



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103901228 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 02

(21) 申请号 201410138619. 9

(22) 申请日 2014. 04. 08

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084 信箱 82
分箱清华大学专利办公室

(72) 发明人 陶永康 刘云峰 董景新

(74) 专利代理机构 北京丰宏知识产权代理有限公司 11372

代理人 吴大建 刘华联

(51) Int. Cl.

G01P 15/125(2006. 01)

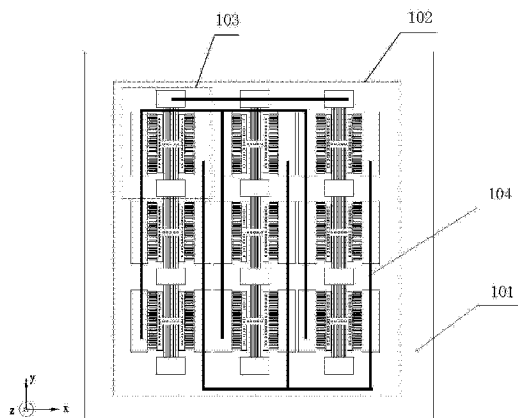
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种加速度计

(57) 摘要

本发明公开了一种加速度计,包括基片和固定在基片上的加速度计主体,而加速度主体包括若干并联的敏感单元,其中,敏感单元包括:质量块,其纵向两端通过弹性件与基片固接,弹性件设置在质量块的纵向两端,其第一端与基片固接;设置在质量块的一横向侧面的、与基片固接的第一固定座;设置在第一固定座与质量块之间的齿组,其包括固定于第一固定座的、沿横向延伸的、沿纵向彼此间隔的若干定齿和交错于若干定齿之间的、固定于质量块的若干动齿。本发明通过多个敏感单元并联提高了灵敏度和分辨率,通过变面积的电容变化方式改善了加速度全量程的非线性问题。



1. 一种加速度计,包括基片和固定在所述基片上的加速度计主体,其特征在于,所述加速度主体包括若干并联的敏感单元,

其中,所述敏感单元包括:

质量块,其纵向两端通过弹性件与所述基片固接,所述弹性件设置在所述质量块的纵向两端,其第一端与所述基片固接;

设置在所述质量块的一横向侧面的、与所述基片固接的第一固定座;

设置在所述第一固定座与质量块之间的齿组,其包括:固定于所述第一固定座的、沿横向延伸的、沿纵向彼此间隔的若干定齿;交错于所述若干定齿之间的、固定于所述质量块的若干动齿;

当加速度计具有加速度时,所述弹性件沿与加速度相反的方向产生形变,使得所述动齿与定齿之间的正对面积相应地增大或减小,导致所述动齿与定齿之间的电容随之相应地增大或减小,从而根据所述电容变化得到加速度。

2. 如权利要求 1 所述的加速度计,其特征在于,所述敏感单元还包括设置在所述质量块的另一横向侧面的、与所述基片固接的第二固定座,

在所述第二固定座与质量块之间设置有齿组,其包括:固定于所述第二固定座的、沿横向延伸的、且沿纵向彼此间隔的若干定齿;交错于若干定齿之间的、固定于所述质量块的若干动齿。

3. 如权利要求 2 所述的加速度计,其特征在于,相邻的动齿与定齿之间的间隙相等。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的加速度计,其特征在于,所述质量块为 H 形结构,所述弹性件的第二端与 H 形结构的中间部位固接。

5. 如权利要求 1 ~ 4 中任一项所述的加速度计,其特征在于,所述质量块上设有阻尼孔,以调节所述质量块的质量。

6. 如权利要求 1 ~ 5 中任一项所述的加速度计,其特征在于,所述弹性件包括沿横向方向并列排布的若干弹性片。

7. 如权利要求 2 所述的加速度计,其特征在于,

不同敏感单元中的弹性件的第一端之间通过所述基片上的金属走线连接;

不同敏感单元中的第一固定座之间通过所述基片上的金属走线连接;

不同敏感单元中的第二固定座之间通过所述基片上的金属走线连接。

8. 如权利要求 1 ~ 7 中任一项所述的加速度计,其特征在于,所述基片的材料为玻璃或硅。

一种加速度计

技术领域

[0001] 本发明涉及微机械惯性仪表技术领域,具体地说,涉及一种加速度计。

背景技术

[0002] 高量程微机械加速度计在爆炸、冲击测试等领域都具有广泛的用途。在这些应用场合中,瞬时冲击加速度的幅值可能超过 100000g,且冲击持续时间很短(通常在几百微秒以内),因此需要加速度计具有较高的量程和谐振频率。

[0003] 电容式硅微机械加速度计具有工艺成熟、频响高、功耗低、温度漂移小和抗过载能力强等独特的优势,其能够满足高量程和高谐振频率的要求,是一种发展潜力较大的高 g 值加速度计类型。

[0004] 目前电容式高量程硅微机械加速度计的结构形式主要有两种:美国 Draper 实验室的扭摆式结构和美国 Sandia 国家实验室的带参考电容的结构。Draper 实验室于 1990 年研制了一种应用于炮弹的高量程微机械加速度计,它采用扭杆支撑摆片的跷跷板式结构,量程达 100000g,15h 偏置漂移为 44g,非线性度为 3.1%。Sandia 实验室设计的加速度计结构单元包括参考电容、检测电容和支撑梁,传感器量程达 50000g,分辨率为 50g,谐振频率为 151kHz,二阶模态分离比为 1.59。但是,这两种加速度计均为变间隙面外敏感形式,并且抗过载能力尚不能满足某些特殊要求。

[0005] 现有的高量程微机械加速度计一般工作在开环状态,高幅值加速度输入时,传感器敏感质量的变形较大,上述两种加速度计的变间隙电容敏感方式会造成全量程线性度变差。受量程和谐振频率的限制,现有的高量程微机械加速度计的灵敏度较小。这些问题都制约了电容式高量程微机械加速度计性能的进一步提高。

[0006] 基于上述情况,亟需一种线性度好、灵敏度高的高量程加速度计。

发明内容

[0007] 为解决上述问题,本发明提供了一种加速度计,包括基片和固定在所述基片上的加速度计主体,所述加速度主体包括若干并联的敏感单元,

[0008] 其中,所述敏感单元包括:

[0009] 质量块,其纵向两端通过弹性件与所述基片固接,所述弹性件设置在所述质量块的纵向两端,其第一端与所述基片固接;

[0010] 设置在所述质量块的一横向侧面的、与所述基片固接的第一固定座;

[0011] 设置在所述第一固定座与质量块之间的齿组,其包括:固定于所述第一固定座的、沿横向延伸的、沿纵向彼此间隔的若干定齿;交错于所述若干定齿之间的、固定于所述质量块的若干动齿;

[0012] 当加速度计具有加速度时,所述弹性件沿与加速度相反的方向产生形变,使得所述动齿与定齿之间的正对面积相应地增大或减小,导致所述动齿与定齿之间的电容随之相应地增大或减小,从而根据所述电容变化得到加速度。

[0013] 根据本发明的一个实施例,所述敏感单元还包括设置在所述质量块的另一横向侧面的、与所述基片固接的第二固定座,

[0014] 在所述第二固定座与质量块之间设置有齿组,其包括:固定于所述第二固定座的、沿横向延伸的、且沿纵向彼此间隔的若干定齿;交错于若干定齿之间的、固定于所述质量块的若干动齿。

[0015] 根据本发明的一个实施例,相邻的动齿与定齿之间的间隙相等。

[0016] 根据本发明的一个实施例,所述质量块为H形结构,所述弹性件的第二端与H形结构的中间部位固接。

[0017] 根据本发明的一个实施例,所述质量块上设有阻尼孔,以调节所述质量块的质量。

[0018] 根据本发明的一个实施例,所述弹性件包括沿横向方向并列排布的若干弹性片。

[0019] 根据本发明的一个实施例,

[0020] 不同敏感单元中的弹性件的第一端之间通过所述基片上的金属走线连接;

[0021] 不同敏感单元中的第一固定座之间通过所述基片上的金属走线连接;

[0022] 不同敏感单元中的第二固定座之间通过所述基片上的金属走线连接。

[0023] 根据本发明的一个实施例,所述基片材料为玻璃或硅。

[0024] 本发明提供的加速度计通过多个敏感单元并联的方式提高了基础电容量,这有利于提高加速度计的灵敏度和分辨率,改善加速度计的测量精度。同时,本发明采用变面积的电容变化方式,相较于现有的变间隙的电容变化方式,这种方式不仅能够消除固有的非线性因素,还能够提高动齿的许可变动范围,有利于提高传感器的量程。

[0025] 同时,本发明提供的加速度计中的弹性件采用多个弹性片并排连接的方式。这样,在同样支撑刚度的情况下,相较于现有的加速度计,该方式具有更高的模态分离比,能够更好地一致加速度计的交叉轴耦合影响,从而减小加速度计的横向效应。这样有助于减小加速度计的测量误差,提高加速度计的准确度。而采用多个弹性片并排连接的方式还能够使得符合性能要求的弹性片的参数范围增大,有利于结构设计时的调整。

[0026] 本发明提供的加速度计采用变面积的敏感方式,加工工艺兼容现有方案。该加速度计能够通过于现有的高量程硅微机械加速度计结构相组合,来实现单晶片的三轴高量程硅微机械加速度计的集成,为进一步提高加速度计性能、降低加速度计成本和体积提高了可行性。

[0027] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要的附图做简单的介绍:

[0029] 图1是根据本发明一个实施例的加速度计的结构图;

[0030] 图2是本发明提供的加速度计中敏感单元的结构图;

[0031] 图3a是现有的加速度计中的齿组结构示意图;

[0032] 图3b是本发明提供的加速度计中的齿组结构示意图;

[0033] 图 4 是根据本发明一个实施例的弹性件参数关系图。

具体实施方式

[0034] 以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式,借此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题,并达成技术效果的实现过程能充分理解并据以实施。需要说明的是,只要不构成冲突,本发明中的各个实施例以及各实施例中的各个特征可以相互结合,所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

[0035] 图 1 示出了根据本实施例所提供的加速度计的结构图。

[0036] 如图 1 所示,本实施例中,加速度计包括基片 101 和固定在基片 101 上的加速度计主体 102。其中,加速度计主体 102 包括若干并联的敏感单元 103。多个敏感单元 103 并联能够有效提高加速度计的基础电容量,从而有助于提高加速度计的灵敏度和分辨率,还有助于改善加速度计的测量精度。

[0037] 图 2 示出了本实施例提供的加速度计的敏感单元 103 的结构图。

[0038] 如图 2 所示,本实施例中,敏感单元 103 包括质量块 201、弹性件 202 和第一固定座 203。为了进一步构成电容差动的变化形式,消除共模干扰,本实施例所提供的敏感单元还包括第二固定座 204,但本发明不限于此。

[0039] 质量块 201 的纵向(即沿 y 轴方向)两端通过弹性件 202 与基片 101 固接。而弹性件 202 设置在质量块 201 的纵向两侧,其第一端 202a 与固定在基片 101 上的固定基座 205 固接,第二端 202b 与质量块 201 固接。从图 2 中可以看出,本实施例中,质量块 201 采用了 H 形结构,而弹性件 202 的第二端 202b 与 H 形结构的中间部位固接。

[0040] 加速度计在高量程输入时,非敏感方向(即本实施例中的 y 轴和 z 轴方向)响应会增大,而该方向上响应的增大会产生较大的测量误差。为了减小加速度计非敏感方向上的响应,也就是减小加速度计的横向效应,本实施例中,弹性件 202 由沿横向方向(即 x 轴方向)并列排布的若干弹性片 209 构成。弹性件 202 的这种结构能够有效提高加速度计的模态分离比,从而能够有效减小加速度计的横向效应,有助于减小加速度计的测量误差,提高加速度计的精确度。

[0041] 当加速度计具有一加速度时,弹性件 202 会沿与该加速度相反的方向产生形变,从而使得质量块 201 与第一固定座 203 和第二固定座 204 之间的距离分别相应地增大或减小。而加速度计便是基于质量块 201 与第一固定座 203 和第二固定座 204 之间的距离的变化来实现加速度的测量的。

[0042] 再次如图 2 所示,本实施例中,在质量块 201 上还设有若干阻尼孔 206。不同情况下,质量块 201 的质量需求不同。所以通过在质量块 201 上设置阻尼孔 206,可以调节质量块 201 的质量。阻尼孔 206 的数量越少,质量块 201 的质量越大;阻尼孔 206 的数量越多,质量块 201 的质量就越小。在一定范围内,质量块 201 的质量越大,加速度计也就越灵敏。所以通过调整质量块 201 的质量,能够调整加速度计的灵敏度。

[0043] 此外,从图 2 中还可以看出,第一固定座 203 和第二固定座 204 分别设置在质量块 201 横向(即 x 轴方向)侧面的两侧,它们分别固接于基片 101 上。同时,在第一固定座 203 与质量块 201 之间、第二固定座 204 与质量块 201 之间均设置有齿组。该齿组包括:固定于第一固定座和第二固定座的、沿纵向(即 y 轴方向)彼此间隔的若干定齿 208;固定于质量块

201 上的、交错于定齿 208 之间的若干动齿 207。

[0044] 图 3a 示出了现有加速度计中的齿组结构图,图 3b 则示出了本实施例所提供的加速度计中的齿组结构图。

[0045] 从图 3a 中可以看出,现有加速度计采用变间隙的敏感方式。当加速度计具有一沿 y 轴的加速度时,动齿 301 会沿与该加速度方向相反的方向产生位移,从而使得动齿 301 与定齿 302 之间的距离相应地增大或减小,从而引起动齿 301 和定齿 302 之间的电容相应变化。通过该电容的变化即可反映出加速度计的加速度。

[0046] 但是这种变间隙的方式会造成开环加速度计的全量程线性度变差,从而导致加速度计的测量误差变大。为了解决这一问题,本实施例中加速度计采用如图 3b 所示的变面积的方式。

[0047] 如图 3b 所示,本实施例中,当加速度计具有一沿 x 轴方向的加速度时,动齿 207 会沿与该加速度相反的方向产生位移,从而使得动齿 207 与定齿 208 之间的对应面积相应地增大或减小,从而引起动齿 207 和定齿 208 之间的电容相应变化。通过该电容的变化即可反映出此时加速度计所具有的加速度。本实施例所采用的变面积敏感方式不仅能够提高动齿 207 的移动范围,从而增大加速度计的量程,还能够改善加速度计全量程的非线性,这有助于提高加速度计的精确度。

[0048] 为了进一步改善加速度计全量程的非线性,本实施例中,相邻的动齿 207 与定齿 208 之间的间隙相等。

[0049] 同时,本实施例提供的加速度计采用的变面积敏感方式,其加工工艺兼容现有加速度计的加工工艺。这种方式可以通过与现有的高量程硅微机械加速度计结构相组合,实现单晶片的三轴高量程硅微机械加速度计的集成,这为进一步提高加速度计的性能、降低加速度计的体积和成本提供了可能。

[0050] 再次如图 1 所示,对于本发明所提供的加速度计的不同敏感单元中的弹性件,它们第一端之间通过基片 101 上的金属走线 103 连接,第一固定座之间也通过基片 101 上的金属走线 103 连接,第二固定座之间同样通过基片 101 上的金属走线 103 连接,这样便实现了多个敏感单元的并联。

[0051] 从图 1 中还可以看出,为了进一步优化加速度计的结构,减小加速度计的体积和成本,本实施例中,相邻的两个固定基座 205 可以简化为一个固定基座,但本发明不限于此。

[0052] 根据高量程微机械加速度计的应用特点,具体设计时需要综合考虑加速度计微结构的谐振频率、二阶模态分离比、抗过载能力和灵敏度等性能指标的影响。以下通过设计一个满足预设要求的加速度计,以便通过设计得到的加速度计的性能来对本发明提供的优点作进一步地阐述。

[0053] 本实施例中,加速度计的预设要求为:

[0054] 量程 $a_{\max} \geq 20e4g$, 谐振频率 $f_0 \geq 200kHz$, 二阶模态分离比 $\psi_0 \geq 2$, 微结构的加速度到电容转换的灵敏度 $S_{ca0} \geq 1e-6pF/g$ 。

[0055] 通过对预设要求和弹性片的研究分析,本实施例得到了在不同并联弹性片的数量下,符合设计要求的弹性片的参数范围,该参数范围如图 4 所示。

[0056] 图 4 同时示出了当并排连接有 6 片弹性片和 2 片弹性片时,为满足上述设计要求,

弹性片的几何尺寸的可取范围。从图 4 中可以看出,当并排连接的弹性片的数量不同时,为了满足设计要求,弹性片的几何尺寸也需要进行相应的变化。一定范围下,当并排连接的弹性片的数量增多时,符合设计指标要求的弹性片的几何尺寸范围也增加,有利于设计时灵活调整。

[0057] 本实施例中将弹性件设定为由 6 片弹性片并排连接构成,弹性片的宽度设定为 $9.5\ \mu\text{m}$,通过图 4 所示的关系图,将弹性片的长度设定为 $190\ \mu\text{m}$ 。

[0058] 本实施例中,将定齿和动齿的长度(即沿 x 轴方向的长度)均设为 $50\ \mu\text{m}$,定齿和动齿的宽度(即沿 z 轴方向)均设为 $5\ \mu\text{m}$,定齿与动齿的重叠部分长 $45\ \mu\text{m}$,非重叠部分长 $5\ \mu\text{m}$,相邻定齿和动齿的间隙为 $4\ \mu\text{m}$,齿组对数为 17×2 ,单个敏感单元的等效质量为 $1.03\text{e-}9\text{kg}$ 。

[0059] 此外,本实施例中,敏感单元采用采用 6×6 的并联形式,这样加速度计的单侧基础电容量为 4.88pF ,芯片面积为 $3.4\text{mm}\times 3.9\text{mm}$ 。

[0060] 根据上述参数,本实施例所涉及得到的加速度计的主要技术性能指标如下:

[0061] 量程 200000g ,谐振频率 266.2kHz ,二阶模态分离比 2.5,微结构灵敏度 $8.37\text{e-}6\text{pF/g}$ 。

[0062] 由此可以看出,相较于现有的加速度计,本实施例提供的加速度计具有更高的量程、谐振频率和灵敏度。同时该加速度计还具有更高的二阶模态分离比,这能够有效减小加速度计非敏感方向的响应,从而提高加速度的准确度和可靠性。

[0063] 虽然本发明所揭露的实施方式如上,但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域的技术人员,在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下,可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化,但本发明的专利保护范围,仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

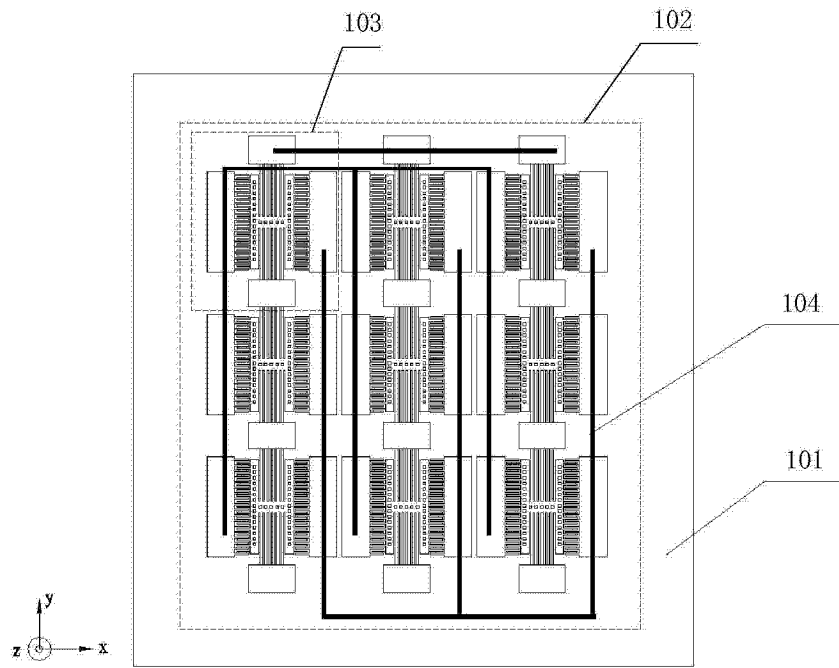


图 1

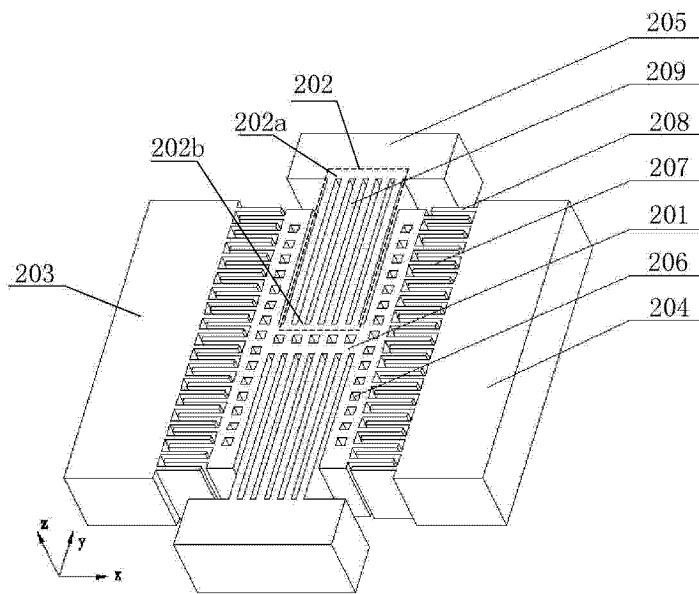


图 2

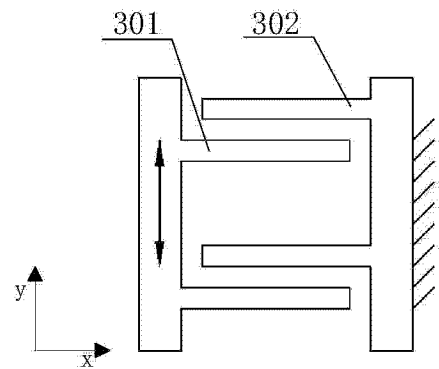


图 3a

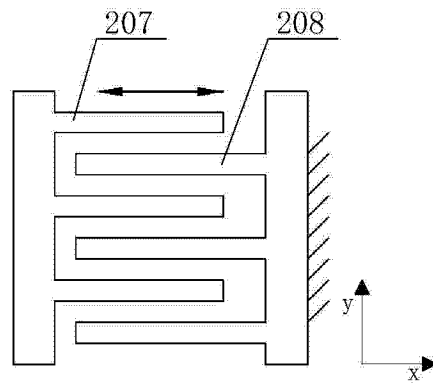


图 3b

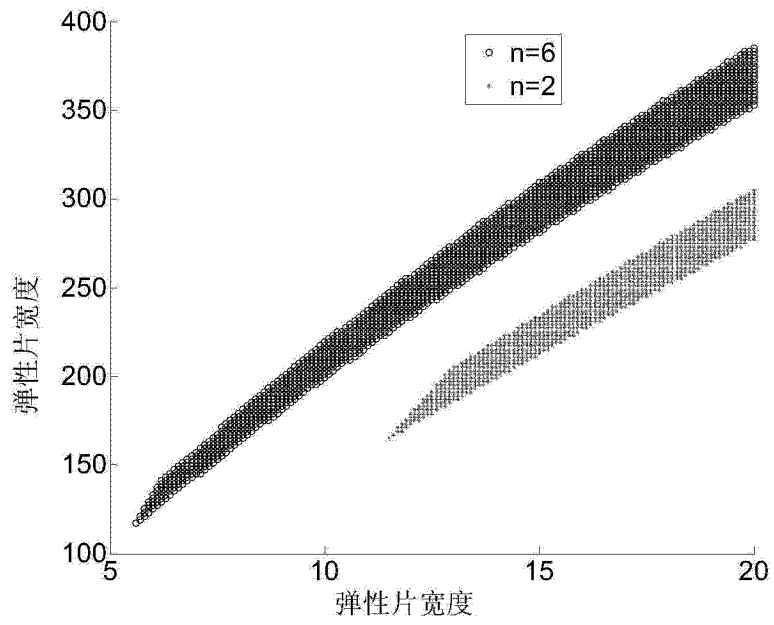


图 4