

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 13/88 (2006.01)

B60C 23/00 (2006.01)

G01M 17/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410098538.7

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100523864C

[22] 申请日 2004.12.9

[21] 申请号 200410098538.7

[30] 优先权

[32] 2003.12.9 [33] US [31] 10/731,198

[73] 专利权人 米其林研究和技术股份有限公司

地址 瑞士格朗日-帕克特

共同专利权人 米其林技术公司

[72] 发明人 J·蒂森 G·P·奥布赖恩

[56] 参考文献

CN2338193Y 1999.9.15

US4570152A 1986.2.11

US6028508A 2000.2.22

US3919882A 1975.11.18

CN2077810U 1991.5.29

US6255940B1 2001.7.3

US2002189336A1 2002.12.19

DE10119352C1 2002.11.28

审查员 张亚玲

[74] 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司

代理人 程伟 王刚

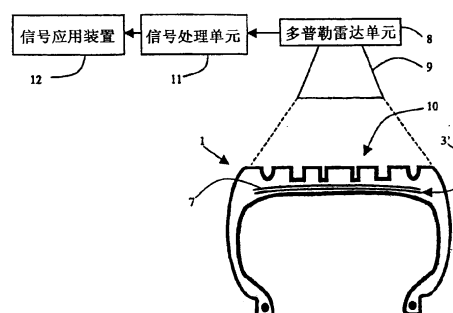
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于检测轮胎异常的多普勒雷达

[57] 摘要

本发明总体而言涉及使用多普勒微功率脉冲技术和雷达信号分析方法一起进行充气轮胎相关异常的检测。具体地说，本发明涉及用于检测充气轮胎异常的方法和装置，上述充气轮胎异常包括胎面分离，胎面磨损，不均匀的胎面磨损，轮胎平衡和异物检测。通过根据谐波范围分析雷达信号，使用信号分析辨别各种可检测的异常。



1. 一种轮胎监测装置，包括：

带有输出端的雷达收发器，所述雷达收发器的位置设置为用 RF 信号照射部分轮胎并接收从轮胎返回的反射信号，并配置为该雷达收发器在它的输出端产生输出信号；以及

信号处理器，该信号处理器具有一个同雷达收发器输出端耦合的输入端以及一个输出端；

其中所述的处理器被设置为根据雷达收发器接收的反射信号的选定谐波执行信号分析，并在它的输出端产生用于表示选定的轮胎相关参数或异常的输出信号，其中所述谐波以轮胎旋转速度为基础。

2. 如权利要求 1 所述的轮胎监测装置，其中所述信号处理器设置为根据雷达收发器接收的反射信号的选定谐波范围执行信号分析。

3. 如权利要求 2 所述的轮胎监测装置，其中所述信号处理器设置为根据在选定谐波范围内的谐波能量的平均能量执行信号分析。

4. 如权利要求 2 所述的轮胎监测装置，其中所述信号处理器设置为根据在选定谐波范围内的谐波分布的质心执行信号分析。

5. 如权利要求 3 所述的轮胎监测装置，其中所述信号处理器设置为根据在选定谐波范围内谐波分布的质心执行信号分析。

6. 如权利要求 2 所述的轮胎监测装置，其中根据选定的轮胎相关参数或异常来选择谐波范围。

7. 如权利要求 6 所述的轮胎监测装置，其中轮胎相关参数或异常是轮胎平衡和定位，并且选定谐波范围是从第 1 到第 2 谐波的范围。

8. 如权利要求 6 所述的轮胎监测装置，其中轮胎相关参数或异常是胎面环带层分离和不均匀的胎面磨损，并且选定谐波范围是从第 3

到第 n 谐波的范围，这里 n 是关于胎面花纹的基波。

9. 如权利要求 6 所述的轮胎监测装置，其中轮胎相关参数或异常是胎面磨损，并且选定谐波范围是从第 n 到第 m 谐波的范围，这里 n 是关于胎面花纹的基波，并且 m 是胎面花纹能量的高次谐波。

10. 如权利要求 1 所述的轮胎监测装置，其中雷达收发器是多普勒雷达收发器。

11. 如权利要求 10 所述的轮胎监测装置，其中雷达收发器是多普勒微功率脉冲雷达收发器。

12. 一种用于检测轮胎相关参数的方法，包括以下步骤：
用 RF 信号照射部分轮胎；
接收从被照射轮胎反射的信号；和
分析接收到的反射信号的选定谐波以检测选定轮胎相关参数，其中所述谐波以轮胎旋转速度为基础。

13. 权利要求 12 中的方法，其中所述分析步骤包括：
选择用于分析的反射信号的谐波范围；和
分析选定谐波范围以检测轮胎相关参数。

14. 权利要求 13 的方法，其中分析选定谐波范围的步骤包括估算在选定谐波范围内的谐波能量的平均能量。

15. 权利要求 14 的方法，其中分析选定谐波范围的步骤包括估算在选定谐波范围内的谐波分布的质心。

16. 权利要求 13 的方法，其中分析选定谐波范围的步骤包括估算在选定谐波范围内谐波分布的质心。

17. 权利要求 13 的方法，其中根据要检测的轮胎相关参数，执行

选择谐波范围的步骤。

18. 权利要求 17 的方法，其中选定轮胎相关参数是轮胎平衡和定位，并且选定的谐波范围是第 1 和第 2 谐波之间的范围。

19. 权利要求 17 的方法，其中选定轮胎相关参数是胎面环带层分离和不均匀胎面磨损，并且选定谐波范围是从第 3 到第 n 谐波的范围，这里 n 是关于胎面花纹的基波。

20. 权利要求 17 的方法，其中选定轮胎相关参数是胎面磨损，并且选定谐波范围是从第 n 到第 m 谐波的范围，这里 n 是关于胎面花纹的基波，并且 m 是胎面花纹能量的高次谐波。

21. 权利要求 12 的方法，其中用多普勒雷达收发器来执行照射和接收步骤。

22. 权利要求 21 的方法，其中用多普勒微功率脉冲雷达收发器来执行照射和接收步骤。

用于检测轮胎异常的多普勒雷达

技术领域

[0001] 总体而言，本发明的主题涉及使用多普勒雷达技术对充气轮胎异常和/或性能进行检测。更具体地说，本发明公开内容涉及用于进行充气轮胎异常检测的方法和设备，上述异常检测包括但不限于使用多普勒微功率脉冲雷达（Micro-Power Impulse Radar, MIR）进行的胎面分离、胎面磨损、不均匀胎面磨损、轮胎平衡和异物等的检测。

背景技术

[0002] 充气轮胎胎面环带层分离是公知的、存在有潜在危险的问题。充气不足、超载以及在炎热的气候条件下行驶会导致轮胎产生胎面环带层分离。胎面环带层分离也可能出现于制造不当或再制造（即，通常所说的轮胎翻新）不当的轮胎之中。尤其是在使用期间的高速行驶时胎面从充气轮胎上分离的情况下，胎面环带层分离对于车辆运转有重大的负面影响。本技术描述了用于检测这种情况和其他情况的设备和方法，以便遇到这些情况时能够向司机报警。

[0003] 为了在使用期间对轮胎进行监测，以尽力检测实际存在或即将产生的故障并警告司机存在上述故障，以便采取预防措施，人们为此做出了许多努力。美国专利号 5,436,612（Aduddell）描述了一种此类的尝试，其涉及在卡车的不同位置上放置多个传声器和雷达发射器。发射器向位于司机旁的接收器发射声波，该声波由不同传声器检测。通过这种方式，司机能够听到任何异常的声音，并且如果听到异常的声音，能够采取恰当的措施。

[0004] 美国专利 6,255,940（Phelan 等人）描述了一种衬垫，可以通过将这种衬垫固定在轮胎的内面部（innerliner）而将它安装到轮胎内。上述衬垫支撑监测温度和压力的传感器，当检测到异常情况时可以向该车辆的司机发出警告。美国专利 4,570,152（Melton 等人）公开了另一种轮胎温度检测技术。在该专利中，在轮胎体中埋入若干永磁

体。轮胎转动中产生的过量的热将导致永磁体磁场的变化。这些变化被检测并用于产生向司机报警的警报。

[0005] 而另一种用于监测轮胎，尤其用于监测胎面分离的现有技术在美国专利 6,028,508 (Mason) 中有所教导。Mason 的 508 号专利公开了一种使用测距系统的系统，在该测距系统中使用发射器和接收器组合的传感器被用于检测从传感器到被监测轮胎表面的距离。其设置为如果从传感器到轮胎表面的距离超过预定值，将发出报警。

[0006] 另一种用于监测充气轮胎的现有技术在美国专利申请公开 US 2002/0189336 AL (McEwan) 也教导了。McEwan 公开了雷达传感器相对于充气轮胎的不同位置的放置方式，以监测不同类型的轮胎异常。例如，McEwan 公开了通过定位雷达设备照射轮胎胎面切线部分来检测胎面损耗，以致于刚一产生轮胎损耗，在雷达回波信号中就将存在大量可检测的信号衰减。McEwan 也公开了刺入轮胎胎面的异物检测，通过对雷达设备定位以照射轮胎切线部分，并通过比较平均幅值和峰值检查雷达回波信号，实现刺入轮胎胎面的异物检测。通过在不同位置定位雷达设备检测轮胎的其他相关特性或异常，例如可以通过定位雷达设备照射边壁部来检测边壁部的特性，以及可以通过定位雷达系统照射诸如车轮内安装轮胎的辐条或开口来检测转速。

[0007] 尽管在轮胎故障和保护技术领域，各种方面和可选特征是已知的，但尚未出现一种能够总体地整合在此讨论的所有理想的特征和工作特性的设计。

[0008] 除了在说明书中已经引用的文献外，一个例示性的背景文献包括在 1996 年 1 月/2 月出版的 Science & Technology Review 中，其标题为 “Micropower Impulse Radar” (微功率脉冲雷达，MIR)。所有上述美国专利公开的所有内容在本申请中作为结合参考。

发明内容

[0009] 本发明认识到并致力于以往的各种缺陷，和其他涉及轮胎故障和保护技术的特定方面，尤其是轮胎异常检测。因此，概括而言，本公开技术的一些实施方案的方面涉及提供用于轮胎异常检测的改进设备和相应方法。具体地说，公开技术的一些实施方案的特定方面涉

及一种使用 MIR 技术提供轮胎异常指示和测量的改进设备和相应方法。

[0010] 本发明特定实施方案的另一个方面将提供一种用于检测轮胎胎面起始分离和其他与轮胎相关的异常的改进设备和相应方法，上述其他与轮胎相关的异常包括但不限于：胎面磨损、不均匀胎面磨损、轮胎平衡和定位，以及轮胎异物刺穿等。

[0011] 本发明的一些实施方案进一步的方面将提供用于轮胎相关异常检测的一种改进设备和相应方法，上述异常检测不需要轮胎自身的任何专用功能部件，该专用功能部件例如先前提到的 Melton 等的 152 号专利中的植入磁场、或先前提到的 Phelan 等的 940 号专利中安装带有传感器的垫片。

[0012] 本公开技术的一些实施方案更进一步的方面将提供一种用于轮胎相关异常检测的改进设备和相应方法，这种改进设备和方法可以在任何充气轮胎上实现，不需要提供额外的安装在轮胎上的传感器。

[0013] 本公开技术的一些实施方案进一步的方面仍将提供一种使用单个、固定传感器实现多个轮胎相关特性和异常检测的改进设备和相应方法。

[0014] 本发明另外的方面和优点在本发明的详细描述中阐述，或从本发明的详细描述中这些方面和优点对于本领域的普通技术人员是显而易见的。本领域的普通技术人员也应当进一步理解根据现有的参考文献，在不偏离本发明精神和范围的情况下，可以对本发明的各个实施方案和用途的特定描述、参考和讨论的特征、步骤进行修改和变化。这种变化可以包括这些已知的、参考的或讨论的等同装置和特征、材料或步骤的替换，以及各种部件、特征、步骤等的功能的、操作的、或位置的变换。

[0015] 更进一步，应当理解本发明的不同实施方案及当前的不同优选实施方案可以包括本发明的特征，步骤，或部件，或它们的等同物（包括在图中没有明确显示，或在详细描述中没有明确说明的特征或步骤或其配置的组合）的多种组合或配置。

[0016] 本发明的第一种例示性实施方案涉及一种用于轮胎相关异常检测的改进设备和相应方法，其对装配充气轮胎的车辆使用 MIR 技

术检查轮胎行驶面和行驶面以下各层。

[0017] 本技术的一种更为具体的例示性实施方案涉及一种用于检测充气轮胎胎面的起始分离以及其他轮胎相关异常的改进设备和相应方法，在上述检测中，多普勒雷达系统与适当的信号处理系统和方法一起使用。

[0018] 本发明技术的其他实施方案，不必在这里的概述部分陈述，它可以包括和合并上面概述部分中涉及的特征，部件，或步骤，和/或本申请中讨论的特征，部分，或步骤等各方面的组合。

[0019] 回顾一下说明书中的其余内容，本领域普通技术人员将更好地理解这些以及其他实施方案的特征和方面。

附图说明

[0020] 本发明的说明书中提出了本发明的完整的、足以据之实施的说明，其包括指导本领域普通技术人员的最佳模式，该说明书通过参考附图进行说明。在附图中：

[0021] 图 1 所示为一个例示性充气轮胎的横截面视图，并说明了可能的胎面分离的区域；

[0022] 图 2 所示为相似的例示性充气轮胎的横截面视图，其中示出带式分层区域以及根据本技术的检测设备；

[0023] 图 3 所示为用于表示多普勒微功率脉冲雷达设备例示性输出电压数据的图形；

[0024] 图 4 所示为根据图 3 图形数据的例示性谐波分析图；

[0025] 图 5 所示为多普勒微功率脉冲雷达设备的例示性图形化输出电压数据，该数据为轮胎 15 次旋转期间的平均值；

[0026] 图 6 所示为根据图 5 图形数据的例示性谐波分析图；并且

[0027] 图 7 提供了用于说明本方法效果的例示性分析结果。

[0028] 在本说明书及附图中重复使用的附图标记用于表示发明中相同或类似的特征或部件。

具体实施方式

[0029] 和上面发明概述部分提到的一样，本发明致力于一种用于

对充气轮胎中与轮胎相关的异常的检测的改进设备和相应方法，在上述检测中多普勒雷达系统和适当的信号处理系统和方法一起使用。

[0030] 图 1 所示为充气轮胎 1 的例示性横截面视图。充气轮胎 1 由胎面花纹块部分 2，侧壁部分 5，胎圈部分 6，胎圈 4 和环带层部分 7 组成。如下述所说明具体的那样，图 1 也示出了可能发生胎面分离的总体区域 3。

[0031] 图 2 所示为充气轮胎 1 的另一个例示性横截面视图。图 2 中示出的轮胎 1 包括图 1 中描述的轮胎 1 的所有部件，但着重说明了轮胎中略有不同的部分 3'，在那里可能发生环带层分离。图 2 中还示出了根据本技术实现的用于检测轮胎 1 内部异常的例示性代表设备。如图，图中显示了由微功率脉冲雷达（MIR）收发单元 8 和定向天线 9 组成的多普勒雷达单元。来自 MIR 8 的电信号被耦合到信号处理单元 11 并且信号处理单元 11 的电信号被耦合到信号应用装置 12，随后将对这两个单元进行更详细地说明。

[0032] 如图 2 所示，多普勒雷达单元 8 的天线 9 指向轮胎 1 的外部胎面花纹区域 10，并且在工作时照射上述区域 10。当轮胎表面或表面下的环带层接近多普勒雷达单元 8 时，多普勒雷达单元 8 和信号处理单元 11 一起工作以检测它们速度的急剧变化。由多普勒雷达单元 8 产生的电信号和轮胎表面的径向速度以及轮胎表面下的环带层的径向速度成正比。

[0033] 为了进一步说明本技术的操作方式，有必要简要说明一下“胎面环带层分离”的概念。胎面环带层分离是钢丝带从充气轮胎的胎面包封中的分离的现象。胎面环带层分离是从橡胶和金属结合薄弱的初始点开始，然后撕裂。这些初始点随着轮胎橡胶的老化和局部受热引起的弯曲而增加。初始点的增加和囊泡的形成相关。随着胎面环带层分离的发展，这些囊泡长大并且合并。使用已知的激光剪切干涉（shearography）技术，能够测量胎面环带层分离。一种用于测量充气轮胎内胎面环带层分离的例示性激光剪切干涉技术包括将待测试轮胎放置在压力室里。在正常压力下，例如使用 CCD 摄像机对待测试轮胎成像并将图像存入存储器中。然后将空气从压力室中抽出并对待测试轮胎重新成像。轮胎中的空气囊泡，即，显示胎面环带层分离的位置，

由于轮胎外表面空气压力的减小而扩张并导致轮胎变形。使用电子仪器从存储图像中减去在轮胎变形状态下拍摄的图像，并显示得到的差值图像。这些被显示的图像以干涉条纹形式显示在监视器上，从而显示了轮胎胎面环带层分离的情况。很明显这种测试方法尽管有效，但完全不适合用在运动的车辆上，但是和本技术公开的一样，它的确提供了一种用于胎面环带层分离检测的比较/确认的有用的非破坏性技术。

[0034] 如上所述，本技术包括使用多普勒微功率脉冲雷达（MIR）收发单元 8 以检测胎面环带层分离的开始。根据本发明公开的技术的多普勒 MIR 的具体实例包括前面 McEwan 专利申请公开中描述的多普勒雷达收发单元、或任何其他可以通过商业途径获得的产品。如前面提及的，本技术使用信号处理器处理或分析 MIR 设备产生的信号，以检测胎面环带层分离的开始和其他轮胎相关异常。为了说明这个概念，请参考图 3，该图显示了测试轮胎一次旋转期间 MIR 输出电压数据的例示性图形。通过使用一种和前述技术类似的激光剪切干涉技术进行测量，这个特定的测试轮胎没有明显的轮胎带式分离。在使用根据本技术的测试中，为了确定轮胎中存在胎面环带层分离，使用带有离散傅立叶变换（Discrete Fourier Transform, DFT）的谐波分析对图 3 中的图解数据进行分析。为了实现上述分析，必须知道对应于给定旋转的样本数目。参考图 3 和图 4，采用已知的抽样频率，举例来说，4 万个样本/秒，可以获得旋转中的样本数目并且可以使用标准离散傅立叶变换（DFT）来做分析。这种处理的结果可以被绘制成图形，并如图 4 所示。图 4 中“能量”代表从 MIR 获取的电压信号的平方，并且它可以用任意计量单位表示。因此，图 4 表示了“能量”（任意计量单位）和谐波的对比关系，上述谐波以测试中轮胎旋转速度为基础。

[0035] 图 5 和图 6 表示类似的分析，其中图 5 所示数据表示测试时轮胎 15 次旋转的平均值，而且图 6 中的图形表示与图 4 类似的分析结果，但使用的数据来自图 5。

[0036] 为了从图 4 和图 6 所示的导出能量谱中识别胎面环带层分离和其他轮胎异常，可以使用下列技术。首先，谐波能量谱的平均能量 E_{av} 可以使用下式计算：

$$E_{av} = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N} \quad \text{方程 1}$$

而且谐波分布的质心 CM 可以按下式计算：

$$CM = \frac{\sum_{i=1}^N iE_i}{\sum_{i=1}^N E_i} \quad \text{方程 2}$$

其中 E_i 是谐波谱的第 i 个能量分量，并且 N 是样本数目。

[0037] 有人期望方程 1 的计算值增大并且方程 2 的计算值减小。为了测试这些预期，和激光剪切干涉检测一样，对一些具有不同胎面环带层分离量的轮胎（轮胎 A—D）进行测试。图 7 描述了这些轮胎谐波分布中能量分布的质心与平均能量（任意计量单位）的关系曲线。轮胎 A 胎面环带层分离量最小，而轮胎 D 胎面环带层分离量最大。与更多针对特定谐波的专门算法的效用相对比，用这两个值的效用是： CM 和 E_{av} 和所有经受胎面环带层分离的轮胎的整体性能有关，而不是和基本上随轮胎类型，大小，乃至测试条件而改变的值有关。对基本测试算法可以进行一些进一步的修改。第一个修改必须减小从图 7 所示的二维显示到一维测量的度量。实现上述度量减小的一种方式是使用比例：

$$G = \frac{CM}{E_{av}} \quad \text{方程 3}$$

因为在检测到内能并使用方程 3 时，对轮胎应当传递的值没有先验知识，所以应使用初始测量值对方程 3 进行归一化。在多轮胎测试的情况下，可以测量轮胎 A 的 G 值，然后用作轮胎 B、C、D 的归一化因数 G_0 。对于胎面环带层分离的评定质量试验，可以测量新轮胎的初始值、且该值用于所有后续测量的归一化。也就是说，第 j 个测量计读数是：

$$G_j = \frac{CM_j}{G_0 E_{avj}} \quad \text{方程 4}$$

其中 G_0 是初始测量计读数。在大多数情况下第一测量计读数将代表处于理想状态的轮胎，并且作为所有后续状态的参照。使用归一化实现两件事：第一，它消除了使用多普勒微功率脉冲雷达（MIR）测量胎

面环带层分离或其他轮胎异常时必须考虑的雷达功率和位置的变化。

第二，它不需要具备关于测试时使用的特定轮胎的专业知识，即，对于特定的胎面包封和可能的车辆效果的能量水平和 CM 是怎样的。

[0038] 对基本测量可以进行的另一种修改涉及时基稳定性和求平均值的改进。车辆在不完全光滑的道路上行驶将产生相当大的噪声。这种噪声可能源自于包括 MIR 在车辆上的安装位置、以及车辆轮胎的相对独立运动在内的多种来源。因此，随着时间的推移，这种相对运动产生了一定数量的移动，这将在任何基于多普勒的系统中产生电压噪声。大幅值噪声的出现需要对抽样信号进行滤波。在最基本的滤波方法中，可以使用信号的简单时基求平均值，举例来说，在采集图 5 和图 6 所示数据时执行该算法，但是对大量样本求平均值需要稳定的时基。

[0039] 在评估胎面环带层分离的各种指标的过程中，执行若干测试。这些测试中的一种包括胎面环带层分离演变的研究，它试图在起初是新轮胎的轮胎中形成胎面环带层分离时，识别该胎面环带层分离。在胎面环带层分离演变测试的过程中，可以肯定那里存在能够混淆胎面环带层分离测量的一些其他影响。这些影响中的第一个是不均匀的磨损。在胎面环带层分离测试期间，测试轮胎中的一个开始形成相当程度的不均匀磨损，但还没有产生胎面环带层分离。应当注意使用相同的用于测量胎面环带层分离的测量技术，不均匀的磨损的发展基本上和胎面环带层分离类似。另一方面，应当注意当不均匀的磨损变得更加严重时，谐波分布质心 (CM) 的变化没有平均能量变化得快。这就使得测量方程 (方程 3) 被修改为：

$$G = \frac{CM}{\sqrt{E_{av}}} \quad \text{方程 5}$$

真正减小平均能量对测量值的影响似乎减小了不均匀的磨损的测量灵敏度。根据进一步测试发现，不仅胎面环带层分离检测器对不均匀的磨损敏感，而且它对胎面磨损也非常敏感。尽管它在测量胎面磨损上有明显优势，但它指出了伴随胎面环带层分离测量的可能的问题。因为测量依赖平均能量的增加和谐波 CM 的偏移，对于待分析谐波的不慎重的选择，将有可能导致对胎面环带层分离的指示不准确。

[0040] 已指出的影响显示了加窗的必要，这里加窗意味着通过选择待研究谐波的范围，对感兴趣的各种不同现象进行分析。例如，通过使用上述方法研究从第 3 个谐波到第 n 个谐波范围内的谐波，能够测量胎面环带层分离和不均匀的磨损，这里 n 是关于胎面花纹的基波。通过选择从第 n 个谐波到第 m 个谐波范围内的谐波并测量平均能量，能够分析测试轮胎的胎面磨损，这里 m 是胎面花纹能量的高次谐波。通过观察谐波 1 和谐波 2，能够研究轮胎平衡和定位。在一个例示性实施方案中，n 可以是第 60 个谐波，而 m 可以是第 120 个谐波。根据谐波范围使用加窗方法，识别胎面环带层分离或其他轮胎异常的这种能力表明如下所示的分段函数的相关性：

$$G_j = \begin{cases} \frac{f(CM_j)}{G_0 g(E_{av})} & \text{当 } CM_0/a < CM_j \leq CM_0 \\ \frac{l(CM_j)}{G_0 m(E_{av})} & \text{当 } CM_j < CM_0/a \end{cases} \quad \text{方程 6}$$

这里 $f(CM_j)$ ， $g(E_{av})$ ， $l(CM_j)$ 和 $m(E_{av})$ 是根据经验确定的函数，它提供足够的测量范围，并且能够根据经验确定权重函数，以对研究现象提供足够的灵敏度。在方程 6 中，a 是一个需要恰当选择以正确区分状态的实值常数，因为据观察，对于质心的不同值，可以期望在不同现象演变中有所差别。方程 6 中定义的分段函数提供了用于许多函数的模板，这些函数能够用于测量胎面环带层分离、胎面磨损和不均匀的磨损，并且对它们进行恰当的识别。

[0041] 从而，在此已经对一种用于检测轮胎相关异常的设备和方法、尤其是一种使用微功率脉冲雷达和信号分析技术的设备和方法作了描述，上述信号分析技术包括将谐波范围作为检测轮胎异常或缺陷的特定类型的基础。使用本技术的多个优点可以体现在把实际使用的硬件简化到下述程度：无需作为内部补丁的专业附加软件或其他传感器，就能够在不改变轮胎本身的情况下，在任何充气轮胎中应用监测技术。尽管不需要专业附加软件，但是不应当排除在本发明技术中使用额外的轮胎硬件。

[0042] 尽管本发明已经通过具体实施方案进行了详细的描述，应当理解本领域技术人员一旦理解上述内容就可以很容易地提出对这种

实施方案的修正、变化和等同设计。因而，本公开的范围是通过实施方案来说明而不是被实施方案所限制，而且本发明不排除涵盖了对本发明所进行的对于本领域的普通技术人员而言显而易见的修正、变化和/或增补。

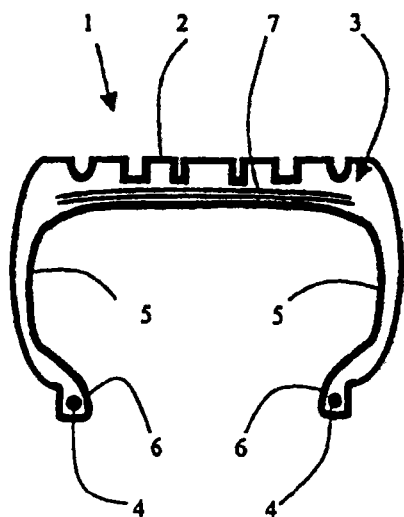


图 1

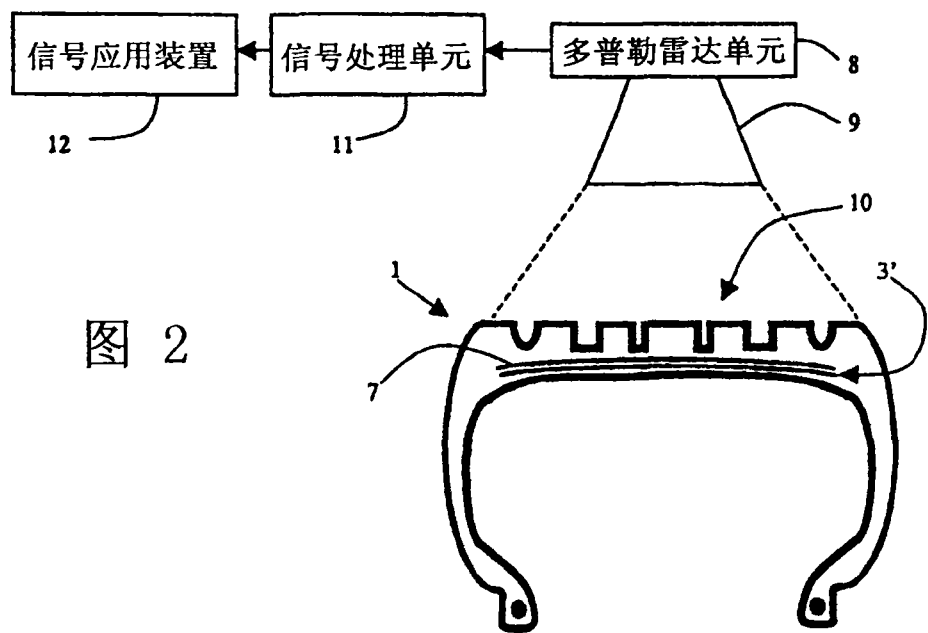


图 2

图 3

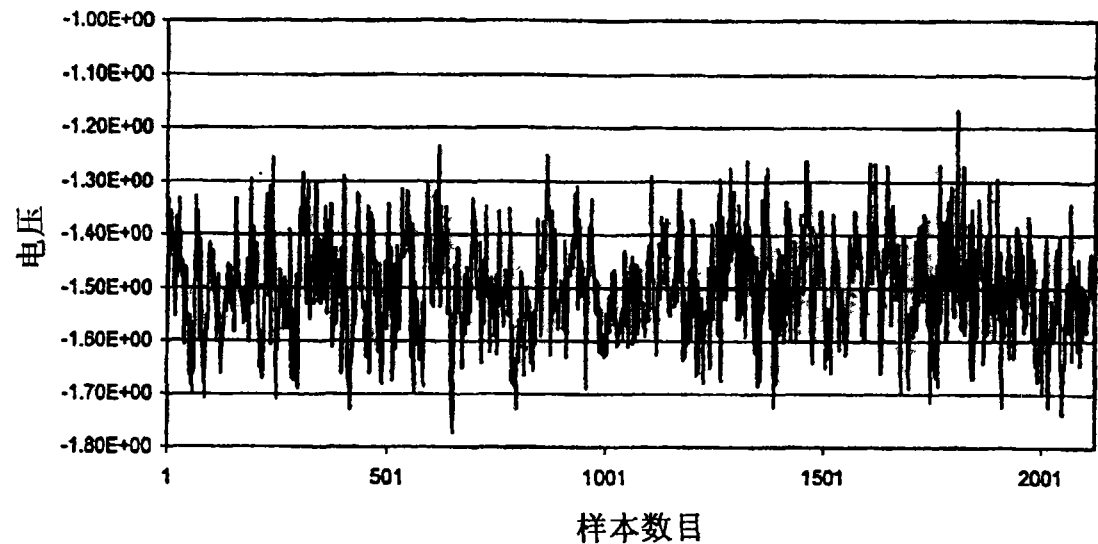


图 4

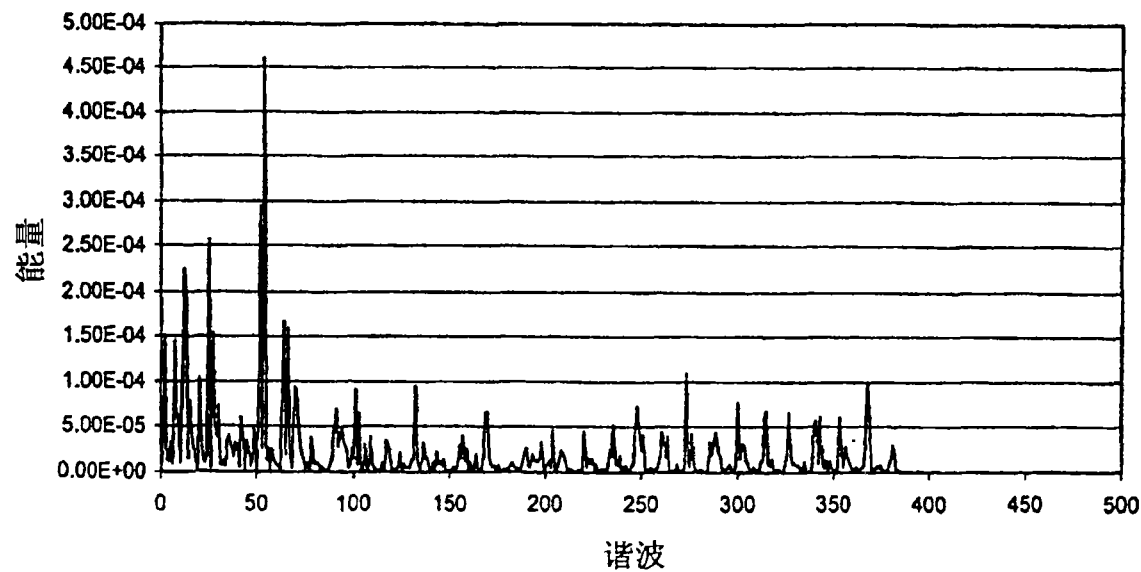


图 5

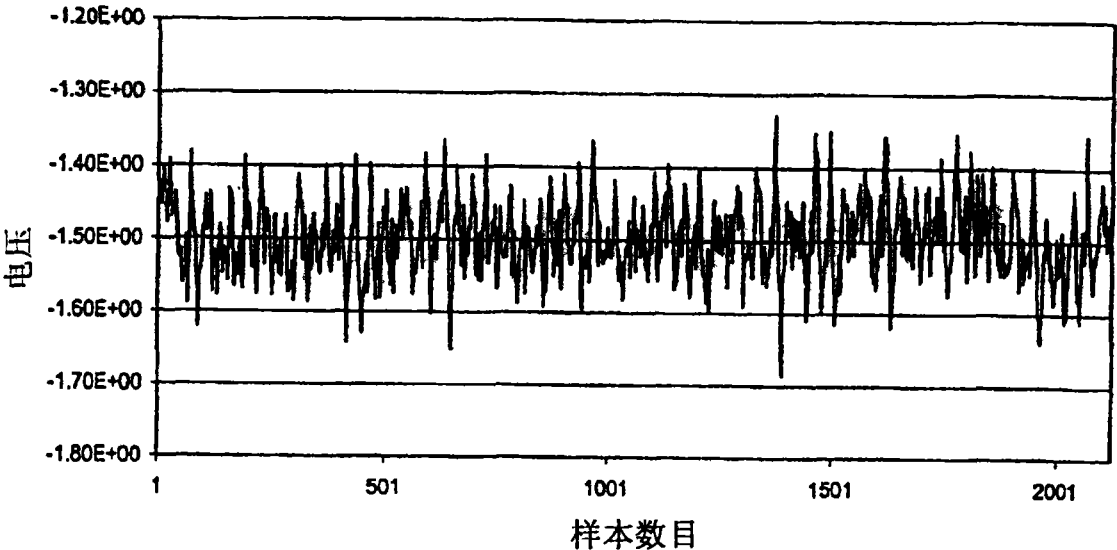


图 6

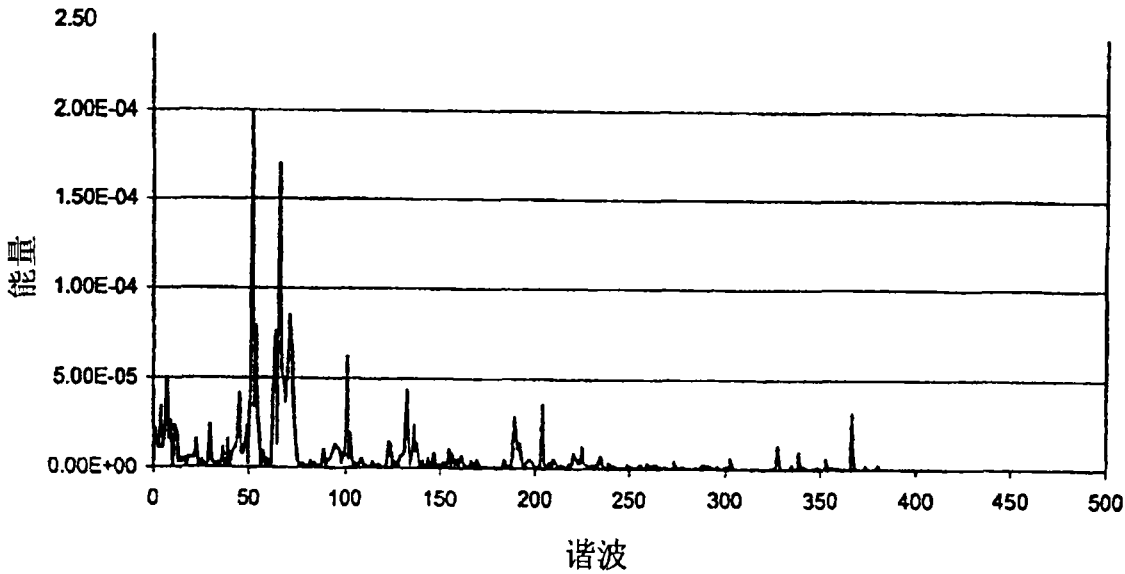


图 7

