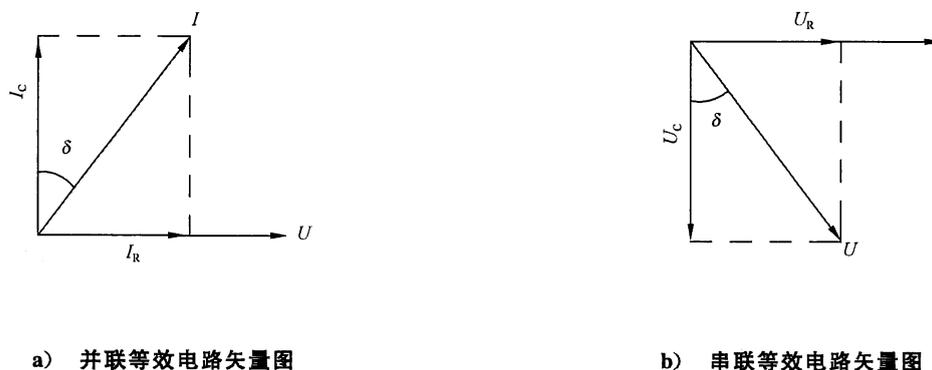
陶瓷材料的介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 是表示在某一频率交流电压作用下介质损耗的参数。所谓介质损耗即是单位时间内消耗的电能。

由陶瓷材料制成的元器件,当它工作时,交变电压加在陶瓷介质上,并通过交变电流,这时陶瓷介质连同与其联系的金属部分,可以看成有损耗的电容器,并可用一个理想电容器和一个纯电阻器并联或串联的电路来等效,如图 1 所示。电压和电流的相位关系可用图 2 表示。



- 说明:
- I_C ——并联等效电路流经理想电容器电流;
 - I_R ——并联等效电路流经理想纯电阻器电流;
 - U_C ——串联等效电路施加在理想电容器电压;
 - U_R ——串联等效电路施加在纯电阻器电压;
 - U ——有损耗电容器上施加电压。

图 1 有损耗电容器的等效电路



a) 并联等效电路矢量图

b) 串联等效电路矢量图

图 2 有损耗电容器矢量图

由图可知, δ 可以描述为:有损耗电容器电流和电压之间相位差与理想电容器(无损耗电容器)电流和电压之间相位差($\pi/2$)比较时,相差的角度。

由图 2a)得到:

$$\tan\delta = \frac{I_R}{I_C}$$

由图 2b)得到:

$$\tan\delta = \frac{U_R}{U_C}$$

最后 $\tan\delta$ 的意义可归结为有功功率与无功功率之商。

介质损耗角正切值 $\tan\delta$ 的计算,根据不同仪器,由仪器说明书中规定公式进行计算或直接读数。

5 试样要求及处理

试样应符合 GB/T 5593—2015 的规定。试样数量为 5 个,直径为 (35 ± 1) mm,厚度为 (1.5 ± 0.5) mm;试样应进行清洗干燥处理;试样两面进行“被银”处理。

6 测量仪器和设备

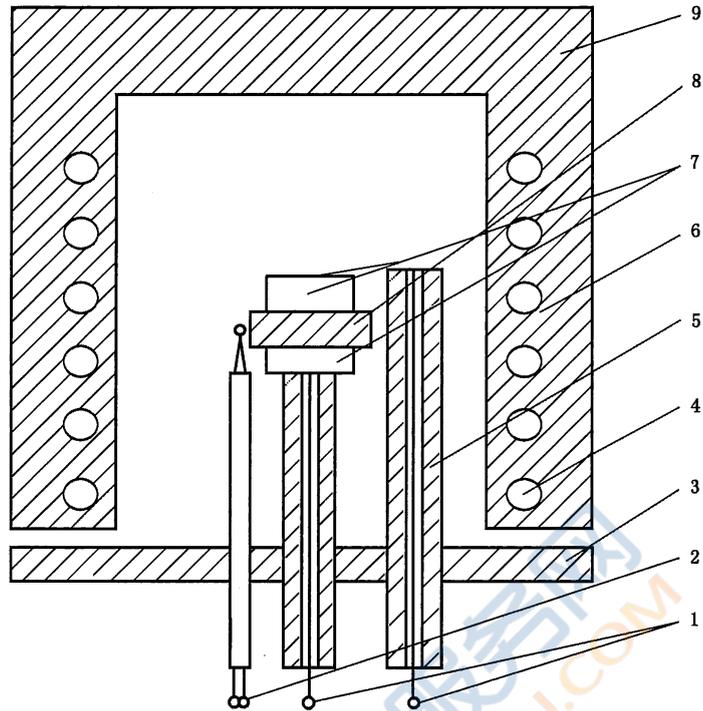
6.1 测量仪器

可利用谐振电路、平衡或不平衡电桥、Q 表、LCR 仪、损耗仪、阻抗分析仪等。

6.2 加热炉和夹具

加热炉内温度应均匀。可用自动或手动方式进行控温,控温范围为室温至 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在控温范围内任一温度值,在 10 min 内温度波动不大于 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

试样平放在平板夹具上面,即电极 7。如图 3 所示。



说明:

- 1——电极连接线;
- 2——热电偶;
- 3——屏蔽盒;
- 4——加热丝;
- 5——石英管;

- 6——保温层;
- 7——电极;
- 8——试样;
- 9——炉体。

图 3 加热炉、试样与夹具示意图

6.3 连接线

连接线要尽量短,最好小于 25 cm,连接为镀银铜片,宽 10 mm,厚 0.6 mm。连接线也可用屏蔽线。连接线长时要用 1 m 补偿线。

7 测量方法

可采用直接测量法和替代法两种。当采用直接测量法时,应消除连接线和试样夹具等分布参数的影响。

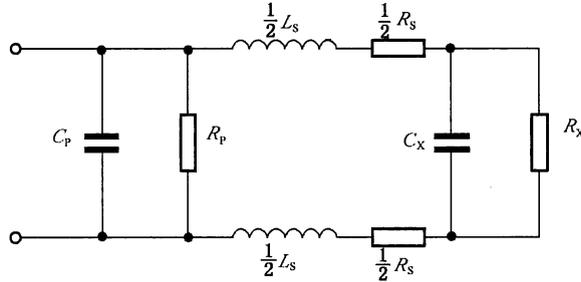
测量电路的分布参数可用图 4 表示,图中 L_s, R_s 为与试样串联的连接线、夹具等的等效电感及电阻, C_p, R_p 为与试样并联的连接线、夹具等的等效电容及电阻。当 L_s, R_s 很小,且可忽略时,或当 $C_p < C_x, R_p > R_x$ 时,试样的介质损耗角正切值可用式(3)修正:

$$\tan\delta_x = \tan\delta + (\tan\delta - \tan\delta_0) \frac{C_0}{C_x} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $\tan\delta_x$ ——介质损耗角正切值修正值;
- $\tan\delta_0$ ——接入试样前测量仪器损耗角正切值读数,即连接线、夹具等测量系统的损耗角正切值;
- $\tan\delta$ ——接入试样后测量仪器的损耗角正切值读数;

- C_0 ——接入试样前测量仪器的电容读数,即连接线、夹具等测量系统的分布电容,单位为皮法(pF);
- C_x ——试样电容,单位为皮法(pF)。



说明:

- L_s ——连接线、夹具和试样串联等效电路电感;
- R_s ——连接线、夹具和试样串联等效电路电阻;
- R_p ——连接线、夹具和试样并联等效电路电阻;
- C_p ——连接线、夹具和试样并联等效电路电容;
- C_x ——试样电容;
- R_x ——试样有损耗的等效电阻。

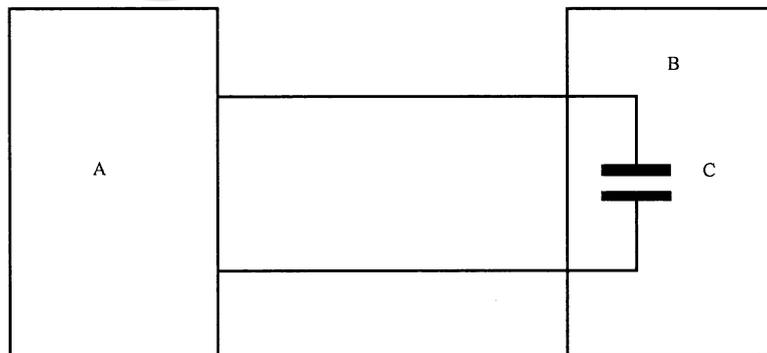
图 4 连接线、夹具和试样的等效电路

8 测量步骤

测量步骤如下:

- 按图 5 连接测量仪器和放置被测试样;
- 控制加热炉升温至所需温度,保温 10 min。夹具中不放置试样时,测出 C_0 、 $\tan\delta_0$;
- 将准备好的试样放置测量夹具中,在同一温度下保温 10 min,测出 C 、 $\tan\delta$;
- 按所用仪器相应的公式计算试样的介电常数 ϵ 和损耗角正切值 $\tan\delta$ 。

由式(2)计算介电常数。按所用仪器相应的公式计算出或读出损耗角正切值 $\tan\delta$ 。



说明:

- A ——测量仪器;
- B ——控温加热炉;
- C ——夹具和试样。

图 5 测量设备连接示意图

9 测量误差

测量误差的描述:

当采用上述原理、方法和步骤进行测量时,由连接线和夹具引入的误差很小,可以忽略。测量的总误差取决于所选用的测量仪器。测试仪器保证频率 $1\text{ MHz}\pm 0.3\text{ MHz}$ 测试电压不大于 5 V 。

应该指出,目前采用 LCR 测试仪、容量测试仪和阻抗分析仪直接测量的方法比较普遍,可以保证精度高、稳定性好、连接可靠、操作简单等。





中华人民共和国
国家标准
电子元器件结构陶瓷材料
性能测试方法
第4部分：介电常数和介质损耗角
正切值测试方法
GB/T 5594.4—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

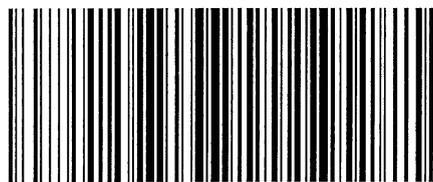
*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 14 千字
2016年4月第一版 2016年4月第一次印刷

*

书号：155066·1-51214 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 5594.4-2015