



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113185285 A

(43) 申请公布日 2021.07.30

(21) 申请号 202110448426.3

(22) 申请日 2021.04.25

(71) 申请人 山东国瓷功能材料股份有限公司  
地址 257091 山东省东营市经济技术开发区辽河路24号

(72) 发明人 陈世纯 杨爱民 张巧云 张莹  
郑禹 宋锡滨

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 乔凤杰

(51) Int. Cl.

C04B 35/49 (2006.01)

H01G 4/12 (2006.01)

C04B 35/64 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种陶瓷介质材料及其独石电容器

(57) 摘要

本发明属于陶瓷材料技术领域,具体涉及一种陶瓷介质材料,所述陶瓷介质材料的功能性成分包括主晶相、改性添加剂和烧结助剂;所述主晶相为 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_n\text{O}_3$ ,其中 $0.01 < x < 0.2, 0.4 < y < 0.8, 0.1 < z < 0.4, 0.95 < m < 1.01, 0.7 < \alpha < 1.0, 0 < \beta < 0.1$ 。本发明的介质材料符合EIA标准的COG特性,材料颗粒均一、粒度分布均匀、制备工艺简单、介电性能优良;该介质材料制作MLCC,匹配镍内电极,烧结晶粒小、均匀、致密,适合于制作薄介质、大容量、高可靠的MLCC产品。

1. 一种陶瓷介质材料,其特征在于,所述陶瓷介质材料的功能性成分包括主晶相、改性添加剂和烧结助剂;所述主晶相为 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ ,其中 $0.01 < x < 0.2$ ,  $0.4 < y < 0.8$ ,  $0.1 < z < 0.4$ ,  $0.95 < m < 1.01$ ,  $0.7 < \alpha < 1.0$ ,  $0 < \beta < 0.1$ 。

2. 根据权利要求1所述的介质材料,其特征在于,按照物质的量计算,主晶相为100mol,改性添加剂为5~9.5mol,烧结助剂为4.5~7mol。

3. 根据权利要求1或2所述的介质材料,其特征在于,所述改性添加剂为 $\text{MnCO}_3$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、 $\text{CaTiO}_3$ 、 $\text{Re}_2\text{O}_3$ 和 $\text{R}_p\text{O}_q$ 中的一种或几种,其中Re是选自Y、Ho、Yb、Gd、Dy、Sm、Nd和Er中的至少一种稀土元素,R是选自W、Mo、V、Nb中的至少一种高价金属元素,其中p和q是正数,为保持电荷中性所需要。

4. 根据权利要求3所述的介质材料,其特征在于,所述改性添加剂的添加量为 $\text{MnCO}_3$  1.5~5.5mol,  $\text{MgTiO}_3$  0.2~0.45mol,  $\text{CaTiO}_3$  1.5~3.5mol,  $\text{Re}_2\text{O}_3$  0~0.7mol,  $\text{R}_p\text{O}_q$  0~0.08mol;其中, $\text{Re}_2\text{O}_3$ 和 $\text{R}_p\text{O}_q$ 的添加量不同时为0。

5. 根据权利要求1或2所述的介质材料,其特征在于,所述烧结助剂是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 和 $\text{SiO}_2$ 中的一种或多种。

6. 根据权利要求5所述的介质材料,其特征在于,所述烧结助剂的添加量为 $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.4~1.0mol,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.4~0.7mol,  $\text{SiO}_2$  2.5~5.5mol。

7. 根据权利要求1~4任一项所述的介质材料,其特征在于,所述主晶相 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ 采用固相法生产制得,对材料进行固相法生产的过程中煅烧的温度为 $1000^\circ\text{C}$ ~ $1100^\circ\text{C}$ 。

8. 根据权利要求7所述的介质材料,其特征在于,所述固相法生产的过程中包括如下步骤:

选用纯度99.5%以上的 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 和 $\text{TiO}_2$ ,按照 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ ,其中 $0.01 < x < 0.2$ ,  $0.4 < y < 0.8$ ,  $0.1 < z < 0.4$ ,  $0.95 < m < 1.01$ ,  $0.7 < \alpha < 1.0$ ,  $0 < \beta < 0.1$ 组成的方式进行称量,之后将称量好的原材料进行湿式混合分散、干燥,再将干燥后的混合物进行煅烧,即得主晶相原料。

9. 根据权利要求1~8任一项所述的介质材料,其特征在于,所述主晶相 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ 的平均粒径为150-250nm。

10. 一种独石电容器,其特征在于,以权利要求1~9任一项所述的陶瓷介质材料作为介质材料。

## 一种陶瓷介质材料及其独石电容器

### 技术领域

[0001] 本发明属于陶瓷材料技术领域,具体涉及一种陶瓷介质材料。

### 背景技术

[0002] MLCC是当前产量最大、发展最快的片式元器件之一,MLCC由内电极、陶瓷层和端电极三部分组成,陶瓷层介质材料与内电极以错位的方式堆叠,然后经过高温烧结烧制成形,再在芯片的两端封上金属层,得到了一个类似独石的结构体,故MLCC也常被称为“独石电容器”。

[0003] 近年来,随着电子整机产品功能的扩大,对电子部件的要求;即使薄介质、大容量也要保证MLCC的可靠性;为了实现大容量,一方面介质材料具有高的介电常数;一方面烧结晶粒小,进而降低MLCC介质层的厚度和增加介质层数。

[0004] 例如专利号为CN105174947A公报中提供了一种低温烧结薄介质多层陶瓷电容器用COG介质陶瓷材料,其含有主成分和添加剂,主成分为:  $(Ca_{1-x}Sr_x)_zZr_yO_3$ , 其中  $0.2 \leq x \leq 0.4$ ,  $0.90 \leq y \leq 1.0$ ,  $0.985 \leq z \leq 1.003$ ; 添加剂成分:  $Al_2O_3$ 、 $MnCO_3$ 、 $MgO$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $BaCO_3$ 、 $ZnO$  中的至少二种或几种化合物;由于其烧后晶粒大,介质层不能薄层化,无法实现大容量。专利号为CN102964122A公报中提供了一种介电陶瓷组合物及其电子元器件制作方法,其介电陶瓷组合物包括主晶相、改性添加剂及烧结助剂,其主晶相的结构式为  $(Mg_\gamma Sr_\alpha Ca_{(1-\alpha-\gamma)})_m (Ti_\beta Zr_{1-\beta})O_3$ , 其中  $0 \leq \alpha \leq 1$ ,  $0 \leq \gamma \leq 1$ ,  $0 \leq \beta \leq 0.1$ ,  $0.9 \leq m \leq 1.1$ , 改性添加剂为  $MnCO_3$ 、 $MgCO_3$ 、 $Re_2O_3$  中的一种或几种,其中  $Re_2O_3$  为稀土氧化物,烧结助剂包括  $BaCO_3$ 、 $CaCO_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Li_2CO_3$ 、 $B_2O_3$ 、 $Al_2O_3$  中的一种或几种,由于其介电常数只有20~30,偏低,不能实现大容量。

### 发明内容

[0005] 为解决现有技术中的陶瓷材料在作为MLCC介质的过程中无法稳定地实现大容量的问题,本发明提供一种可用于MLCC的、稳定性可靠的陶瓷介质材料。

[0006] 本发明所述陶瓷介质材料的功能性成分包括主晶相、改性添加剂和烧结助剂;所述主晶相为  $(Ba_x Ca_y Sr_z)_m (Zr_\alpha Ti_\beta)O_3$ , 其中  $0.01 < x < 0.2$ ,  $0.4 < y < 0.8$ ,  $0.1 < z < 0.4$ ,  $0.95 < m < 1.01$ ,  $0.7 < \alpha < 1.0$ ,  $0 < \beta < 0.1$ 。

[0007] 本发明通过选择上述材料作为主晶相,可保证材料的介电常数维持在25-40之间,介电损耗低于  $10 \times 10^{-4}$ ,  $25^\circ C$  下绝缘电阻  $> 10 \times 10^{11} \Omega$ ,  $-55^\circ C \sim 125^\circ C$  温度范围内的温度变化率小且稳定。

[0008] 作为优选的方案,所述主晶相为  $(Ba_x Ca_y Sr_z)_m (Zr_\alpha Ti_\beta)O_3$ , 其中  $0.1 < x < 0.2$ ,  $0.45 < y < 0.75$ ,  $0.2 < z < 0.4$ ,  $0.95 < m < 1.01$ ,  $0.9 < \alpha < 0.98$ ,  $0.02 < \beta < 0.08$ 。以上主晶相在应用的过程中取得了较好的效果。

[0009] 优选的,按照物质的量计算,主晶相为100mol,改性添加剂为5~9.5mol,烧结助剂为4.5~7mol。在上述用量范围内,可保证主晶相的有效用量,进而保证材料的整体性能。

[0010] 优选的,所述改性添加剂为  $MnCO_3$ 、 $MgTiO_3$ 、 $CaTiO_3$ 、 $Re_2O_3$  和  $R_pO_q$  中的一种或几种,其

中Re是选自Y、Ho、Yb、Gd、Dy、Sm、Nd和Er中的至少一种稀土元素,R是选自W、Mo、V、Nb中的至少一种高价金属元素,其中p和q是正数,为保持电荷中性所需要。通过添加上述添加剂,可进一步保证材料的介电损耗低于 $4 \times 10^{-4}$ ,125℃下绝缘电阻 $>1 \times 10^{10} \Omega$ , -55℃~125℃温度范围内的温度特性满足EIA标准的COG特性,保证材料能与镍电极在还原气氛下共烧,且烧后的晶粒细、均匀。

[0011] 优选的,所述改性添加剂的添加量为 $\text{MnCO}_3$  1.5~5.5mol,  $\text{MgTiO}_3$  0.2~0.45mol,  $\text{CaTiO}_3$  1.5~3.5mol,  $\text{Re}_2\text{O}_3$  0~0.7mol,  $\text{R}_p\text{O}_q$  0~0.08mol;其中, $\text{Re}_2\text{O}_3$ 和 $\text{R}_p\text{O}_q$ 的添加量不同时为0。

[0012] 优选的,所述烧结助剂是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 和 $\text{SiO}_2$ 中的一种或多种。通过添加上述烧结助剂,可使材料在1200℃以下低温烧结,且瓷体致密。

[0013] 优选的,所述烧结助剂的添加量为 $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.4~1.0mol,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.4~0.7mol,  $\text{SiO}_2$  2.5~5.5mol。

[0014] 优选的,所述主晶相 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ 采用固相法生产制得。

[0015] 进一步优选的,对材料进行固相法生产的过程中煅烧的温度为1000℃~1100℃,这样可以维持材料的粒径在150-250nm之间。

[0016] 优选的,所述固相法生产的过程中包括如下步骤:

[0017] 选用纯度99.5%以上的 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 和 $\text{TiO}_2$ ,按照 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ ,其中 $0.01 < x < 0.2$ ,  $0.4 < y < 0.8$ ,  $0.1 < z < 0.4$ ,  $0.95 < m < 1.01$ ,  $0.7 < \alpha < 1.0$ ,  $0 < \beta < 0.1$ 组成的方式进行称量,之后将称量好的原材料进行湿式混合分散、干燥,再将干燥后的混合物进行煅烧,即得主晶相原料。

[0018] 优选的,所述主晶相 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ 的平均粒径为150-250nm,保证材料在烧结中的晶粒细,且具有高的耐压性能。

[0019] 本发明的另一目的是保护一种独石电容器,所述独石电容器以本发明所述的陶瓷介质材料作为介质材料。

[0020] 优选的,所述独石电容器的内电极为镍电极。

[0021] 本发明具有如下有益效果:

[0022] 1) 本发明以低成本的固相法生产的 $(\text{Ba}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_z)_m(\text{Zr}_\alpha\text{Ti}_\beta)_3\text{O}_3$ 为主晶相,材料具有高的介电常数和优良的介电常数温度系数;以此为主晶相生产的介质材料符合COG特性要求,介电常数优异时可以保持在33-37之间,适合于制作介质层厚度小于5 $\mu\text{m}$ 的薄介质大容量MLCC产品,电池容量可高达20nF以上,产品具有优异的介电性能和可靠性。

[0023] 2) 本发明进一步选择 $\text{MnCO}_3$ 、 $\text{MgTiO}_3$ 、 $\text{CaTiO}_3$ 、 $\text{Re}_2\text{O}_3$ 、 $\text{R}_p\text{O}_q$ 为改性添加剂,材料具有优良的介电性能和可靠性;选择 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 为烧结助剂,材料可与镍电极匹配,可在还原气氛及低温度下烧结,有效抑制晶粒长大,使晶粒细小且均匀致密,具有高的介电强度;

[0024] 3) 本发明的材料不含有Pd等有害元素,满足欧盟ROHS要求。

## 具体实施方式

[0025] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0026] 实施例1~28

[0027] 本实施例涉及陶瓷介质材料,所述介质材料以 $(\text{Ba}_{0.13}\text{Ca}_{0.61}\text{Sr}_{0.26}) (\text{Zr}_{0.97}\text{Ti}_{0.03})_3\text{O}_3$

作为主晶相,按照表1中的比例加入所需的改性添加剂和烧结助剂;

[0028] 表1:主晶相、改性添加剂和烧结助剂配方组成表

实施例编号	$(\text{Ba}_{0.13}\text{Ca}_{0.61}\text{Sr}_{0.26})$ $(\text{Zr}_{0.97}\text{Ti}_{0.03})\text{O}_3$ (mol)	改性添加剂							烧结助剂		
		$\text{MnCO}_3$ (mol)	$\text{MgTiO}_3$ (mol)	$\text{CaTiO}_3$ (mol)	$\text{Y}_2\text{O}_3$ (mol)	$\text{Nd}_2\text{O}_3$ (mol)	$\text{Nb}_2\text{O}_5$ (mol)	$\text{V}_2\text{O}_5$ (mol)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (mol)	$\text{H}_3\text{BO}_3$ (mol)	$\text{SiO}_2$ (mol)
1*	100	1.5	0.35	2.5	0.7	0	0.03	0	0.8	0.65	4
2	100	2.5	0.35	2.5	0.7	0	0.03	0	0.8	0.65	4
3	100	3.5	0.35	2.5	0.7	0	0.03	0	0.8	0.65	4
4	100	4.5	0.35	2.5	0.7	0	0.03	0	0.8	0.65	4
5*	100	5.5	0.35	2.5	0.7	0	0.03	0	0.8	0.65	4
6	100	3.5	0.4	2.5	0	0.7	0.04	0	0.8	0.65	4
[0029] 7	100	3.5	0.4	2.5	0.7	0	0.04	0	0.8	0.65	4
8	100	3.5	0.25	2.5	0.35	0.35	0.03	0	0.8	0.6	4
9	100	3.5	0.45	2.5	0.35	0.35	0.03	0	0.8	0.6	4
10	100	2.5	0.4	1.5	0.6	0	0	0.04	0.5	0.65	4.5
11	100	2.5	0.4	3.5	0.6	0	0	0.04	0.5	0.65	4.5
12	100	3.0	0.3	2.0	0.4	0	0	0.03	0.4	0.6	5
13	100	3.0	0.3	2.0	0.6	0	0	0.03	0.4	0.6	5
14	100	3.0	0.3	2.0	0.8	0	0	0.03	0.4	0.6	5
15*	100	3.0	0.3	2.0	1	0	0	0.03	0.4	0.6	5
16	100	4.0	0.3	2.0	0	0.5	0.02	0	0.4	0.6	5
17	100	4.0	0.3	2.0	0	0.5	0.04	0	0.4	0.6	5
18	100	4.0	0.3	2.0	0	0.5	0.06	0	0.4	0.6	5
19*	100	4.0	0.3	2.0	0	0.5	0.08	0	0.4	0.6	5
20	100	3.5	0.2	2.0	0	0.5	0	0.05	0.5	0.6	5
21	100	3.5	0.2	2.0	0	0.5	0	0.05	0.7	0.6	5
22	100	3.5	0.2	2.0	0	0.5	0	0.05	0.9	0.6	5
[0030] 23	100	3.0	0.2	3.5	0.5	0	0	0.05	0.7	0.5	5
24	100	3.0	0.2	3.5	0.5	0	0	0.05	0.7	0.6	5
25	100	3.0	0.2	3.5	0.5	0	0	0.05	0.7	0.7	5
26	100	3.0	0.3	2.5	0.5	0	0.04		0.8	0.6	3.5
27	100	3.0	0.3	2.5	0.5	0	0.04		0.8	0.6	4.5
28	100	3.0	0.3	2.5	0.5	0	0.04		0.8	0.6	5.5

[0031] 将实施例1~28中的混合物进行湿式混合分散、干燥过筛,即得介质材料粉末。

[0032] 上述实施例中的主晶相材料由如下方法制备得到:选用纯度99.5%以上的 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 原材料,按照 $(\text{Ba}_{0.13}\text{Ca}_{0.61}\text{Sr}_{0.26})(\text{Zr}_{0.97}\text{Ti}_{0.03})\text{O}_3$ 组成的方式进行称量,之后将称量好的原材料进行湿式混合分散、干燥,再将干燥后的混合物在1050℃下进行煅烧,即得主晶相原料,颗粒的平均粒径约为200nm。

[0033] 实施例29

[0034] 本实施例涉及一种陶瓷介质材料,其主晶相为 $(\text{Ba}_{0.1}\text{Ca}_{0.6}\text{Sr}_{0.3})(\text{Zr}_{0.95}\text{Ti}_{0.05})\text{O}_3$ ,其配方为主晶相100mol, $\text{MnCO}_3$  3.5mol, $\text{MgTiO}_3$  0.4mol, $\text{CaTiO}_3$  2.5mol, $\text{Y}_2\text{O}_3$  0.7mol, $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.04mol, $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.8mol, $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.65mol, $\text{SiO}_2$  4mol。

[0035] 实施例30

[0036] 本实施例涉及一种陶瓷介质材料,其主晶相为 $(\text{Ba}_{0.15}\text{Ca}_{0.65}\text{Sr}_{0.2}) (\text{Zr}_{0.98}\text{Ti}_{0.02})\text{O}_3$ ,其配方为主晶相100mol, $\text{MnCO}_3$  3mol, $\text{MgTiO}_3$  0.3mol, $\text{CaTiO}_3$  2mol, $\text{Y}_2\text{O}_3$  0.6mol, $\text{V}_2\text{O}_5$  0.03mol, $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.4mol, $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.6mol, $\text{SiO}_2$  5mol。

[0037] 实施例31

[0038] 本实施例涉及一种陶瓷介质材料,其主晶相为  $(\text{Ba}_{0.12}\text{Ca}_{0.75}\text{Sr}_{0.3}) (\text{Zr}_{0.98}\text{Ti}_{0.02})\text{O}_3$ , 其配方为主晶相100mol,  $\text{MnCO}_3$  3.5mol,  $\text{MgTiO}_3$  0.4mol,  $\text{CaTiO}_3$  2.5mol,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  0.7mol,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.04mol,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.8mol,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.65mol,  $\text{SiO}_2$  4mol。

[0039] 实施例32

[0040] 本实施例涉及一种陶瓷介质材料,其主晶相为  $(\text{Ba}_{0.18}\text{Ca}_{0.45}\text{Sr}_{0.37}) (\text{Zr}_{0.92}\text{Ti}_{0.08})\text{O}_3$ , 其配方为主晶相100mol,  $\text{MnCO}_3$  3mol,  $\text{MgTiO}_3$  0.3mol,  $\text{CaTiO}_3$  2mol,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  0.6mol,  $\text{V}_2\text{O}_5$  0.03mol,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.4mol,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.6mol,  $\text{SiO}_2$  5mol。

[0041] 对比例1

[0042] 与实施例1相比,其区别在于,所述主晶相为  $(\text{Ba}_{0.3}\text{Ca}_{0.2}\text{Sr}_{0.5}) (\text{Zr}_{0.6}\text{Ti}_{0.4})\text{O}_3$ 。

[0043] 对比例2

[0044] 与实施例1相比,其区别在于,所述主晶相为  $(\text{Ba}_{0.25}\text{Ca}_{0.3}\text{Sr}_{0.45}) (\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ 。

[0045] 实验例

[0046] 按照常用的MLCC制备工艺流程:浆料制备→流延→丝印→叠层→层压→切割→排胶→烧结→倒角→封端→烧端等进行MLCC制备;产品规格为0805C223J500N,介质层厚度为4 $\mu\text{m}$ ,其丝印时使用镍内浆进行丝印,产品在1160 $^{\circ}\text{C}$ 的还原气氛下烧结,倒角后在产品的两端封上铜外电极,在800 $^{\circ}\text{C}$ 氮气保护气氛下对铜电极进行热处理,之后即可进行相关电性能的检测。

[0047] 在室温25 $^{\circ}\text{C}$ 、45-65%RH条件下,利用Agilent 4284A电桥在1MHz、1V $\text{r}\text{m}$ 下测试MLCC的容量C、介电损耗DF,根据介质层的厚度、有效电极面积、丝网系数、介质层数、容量计算介电常数;利用TH2683绝缘电阻测试仪在50VDC、60S条件下测试MLCC的绝缘电阻IR;利用CJ2671S耐压测试仪在充电电流<20mA、施加电压速度200V/60S条件下测试MLCC的耐压BDV;利用高低温试验箱,在-55 $^{\circ}\text{C}$ ~125 $^{\circ}\text{C}$ 之间测试MLCC的温度系数TCC;利用老化试验箱在125 $^{\circ}\text{C}$ 、4倍工作电压条件下测试MLCC在500H下的老化性能HALT,每组测试40颗样品,将IR值为10 $^6$  $\Omega$ 以下的样品设为失效,将每组40颗样品的失效颗数作为老化性能的评价结果;表2为由上述介质材料制得的MLCC性能参数表。

[0048] 表2:介质材料制得的MLCC性能参数表

材料编号	介电常数	介电损耗 ( $10^{-4}$ )	耐压 (V/ $\mu\text{m}$ )	绝缘电阻(G $\Omega$ )	温度系数-55 $^{\circ}\text{C}$ ~125 $^{\circ}\text{C}$ (ppm/ $^{\circ}\text{C}$ )	HALT
1*	35.18	2.5	115	225	10.25~8.73	3/40
2	34.79	2.5	121	227	10.43~8.99	1/40
3	36.39	2.3	123	229	11.14~9.34	1/40
4	35.84	2.3	125	223	11.33~9.62	1/40
5*	33.24	2.2	117	211	11.56~10.02	4/40
6	35.31	1.9	115	222	11.17~10.98	0/40
7	35.62	1.8	115	220	11.62~11.21	0/40
8	36.25	2.2	119	215	15.85~13.54	2/40
9	35.01	1.3	121	224	14.34~12.21	0/40
10	35.23	2.1	115	221	10.14~8.25	1/40
11	36.33	1.8	114	219	-16.13~-17.04	1/40
12	36.28	2.1	115	219	-10.80~-10.22	1/40
13	36.12	2.1	117	218	-7.56~-7.34	0/40
14	36.34	2.2	118	222	-2.40~-1.58	1/40
15*	36.09	2.8	105	182	4.25~3.29	3/40
16	35.79	1.9	121	223	10.11~8.62	1/40
17	35.82	2.1	120	225	10.07~9.11	1/40
18	35.83	2.3	122	224	10.23~8.83	1/40
19*	35.81	2.5	114	191	10.33~9.02	3/40
20	36.05	2.2	120	221	9.13~8.33	1/40
21	36.15	2.1	123	225	9.09~9.01	1/40
22	36.11	2.3	122	223	9.23~8.98	1/40
23	36.22	1.9	124	228	-9.80~-8.23	1/40
24	36.19	2.1	123	225	-9.65~-8.56	1/40
25	36.11	2.1	125	226	-9.91~-8.78	1/40
26	36.21	1.9	122	219	5.31~4.18	1/40
27	35.98	2.1	120	221	4.84~4.56	0/40
28	35.87	2.3	119	220	5.04~4.21	1/40
29	35.38	1.8	118	225	10.58~9.87	1/40
30	36.33	2.0	119	222	-9.36~-8.27	0/40
31	35.21	1.9	120	221	5.33~4.72	1/40
32	35.65	1.8	118	223	-4.54~-5.36	1/40
对比例 1	33.21	3.5	97	113	36.18~19.62	8/40
对比例 2	34.25	2.4	99	122	20.12~39.22	6/40

[0051] 从表2可以看出,通过控制各成分的添加量,可以得出介电性能和老化性能优良的介质材料。

[0052] 虽然,上文中已经用一般性说明、具体实施方式及试验,对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对其作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的

范围。