

新工艺·新技术

MLCC直流偏压特性测试参数研究

廖庆文, 卓金丽, 陆亨, 安可荣

(广东风华高新科技股份有限公司 新型电子元器件关键材料与工艺国家重点实验室, 广东 肇庆 526020)

摘要: 为了评估采用高介电常数陶瓷作介质的多层陶瓷电容器 (MLCC) 的直流偏压特性, 使用E4980A精密LCR表对X7R特性MLCC进行直流偏压特性测试, 研究了直流偏压加载时间和自动电平控制功能对样品直流偏压特性的影响, 结果发现这些测试参数都会影响测试结果。

关键词: 多层陶瓷电容器 (MLCC); 容量; 直流偏压特性; 测试; 下降率; 加载时间; 自动电平控制 (ALC)

中图分类号: TN60 文献标识码: A 文章编号: 1001-3474 (2016) 05-0303-03

Study on Test Parameters of DC Bias Characteristics of MLCCs

LIAO Qing-wen, ZHUO Jin-li, LU Heng, AN Ke-rong

(State Key Laboratory of Advanced Materials and Electronic Components, Fenghua Advanced Technology Co. Ltd., Zhaoqing 526020, China)

Abstract: In order to evaluate DC bias characteristics of multilayer ceramic capacitors (MLCCs) with high permittivity dielectrics, tests on DC bias characteristics of X7R MLCCs were performed using E4980A precision LCR meter. And then influence of loading time of DC bias and auto level control function on DC bias characteristics of samples was studied. The results show that those test parameters can influence test results.

Key Words: multilayer ceramic capacitor (MLCC); capacitance; DC bias characteristics; test; reduction rate; loading time; auto level control (ALC)

Document Code: A Article ID: 1001-3474(2016)05-0303-03

以高介电常数陶瓷作介质的多层陶瓷电容器 (MLCC) 如X7R特性MLCC在加载直流偏置电压时, 其容量会随偏置电压的增大而下降, 这种特性称为直流偏压特性, 或简称偏压特性。当没有直流偏压加载时, 陶瓷内部的偶极子可以自由翻转, 从而介质的介电常数较大; 而加载直流偏压时, 直流偏压对极化机制的钳制作用使偶极子的自由翻转变得困难, 介质的介电常数下降, 从而电容器的容量减少。偏压特性是高介电常数铁电陶瓷的一个重要特性。随着MLCC向大容量迅速发展, 介质厚度剧减, 单位厚度的介质上承受的直流电压剧增, 容量

下降的问题益发突出^[1-3]。在电路应用中MLCC若不能提供足够的有效容量, 就会导致比如储能能力下降或阻抗增大去耦效果变差等不良现象。所以MLCC的偏压特性受到生产设计者以及应用客户越来越多的重视, 然而目前关于MLCC的偏压特性的测试条件等行业内尚未建立相关标准, 所以研究如何对该特性进行准确的测试显得十分必要。

1 实验

1.1 测试样品

EIA标准的0805规格 (长2.0 mm × 宽1.25 mm)

作者简介: 廖庆文 (1966-), 男, 长期从事电子元件的研发与生产工作。

基金项目: 国家国际科技合作项目 (项目编号: 2010DFB33920)。

X7R特性MLCC, 标称容量为 $2.2 \mu\text{F}$ 。

1.2 测试仪器及测试夹具

使用E4980A精密LCR表(带有选件001, 可输出最大40 V直流电压)测量样品的偏压特性, 测试夹具使用16334A测试夹具。

1.3 测试方法和参数

应用测试仪器的列表扫描功能, 设置若干个直流电压测试点, 以测试样品加载不同偏压时的容量。交流测试电压/频率为 $1.0 \pm 0.2 \text{ V}/1 \text{ kHz}$, 为了不影响测试结果的准确性, 每粒样品的直流电压扫描测试只进行一轮, 测试过的样品不再用于测试。

2 测试结果与分析

2.1 偏压加载时间对偏压特性的影响

分别设置列表扫描的测试步进时间为0.1 s、10.0 s和60.0 s, 这样每个电压测试点的偏压加载时间分别为0.1 s、10.0 s和60.0 s, 各测试一粒样品, 偏压特性曲线如图1所示。

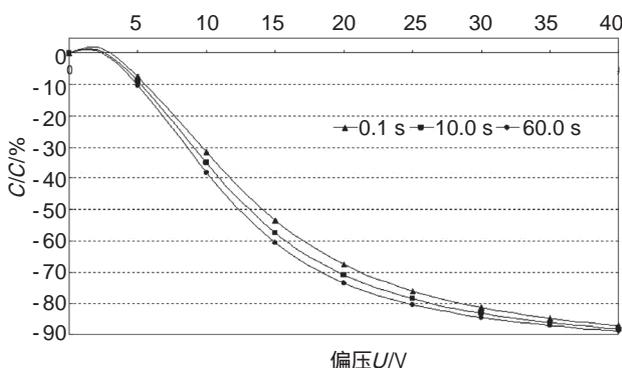


图1 不同直流电压加载时间下样品的偏压特性

由图1可见, 各加载时间的偏压特性曲线变化规律是一致的, 具体如下: 在较低的偏压下, 陶瓷内部各偶极子自由翻转所需克服的势垒减小, 因而更容易自由翻转进行转向极化, 样品的容量稍为上升, 偏压特性曲线向上突出于横坐标轴的上方。随着偏压增加, 越来越多的偶极子被直流偏压钳制而不能自由翻转进行转向极化, 样品的容量开始下降并且下降速率增加, 曲线转而向下且斜率不断增大。当偏压增加到一定程度后, 直流偏压对样品容量的影响已趋于饱和, 样品的容量下降速率开始减缓, 曲线斜率减小。

随着偏压加载时间的增加, 样品的偏压特性曲线往左偏移, 即加载时间越长, 样品在各电压测试点的容量下降率越大, 并且曲线越是“超前”, 即相同的容量下降速率在更低的电压下出现, 比如最大容量下降速率即偏压特性曲线下降段斜率最大的位置所对应的电压值。

所以偏压加载时间对样品的偏压特性影响非常显著, 加载时间分别为0.1 s与60.0 s时样品的容量

下降率差异最大达到7%以上。故偏压特性测试应设置足够的偏压加载时间, 才能获得较为准确的测试结果。可以推知, 偏压加载时间对样品偏压特性的影响终将趋于饱和, 兼顾测试效率, 应设置偏压加载时间为60 s或以上。

2.2 自动电平控制功能对偏压特性的影响

对于大容量(标称容量 $\geq 1 \mu\text{F}$) MLCC, 因为其阻抗相对于与其串联的LCR表的内部阻抗来说较低, 测试时样品所分配得到的测试电压可能远小于所要求的测试电压如 $1.0 \pm 0.2 \text{ V}$, 根据高介电常数陶瓷的交流特性, 实测容量会偏小。有些LCR表具有自动调整其内部阻抗的功能, 使样品获得足够的测试电压从而获得准确的测试容量值。但另一些LCR表如E4980A则不具备自动调整其内部阻抗的功能, 却具有自动电平控制(ALC)功能, 利用该功能可以使加到被测样品上的测量信号的电平(电压或电流)保持恒定不变。取10粒样品, 分别以ALC开启和关闭的条件来测试每粒样品的容量, 并且记录LCR表显示的交流测试电压监控值, 结果见表1。

表1 ALC开启和关闭时样品的容量差异

ALC关闭		ALC开启		$C_{\text{OFF}}/C_{\text{ON}}/\%$
容量 $C/\mu\text{F}$	监控电压 U/V	容量 $C/\mu\text{F}$	监控电压 U/V	
2.589	0.521	2.676	1.000	96.75
2.573	0.523	2.663	1.000	96.62
2.549	0.527	2.634	1.000	96.77
2.524	0.531	2.610	1.000	96.70
2.570	0.524	2.657	1.000	96.73
2.513	0.532	2.598	1.000	96.73
2.604	519.000	2.692	1.000	96.73
2.579	522.000	2.666	0.999	96.74
2.594	520.000	2.682	1.000	96.72
2.571	524.000	2.658	0.999	96.73

由表1可以清楚地发现开启和关闭ALC所测得的样品容量差异。下面进一步分析ALC对样品偏压特性的影响。

选取两组各两粒初始容量非常接近的样品, 每组的两粒样品分别以开启ALC和关闭ALC的条件测试其偏压特性(每组的偏压加载时间分别为2 s和60 s)。对比每组的两粒样品的容量下降率差异, 结果见表2和表3。

由表2和表3可见, 不论偏压加载时间是2 s或是60 s, ALC开启和关闭时样品的偏压特性均有差异, 但差异并不大, 容量下降率最大差异为1%左右。差异主要源自0 V偏压处作为基准值的初始容量值。另外ALC关闭的条件下交流测试电压监控值随着偏压的增加而增大并趋于1 V, 这是因为随着容量值因施加偏压而下降, 样品的阻抗增大, 从而所分配得到的测试电压增加。根据高介电常数陶瓷的交流特性可知, 由于测试电压增加并趋于1 V, 样品容量略微增大, 于是随着偏压增加, 在ALC关闭(下转第306页)

长的15.24 cm (6英寸)高纯4H-SiC单晶具有半绝缘性质。上述结果表明中国电子科技集团公司第二研

究所已经具备了生长15.24 cm (6英寸)高纯半绝缘4H-SiC单晶的能力。

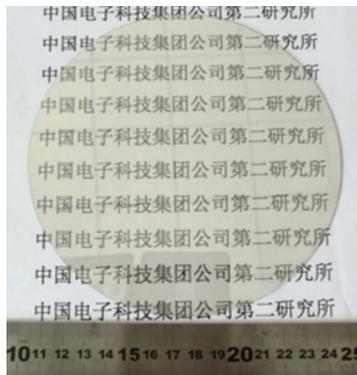


图3 15.24 cm (6英寸)高纯半绝缘抛光片

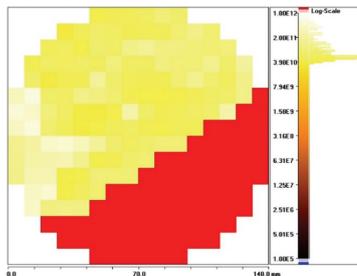


图4 15.24 cm (6英寸)单晶抛光片电阻率分布图
(单位: $\cdot \text{cm}$)

参考文献:

- [1] Ostling M, Ghandi R, Zetterling C M. SiC power devices — Present status, applications and future perspective[C]//Power Semiconductor Devices and ICs (ISPSD), 2011 IEEE 23rd International Symposium on, 2011,47(10):10-15.
- [2] Pengelly R S, Wood S M, Milligan J W, et al. A review of GaN on SiC high electron-mobility power transistors and MMICs[C]//Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, 2012,60(6):1764-1783.
- [3] Leszczynski M, Prystawko P, Kruszewski P, et al. Comparison of SiC and GaN substrates used for epitaxy of HEMT structures[C]//Microwave Conference (EuMC), 2013 European IEEE, 2013: 526-529.
- [4] Mitchel W C, Perrin R, Goldstein J, et al. Fermi-level control and deep levels in semi-insulating 4H-SiC[J]. Journal of Applied Physics, 1999,86(9):5040-5044.
- [5] Morvan Erwan, Noblanc Olivier, Dua Christian, et al. SiC microwave power devices[J]. Materials Science Forum, 2001,353-356:669-674.
- [6] Wei Rusheng, Song Sheng, Yang Kun, et al. Thermal conductivity of 4H-SiC single crystals[J]. Journal of Applied Physics, 2013,113:053503.

收稿日期: 2016-09-05

(上接第304页)

表2 ALC开启和关闭时样品的偏压特性差异 (加载2 s)

组1	ALC关闭			ALC开启		
	偏压U/V	C/ μ F	C/C/%	监控电压U/V	C/ μ F	C/C/%
0	2.523 8	0	0	0.531	2.592 9	0
5	2.368 4	-6.16	0.549	0.549	2.413 2	-6.93
10	1.777 5	-29.57	0.669	0.669	1.794 0	-30.81
15	1.225 9	-51.43	0.800	0.800	1.234 0	-52.41
20	0.858 9	-65.97	0.890	0.890	0.864 8	-66.65
25	0.637 3	-74.75	0.941	0.941	0.641 5	-75.26
30	0.498 9	-80.23	0.968	0.968	0.502 1	-80.64
35	0.408 1	-83.83	0.984	0.984	0.410 3	-84.18
40	0.345 2	-86.32	0.994	0.994	0.346 8	-86.63

表3 ALC开启和关闭时样品的偏压特性差异 (加载60 s)

组1	ALC关闭			ALC开启		
	偏压U/V	C/ μ F	C/C/%	监控电压U/V	C/ μ F	C/C/%
0	2.582 5	0	0	0.522	2.645 1	0
5	2.363 9	-8.46	0.554	0.554	2.411 0	-8.85
10	1.696 2	-34.32	0.687	0.687	1.712 0	-35.28
15	1.114 8	-56.83	0.822	0.822	1.124 0	-57.51
20	0.765 8	-70.35	0.888	0.888	0.772 6	-70.79
25	0.567 0	-78.04	0.949	0.949	0.571 7	-78.39
30	0.447 2	-82.68	0.975	0.975	0.450 3	-82.98
35	0.369 9	-85.68	0.987	0.987	0.372 2	-85.93
40	0.316 7	-87.74	0.993	0.993	0.318 4	-87.96

时的样品容量逐渐增大并接近于ALC开启时的样品容量,而ALC开启时的基准容量值较大,因此ALC关闭时的样品容量下降率略小于ALC开启时的样品容量

下降率且两者逐渐接近。鉴于应该遵照行业标准所规定的测试电压,测试样品的偏压特性时应该开启ALC。

3 结论

为了准确评估X7R特性等高介电常数陶瓷MLCC的偏压特性,有必要研究测试参数对偏压特性测试结果的影响。偏压加载时间对测试结果影响显著,时间越长结果越准确,但过长的测试时间不利于效率,应设置为60 s或以上。测试电压对高容量(标称容量 $\geq 1 \mu\text{F}$)MLCC的偏压特性测试结果会有较轻微的影响,测试高容量样品时应该设法维持正确的测试电压,比如开启测试仪器的自动电平控制功能。

参考文献:

- [1] 卓金丽,陆亨,安可荣.中压高容MLCC的设计及性能[J].电子工艺技术,2016,37(3):157-159.
- [2] 陈长云,李筱瑜,祝忠勇.高比容MLCC关键制作技术研究[J].电子工艺技术,2011,32(4):229-231.
- [3] 肖培义,赖永雄,李基森.Ni/Cu电极耐中压MLCC的试制[J].电子质量,2007(5):36-38.

收稿日期: 2016-08-12