



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108645331 A

(43)申请公布日 2018.10.12

(21)申请号 201810603879.7

(22)申请日 2018.06.12

(71)申请人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

(72)发明人 张斗 袁晰 王晓宇 高峰 李潇
王浩威 张少峰 周科朝

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所
43114

代理人 魏娟

(51)Int.Cl.

G01B 7/16(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种拉伸应变测试方法和装置

(57)摘要

本发明公开了一种拉伸应变测试方法和装置,包括信号输出系统、电压放大器、应变片、应变测试仪和数据采集系统。基于该装置可测试压电纤维复合材料拉伸应变。是一种安装简单、操作方便、精度较高的拉伸应变测试装置及其相应的测试方法。

1. 一种拉伸应变测试装置,其特征在于:包括信号输出系统、电压放大器、应变片、应变测试仪和数据采集系统;所述信号输出系统与高压放大器连接,高压放大器通过导线对测试样品施加电压;

所述应变片粘贴于测试样品表面,应变片与应变测试仪连接,应变测试仪连接数据采集系统;

或者测试样品经树脂封装后应变片粘贴于树脂表面,所述应变片与应变测试仪连接,应变测试仪连接数据采集系统。

2. 如权利要求1所述的拉伸应变测试装置,其特征在于:所述应变片为箔式应变片。

3. 基于权利要求1所述的拉伸应变测试装置的拉伸应变测试方法,其特征在于:包括如下步骤:

(1) 选择测试样品拉伸应变方向,沿应变方向粘贴应变片;

(2) 信号输出系统输出信号至高压放大器,控制高压放大器对测试样品施加电场;

(3) 应变测试仪收集应变片电阻数据,并输入数据采集系统。

4. 如权利要求3所述拉伸应变测试方法,其特征在于:选择若干测试样品拉伸应变方向,沿应变方向粘贴应变片。

5. 如权利要求3所述拉伸应变测试方法,其特征在于:所述测试样品包括压电纤维复合物。

一种拉伸应变测试方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种材料拉伸应变测试方法和装置,特别是涉及一种压电纤维复合材料拉伸应变测试方法和装置。

背景技术

[0002] 自由应变是在大尺寸压电纤维复合材料样件处于自由状态下,通过施加一个固定的交变电压,使得大尺寸压电纤维复合材料样件在此电压下发生变形,然后通过在大尺寸压电纤维复合材料样件表面粘贴的应变片获得其自由应变的值。通过公式 $d_{33} = (\text{free strain} \times L \times 10^6) / \text{voltage}$ (其中:L为叉指状电极的指间距)可计算出大尺寸压电纤维复合材料样件的 d_{33} 值,其值越大,大尺寸压电纤维复合材料样件的压电性能越高。

[0003] 对于拉伸应变的测量,Leung等人在Large electrostrictive effect Ba:PZT and its application. Ferroelectrics一文中采用迈克尔逊干涉法测量拉伸位移,通过测量光程差引起接受屏处干涉条纹的移动,从而从条纹的移动数中计算出相应的微小应变,但是该方法实际操作难度较大,计算过程困难。

[0004] Meng等人在Electrostriction in Lead Lanthanum Zirconate-Titanate Ceramics一文中采用贝塞尔函数高频激光干涉测振仪测量压电陶瓷元件的拉伸应变,把样品夹持到激光测试仪上,通过测量被激励振幅值的大小来得到微小应变,但该方法安装样品较为困难,对操作要求较高。

[0005] 李建文等在“高精度电容测微仪关键技术”一文中采用电容测微仪的方法来测量微小应变,探头的有效直径为1mm时,仪器的分辨率可达1nm,但该方法对仪器精度要求较高。

[0006] 综上所述,之前关于拉伸应变的测量方法或多或少都存在一定缺点,如安装样品困难、操作困难及精度较低。

发明内容

[0007] 本发明的第一个目的为提供一种安装简单、操作方便、精度较高的拉伸应变测试装置,测试压电纤维复合物在交变电压下的驱动应变行为以研究其传感、驱动等功能。

[0008] 本发明的第二个目的为提供基于所述拉伸应变测试装置的一种拉伸应变测试方法。

[0009] 本发明一种拉伸应变测试装置,包括信号输出系统、电压放大器、应变片、应变测试仪和数据采集系统;

[0010] 所述信号输出系统通过导线连接电压放大器,电压放大器通过导线对测试样品施加电压;

[0011] 所述应变片粘于测试样品表面,应变片通过导线连接应变测试仪,应变测试仪通过导线连接数据采集系统;

[0012] 或者测试样品经树脂封装后应变片粘贴于树脂表面,所述应变片通过导线连接应

变测试仪,应变测试仪通过导线连接数据采集系统。

[0013] 所述应变片为箔式应变片。

[0014] 基于所述拉伸应变测试装置的拉伸应变测试方法,包括如下步骤:

[0015] (1) 选择测试样品拉伸应变方向,沿应变方向粘贴应变片;

[0016] (2) 信号输出系统输出信号至高压放大器,控制高压放大器对测试样品施加电场;

[0017] (3) 应变测试仪收集应变片电阻数据,并输入数据采集系统。

[0018] 选择若干测试样品拉伸应变方向,沿应变方向粘贴应变片。

[0019] 测量大尺寸压电纤维复合材料样件常温下的自由应变性能时,应变片的粘贴位置如图2所示,其中应变片左右边缘线距离叉指状电极的左右边缘线相等,应变片的上下边缘线距离叉指状电极的上下边缘线也相等。图2左为测量大尺寸压电纤维复合材料样件纵向自由应变时应变片的粘贴位置,右图为测来那个大尺寸压电纤维复合材料样件横向自由应变时应变片的粘贴位置,简单来说即位于叉指状活性电极的正中间是最好的。应变片可根据需要测量的方向决定是否需要同同时粘贴两个不同方向的应变片,具体粘贴纵向应变片时,应变片的长度方向应与电极指垂直,使用瞬干胶将应变片固定于电极的正中间,使用手指按压的方式将多余的瞬干胶挤压出来,保持约30s即可,通过该应变片可测量出大尺寸压电纤维复合材料样件的纵向自由应变,计算出纵向压电常数。

[0020] 所述测试样品包括压电纤维复合物。

[0021] 本发明采用自搭建的自由应变测试系统来表征压电纤维复合材料的自由应变性能。将应变片引线接入应变测试仪。通过信号输出系统发出一个电压信号,经电压放大器放大后输出电压,施加于复合物样品上,使其产生应变。通过复合物表面粘贴的应变片来采集其应变大小,反馈到数据采集系统上,因此获得自由应变值。测试系统示意图及设备实物图如图1所示。

[0022] 本发明的有益效果:

[0023] 相对于现有技术而言,本发明提供了一种安装简单、操作方便、精度较高的拉伸应变测试装置及其相应的测试方法。通过高精度应变片与应变测试仪测试了样品的自由应变性能,收集了变形量与外加电场的频率和强度数据,并通过数据采集系统精确的分析了自由应变性能与主体材料和结构特性之间的相关性。

附图说明

[0024] 图1自由应变测试系统示意图。

[0025] 图2应变片粘贴说明。

[0026] 图3自由应变测试系统示意图。

[0027] 图4自由应变测试系统实物图。

[0028] 图5大尺寸拉伸型压电纤维复合材料在正弦波作用下的横向(a)及纵向(b)自由应变值。

[0029] 图6大尺寸拉伸型压电纤维复合材料在正弦波作用下的横向(a)及纵向(b)自由应变值。

[0030] 图7正弦电压激励下压电纤维复合材料的应变特征纵向与横向自由应变。

[0031] 图8不同树脂封装的压电纤维复合材料纵向自由应变频谱图。

- [0032] 图9不同温度下压电纤维复合材料自由应变变化曲线
[0033] 图10不同树脂体积分数的压电纤维复合材料的自由应变曲线
[0034] 图11不同树脂层厚度的压电纤维复合材料的自由应变曲线

具体实施方式

[0035] 本研制方案中常温以及高低温下涉及的测量应变片,均为济南西格马科技有限公司所生产。常温下使用的应变片规格型号为BSF120-3AA-T ($3 \times 1\text{mm}^2$),而高低温下测试使用的应变片型号为BSF120-4AA-T ($4 \times 2.1\text{mm}^2$)。常温应变片的使用温度范围为 $0 \sim 50^\circ\text{C}$,高温应变片的使用温度范围为($-273^\circ\text{C} \sim 220^\circ\text{C}$)。其中在大尺寸压电纤维复合材料样件表面粘贴应变片时,具体粘贴位置如图2所示。

[0036] 施加驱动电场频率为1Hz (在 $0.08 \sim 1\text{Hz}$ 内,频率不会对大尺寸压电纤维复合材料样件的驱动性能产生影响,以下部分如果未做特殊声明,皆使用1Hz的电压进行测试)时,驱动电压为 $-400\text{V} \sim +1000\text{V}$ 时(波形如未做特殊声明,皆使用正弦波。同时可采用方波驱动电压作用于大尺寸压电纤维复合材料样件,驱动电压范围均为 $-400\text{V} \sim +1000\text{V}$,按照正弦驱动电压的方式来采集大尺寸压电纤维复合材料样件的自由应变。

[0037] 实施例1

[0038] 将应变片粘贴于测试样品后,给测试样品施加 $0.1\text{Hz}-500\text{V} \sim +1500\text{V}$ 的电压,测试拉伸型压电纤维复合材料在正弦波作用下的自由应变值。图5中(a)图为中期样品测试结果,该电压下的自由应变值,自由应变表现出明显各向异性,其纵向自由应变及横向自由应变分别为 1372ppm 和 751ppm 。(b)图为最终样品测试结果,该电压下的自由应变值,自由应变同样表现出明显各向异性,其纵向自由应变及横向自由应变分别为 1796ppm 和 838ppm 。自由应变表现出非线性滞回特征,这与压电本构方程有关。

[0039] 实施例2

[0040] 将应变片粘贴于测试样品后,给测试样品施加 $0.1\text{Hz}-500\text{V} \sim +1500\text{V}$ 的电压,测试大尺寸拉伸型压电纤维复合材料在正弦波作用下的横向及纵向自由应变值。下图a为横向应变对比图,图b为纵向应变对比图。其中一号样品为中期样品,二号样品为最终完成的样品,一号样品横向最大应变为 751ppm ,二号样品横向最大应变为 838ppm ,比一号样品提高约12%;一号样品纵向最大应变为 1374ppm ,二号样品纵向最大应变为 1796ppm ,比一号样提高大约31%。

[0041] 实施例3

[0042] 将应变片粘贴于样品表面后,给测试样品施加 $0.1\text{Hz}, 500\text{V} \sim +1500\text{V}$ 的电压,测试压电纤维复合材料的纵向与横向自由应变。由图7可知,其纵向和横向应变与电压曲线一致,皆为正弦曲线。横向与纵向应变方向相反,具有明显的驱动各向异性。纵向应变值约为 1420ppm ,横向应变值约为 -700ppm ,约为纵向应变值的 $-1/2$ 。

[0043] 实施例4

[0044] 样品经树脂封装后粘贴应变片,给样品施加 $0.1-60\text{Hz}, 500\text{V} \sim +1500\text{V}$ 的电压,测试得到压电纤维复合材料的自由应变随频率变化曲线。由图8可知,随着频率的增加,压电纤维复合材料的应变值急剧下降,并于5Hz之后下降趋势骤减,并趋于稳定。

[0045] 样品采用Araldite 2020环氧树脂封装的压电纤维复合材料时,其在 0.1Hz 时,自

由应变值为1420ppm,5Hz时下降至870ppm,下降幅度为38.7%;60Hz时,其自由应变值为690ppm,相对5Hz时下降20.7%。其他两种树脂封装的压电纤维复合材料也有类似的规律。这是因为在低频下,压电材料中的电畴有足够的时间翻转完全,其应变值较大;而随着频率的增加,电畴的翻转跟不上输入电压的翻转,故电畴翻转不完全,导致其应变值变小,最终趋于稳定。

[0046] 采用DP 460封装时在同样条件下的应变值为1200ppm。采用DP 490封装时,在同样条件下的应变值为750ppm。

[0047] 因为三种树脂的体积分数保持一致,且其力学性能亦差异不大,PZT压电相的各项结构参数也是一致的,故这种现象产生的原因与压电纤维复合材料中PZT压电相的极化程度有关。Araldite 2020封装的复合材料中PZT纤维的极化程度相对较高,故而应变性能较好。说明用Araldite 2020树脂封装压电纤维复合材料时,其拥有较大的应变性能。

[0048] 实施例5

[0049] 采用三种不同环氧树脂封装的压电纤维复合材料进行了不同温度下的自由应变值测定。测试条件为,激励电压-500~+1500V,偏置电压为500V,频率为0.1Hz,测试温度范围为-40~+80℃。其结果如图9所示。三种树脂封装的压电纤维复合材料在-40~+80℃的温度区间内有着类似的变化趋势。以Araldite 2020封装的压电纤维复合材料为例,从低温到室温的过程中,其自由应变值在不断增加,30℃时达到最大为1440ppm,相较于-40℃时的710ppm,增加了102.8%。高于30℃时,其自由应变值又开始下降,最低值为1050ppm,下降幅度为27.1%,高温下的情况与Inman的模拟数据吻合。从数据可以看出,温度对压电纤维复合材料的应变影响极为显著。

[0050] 实施例6

[0051] 不同树脂体积分数的压电纤维复合材料在-500~+1500V、0.1Hz驱动电压下的自由应变曲线。由图10可知,0%树脂相时,压电纤维复合材料的自由应变值最低,仅为1020ppm。而24.2%、37.5%和44.4%时,压电纤维复合材料的自由应变随着树脂相的体积分数的增加而降低,分别为1350、1250和1200ppm。

[0052] 实施例7

[0053] 不同树脂层厚度的压电纤维复合材料在-500~+1500V、0.1Hz驱动电压下的自由应变曲线。从图11中可以发现,4、2、1和0.5μm时压电纤维复合材料的自由应变分别为1020、1350、1410和1280ppm。起初,随着环氧树脂层厚度的减小,其自由应变值增大。

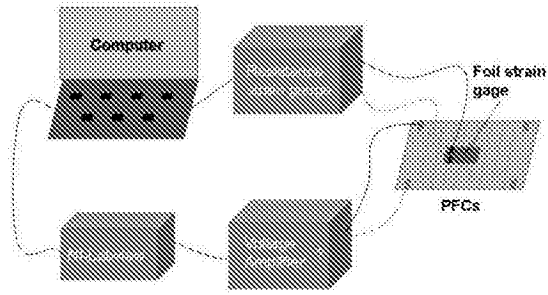


图1

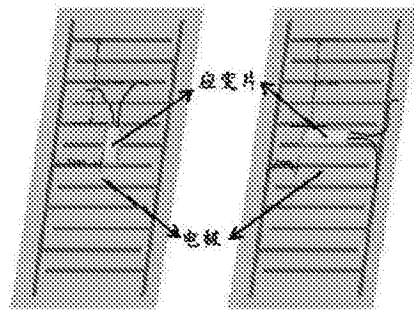


图2

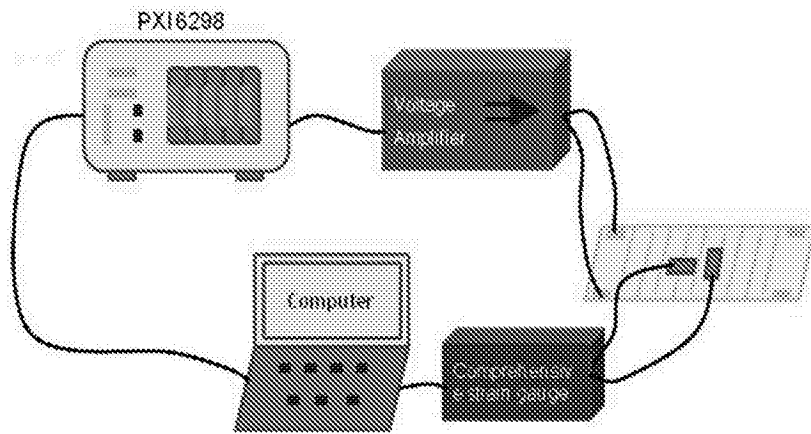


图3

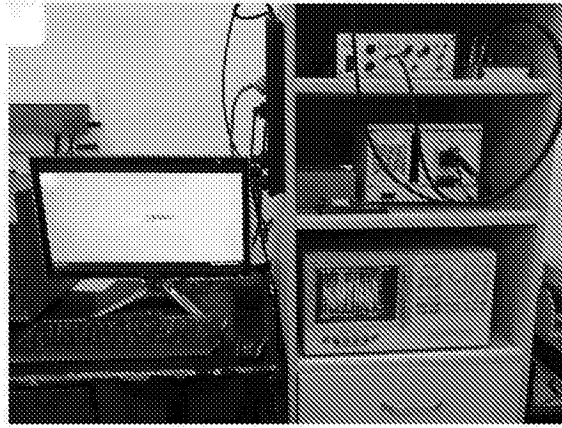


图4

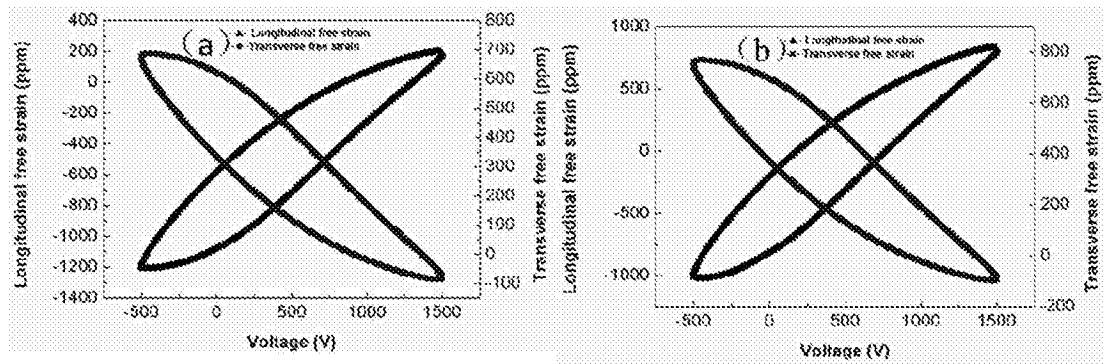


图5

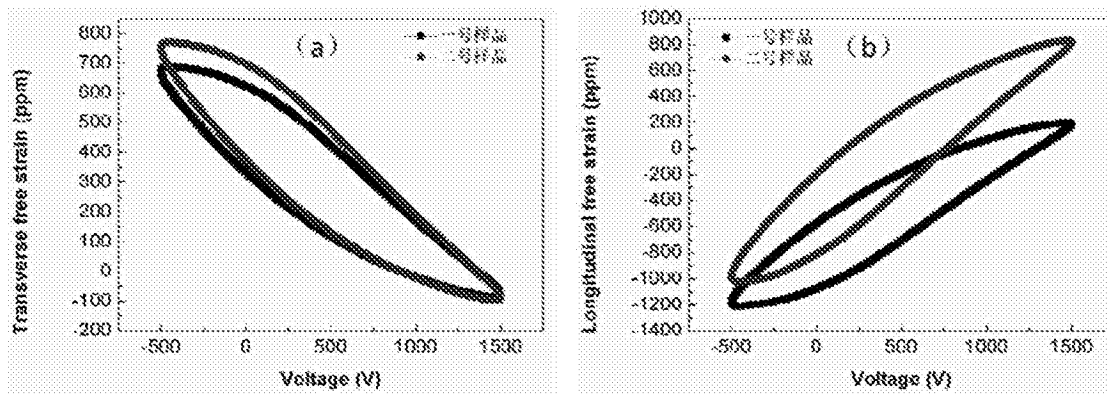


图6

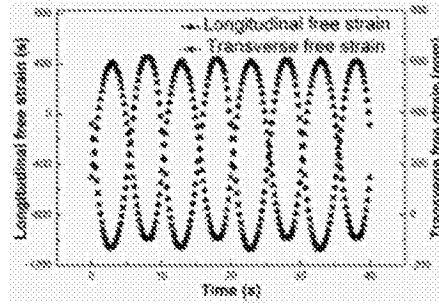


图7

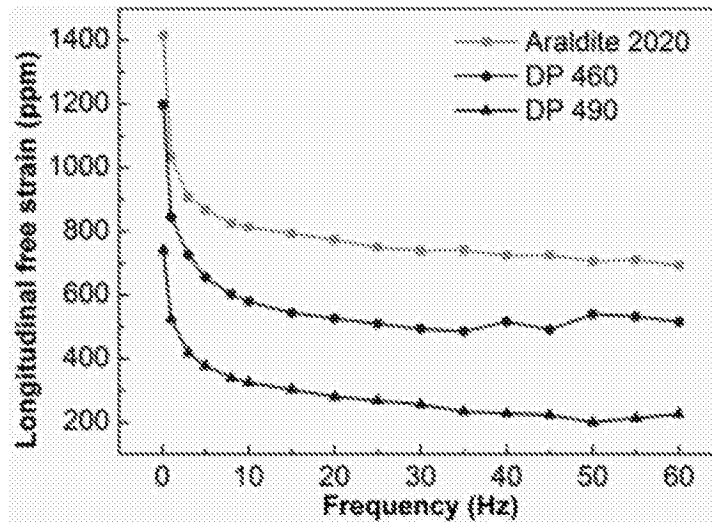


图8

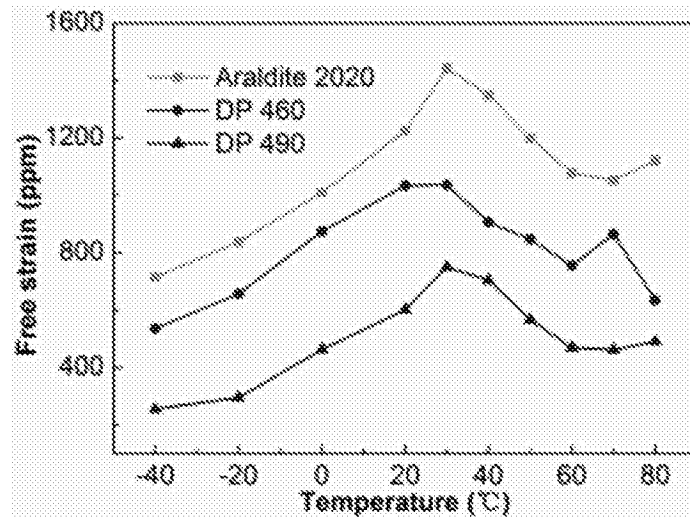


图9

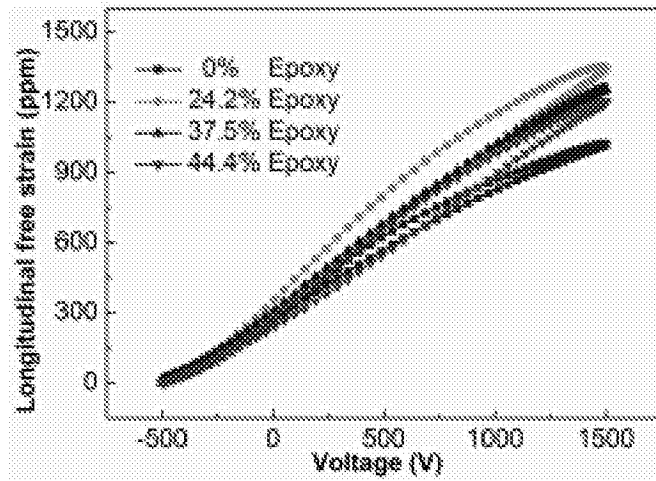


图10

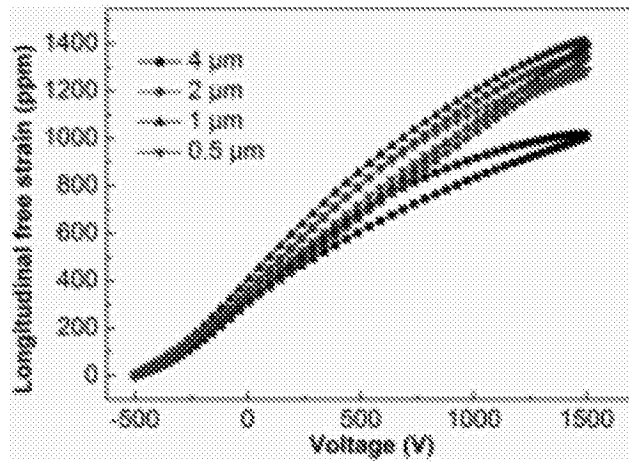


图11