

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 3/14 (2006.01)

G02B 26/02 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580010341.6

[43] 公开日 2007 年 3 月 28 日

[11] 公开号 CN 1938610A

[22] 申请日 2005.3.29

[21] 申请号 200580010341.6

[30] 优先权

[32] 2004.3.30 [33] GB [31] 0407240.1

[86] 国际申请 PCT/IB2005/051055 2005.3.29

[87] 国际公布 WO2005/096035 英 2005.10.13

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.29

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 A·H·J·伊明克

B·H·W·亨德里克斯 S·奎珀

I·F·赫尔韦根

M·A·J·范阿斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张雪梅 陈景峻

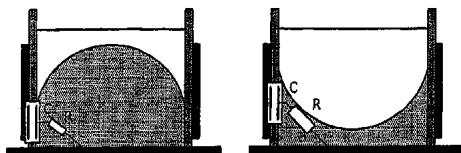
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 发明名称

可控光学透镜

[57] 摘要

一种可控光学透镜系统包括装有第一和第二流体的腔室，流体之间的界面定义透镜表面。电极装置控制透镜表面的形状并具有第一和第二电极。通过系统测定取决于第一和第二电极之间至少一种透镜流体的电阻的参数。因此透镜流体的串联电阻被用作弯月面位置的测量。



1、可控光学透镜系统，包括：

装有第一（10）和第二（12）流体的腔室，流体之间的界面定义透镜表面；

电极装置，对透镜表面形状进行电控制，此电极装置包括第一（14）和第二（16）电极；和

测定参数的装置（40, 42, 44, 46），该参数取决于通过第一和第二电极之间至少一种透镜流体（10）的电阻（ $R_{EW}$ ）。

2、如权利要求1所述的系统，其中测定装置用来测定第一和第二电极之间的电阻（ $R_{EW}$ ）和电容（ $C_{EW}$ ）。

3、如权利要求1或2所述的系统，其中测定装置包括：

交流电源（40）；

用于分析交流电源提供的电流的装置（42, 44）。

4、如权利要求3所述的系统，其中测定装置进一步包括串联在电源与第一和第二电极之一之间的第一电阻器（ $R_1$ ），并且其中用于分析交流电源提供的电流的装置（42, 44）分析第一电阻器上的电压降。

5、如权利要求4所述的系统，其中用于分析的装置用于测定系统响应的时间常数。

6、如权利要求4所述的系统，进一步包括第二串联电阻器（ $R_2$ ），其被选择性地接入具有第一电阻器（ $R_1$ ）的电路。

7、如权利要求6所述的系统，其中用于分析的装置用于测定包括和不包括第二串联电阻器的系统响应的第一和第二时间常数。

8、如权利要求7所述的系统，其中时间常数由最佳拟合分析获得。

9、如权利要求3至8中任一项所述的系统，其中用于测定的交流电源信号叠加在用于驱动透镜的直流电源信号上。

10、如上述任一项权利要求所述的系统，其中电极装置包括：

包括底部电极（14）和侧壁电极（16）的驱动电极装置。

11、如权利要求10所述的系统，其中侧壁电极（16）包括环绕着腔室的环形电极。

12、如权利要求10或11所述的系统，其中流体之一（10）和侧壁电极（16）重叠的面积依赖于透镜表面的位置进行变化，且侧壁电极（16）由比所述流体之一具有更高电阻的材料制成。

13、如权利要求 12 所述的系统，其中侧壁电极（16）由非金属制成。

14、如上述任一权利要求所述的系统，其中第一液体（10）包括极性的或导电的液体且第二液体（12）包括非导电液体。

15、用于感测可控光学透镜的透镜位置的方法，透镜包括装有第一和第二液体（10、12）的腔室，流体之间的界面定义透镜表面，和对透镜表面形状进行电控制的电极装置（14，16），此电极装置包括第一和第二电极（14，16），其中此方法包括：

测定参数，该参数取决于通过第一和第二电极之间至少一种透镜液体的电阻（ $R_{BV}$ ）；和

使用该参数确定透镜表面的位置。

16、如权利要求 15 所述的方法，进一步包括测定第一和第二电极之间的电容（ $C_{BV}$ ）。

17、如权利要求 15 或 16 所述的方法，其中测定参数包括测定透镜的充电时间常数。

18、如权利要求 17 所述的方法，其中测定参数包括测定透镜的两个充电时间常数，一个包括了附加的已知电阻（ $R_s$ ），另一个不包括，并进一步从两个时间常数的测量确定透镜的电容（ $C_{BV}$ ）和电阻（ $R_{BV}$ ）。

19、如权利要求 17 或 18 所述的方法，其中确定充电时间常数包括用 AC 电压驱动透镜。

20、如权利要求 17 或 18 所述的方法，其中确定充电时间常数包括用 DC 电压和较低电压方波 AC 电压的叠加驱动透镜。

21、如权利要求 17 或 18 所述的方法，其中确定充电时间常数包括用 DC 电压和较低电压正弦波 AC 电压的叠加驱动透镜并且测量电压和通过透镜的感应电流之间的相位关系。

22、如权利要求 17 至 21 其中任一项所述的方法，其中时间常数由最佳拟合分析获得。

23、如权利要求 17 至 21 其中任一项所述的方法，其中时间常数使用查找表获得。

## 可控光学透镜

本发明涉及一种可控光学透镜，更具体地使用所谓的电润湿原理（也就是公知的电毛细现象）。

电润湿透镜包括装有两种不可溶混流体例如电绝缘油和水基导电盐溶液的腔室，这些流体之间的弯月面形成折射率边界并由此实现透镜的功能。弯月面的形状是电可控的以改变透镜的光学能力。流体可以包括液体，蒸汽，气体，等离子体或其混合物。

透镜形状的电控制通过使用外部环形控制电极来获得，并利用电润湿效应来控制腔室外部边缘处的弯月面接触角，以此改变弯月面的形状。

电润湿透镜基本的设计和操作对本领域技术人员而言是已知的。作为例子，可参考 WO03/069380。

电润湿透镜是紧凑的并能不使用任何机械移动部件来提供变焦功能。他们被建议在不同的应用中使用，具体地在空间局限的地方和功率消耗被定在最小值的地方，例如在移动电话中用作自动聚焦的相机镜头。

为了提供反馈控制功能，已经认识到感测透镜的条件是可取的。由于（电极和流体之间）绝缘体的缓慢充电，电压和油-水弯月面的确切位置之间的关系受到漂移，反馈系统能将其补偿。如果变焦透镜使用多个可变透镜来实现，它就不可能通过多元件的透镜系统从光学测量唯一地导出透镜特征。因此也就希望能在此系统中测量每一个单独弯月面的形状。

常规的电润湿透镜具有底部电极和圆周形壁电极。已提出测量电极间的电容来提供有关透镜形状的反馈。具体地，当施加电压时弯月面的形状和位置发生变化，环形电极的有效尺寸发生变化（此有效尺寸取决于水与电极的接触面积，其随弯月面位置的变化而变化）。电容的最终变化能够被测量，并且此电容已经被认为是对测量透镜的屈光度相当准确的参数。

使用测得的电容来确定透镜位置要求绝缘涂层的厚度和介电常数已知。此厚度受每批次变化的影响。

根据本发明，提供一种可控光学透镜系统，包括：

装有第一和第二流体的腔室，流体之间的界面定义透镜表面；

电极装置，对透镜表面形状进行电控制，此电极装置包括第一和第二电极；和

用于测定参数的装置，该参数取决于通过第一和第二电极之间至少一种透镜流体的电阻。

本发明基于这样的认识，由于导电液体改变了形状，与透镜电容串联的电阻响应透镜的屈光度也要变化。因此，此串联电阻能用作弯月面位置的测量。

测定装置可用于测定第一和第二电极之间的电容和电阻。因此，电阻信息可以用来补充电容信息。

测定装置可包括交流电源和分析由交流电源提供的电流的装置。这就能够推导出流过透镜的电流针对交流激励的时间响应。此时间响应取决于透镜电极之间的电容和电阻。一较小交流电源信号被叠加使用在透镜的直流驱动电压上。

测定装置进一步包括第一电阻器，其串联在电源与第一和第二电极之一之间，其中用于分析由交流电源提供的电流的装置分析第一电阻器上的电压降。

此分析得出系统响应的时间常数。

在进一步的实施例中，测定装置进一步包括第二串联电阻器，其选择性地接入到第一电阻器的电路中。这就能够对于使用和不使用第二串联电阻器的系统的响应测定第一和第二时间常数。接下来，可以从两个时间常数来获得电阻和电容值。

本发明还提供一种感测可控光学透镜的透镜位置的方法，此透镜包括装有第一和第二流体的腔室，流体之间的界面定义透镜表面，和对透镜表面形状进行电控制的电极装置，此电极装置包括第一和第二电极，其中此方法包括：

测定参数，该参数取决于通过第一和第二电极之间至少一种透镜液体的电阻；和

使用此参数来确定透镜表面的位置。

此方法使用该电阻作为提供关于透镜弯月面位置的反馈的参数，或附加参数。

测定参数包括测定透镜的充电时间常数，或测定透镜的两个充电时间常数，一个使用了附加的已知电阻，另一个没有使用。在这种情况下，能从这两个时间常数测量得出透镜电容和电阻。

反馈能够通过使用 AC 探测电压或 DC 电压和更低的电压方波 AC 电压的叠加获得。

时间常数能够通过最佳拟合分析和/或使用查找表获得。

参照附图，将详细介绍本发明的示例，其中：

图 1 示出了电润湿透镜的已知设计；

图 2 示出了透镜液体的电阻怎样随着弯月面位置变化；

图 3 示出了本发明的测量方法的第一示例；

图 4 示出了本发明的透镜系统中的电路；

图 5 示出了为了获得图 6 到图 9 的结果图 4 中电路的实验操作；

图 6 示出了在两个不同电压驱动条件下透镜的时间响应；

图 7 示出了对图 6 曲线的分析；

图 8 示出了在两个不同电压驱动条件下和电路中有一附加电阻器时透镜的时间响应；

图 9 示出了对图 8 曲线的分析；

图 10 示出了能在本发明的系统中使用的一不同的透镜设计；

图 11 示出了使用图 10 的透镜的驱动和感测电路图。

图 1 示意性地示出了一已知电润湿透镜的设计。图 1 的左侧部分示出了透镜的内部。此透镜包括一腔室，其容纳一极性的和/或导电的液体例如基于盐水的组分 10（在下面简述为水）和非导电液体例如基于油的组分 12（下面简述为油）。底部电极 14 和圆周形侧电极 16 控制透镜的屈光力。侧电极与液体由形成腔室侧壁的绝缘体隔开，并且此绝缘层在透镜的电操作期间还充当电容器介电层。此操作对本领域技术人员而言是熟知的，可参考 WO03/069380。

本发明提供一可控光学透镜系统，其中使用第一和第二电极之间的通过透镜的电阻来提供透镜光学能力的反馈功能。

图 2 示意性地示出了透镜形状如何改变该电阻。在图 2 中，当透镜的位置从图的左侧部分变化到图的右侧部分时，R 和 C 都增加。对于直径近似为 1cm 的透镜的液体的典型电阻值为  $500\Omega$ （典型的液体是例如 0.1M KCl 水溶液）。例如为了防止液体凝固，如果提供更高的盐浓度，液体的电阻会更低。

由于电润湿透镜的电极是具有相当大阻值的 ITO 层，也在  $500\Omega$  量级，当前的实际条件稍微更复杂。为了减小电极电阻，至少可以对不在光路上的侧壁电极使用金属电极。

因此本发明一个可能的执行方案就是仅仅测量透镜的电阻，并且这可以使用简单的直流分析来完成。

然而，执行电阻和电容的组合测量而不是仅仅测量电阻，此组合测量相当于执行完整的脉冲响应测量。在下面给出的本发明的详细示例使用了基于透镜的电阻和电容的测量。

一种可能性是使用方波电压直接驱动电润湿透镜，并测量电流波形（例如通过将电流波形转换为电压波形），通过模数转换器进行抽样并进一步数字化地处理这个信号。

图 3 示出了如何使用响应于交流探测信号的电流波形的抽样来得出有关透镜时间常数的信息，该时间常数取决于电阻和电容的乘积。

如果是方波电压，RC 时间常数导致如图 3 所示的具有时间常数  $T = RC$  的电流的指数信号形状。正弦电压可以替代施加作为交流电压。在这种情况下，电压和感应电流之间的相位关系可用来确定 RC 时间常数。对本领域技术人员而言非常清楚有很多方法能确定 RC 值。

如果是方波电压，图 3 中的圆圈显示了能够测量透镜脉冲响应的曲线的可能抽样。从这个脉冲响应测量，有关实际透镜位置的更多准确信息都能获得。

图 2 中示意性地示出，RC 时间常数能提供与透镜位置唯一的联系，特别是当它们一起增加或减少时。因此像上面所述的简单的时间常数测量就足够了。作为各种可能的实施例之一，这可以通过对设置在交流电源和透镜之间的已知电阻  $R_m$  上的电压降进行抽样来完成。

然而，也希望区分 R 和 C 的值，这可以通过在增加一个小且与电润湿透镜串联的精确已知电阻器  $R_s$  后进行重复测量来获得。

时间常数因而为  $T = (R + R_s)C$ 。电容 C 可使用  $C = (T - t)/R_s$  进行计算并且

电润湿透镜的 R 值也能计算。

图 4 示出了实施这种方法的系统。此系统有交流电源 40，其输出经由测量电阻器  $R_m$  和附加的串联电阻器  $R_s$  提供给透镜。测量电阻器  $R_m$  两端的电压由能够获得瞬时电流测量的差分放大器 42 监测。经过转换器 44 进行 A/D 转换之后，分析其电流分布，然后就能获得时间常数。

这个附加的串联电阻器  $R_s$  通过短路开关 46 选择性地被接入电路或从电路断开。图 4 示出了具有串联电阻  $R_{EW}$  和电容  $C_{EW}$  的透镜 48。

图 5 示出了图 4 电路的实验操作。使用网络分析器对这个实验装置中的透镜进行测量。据发现透镜能被最佳地模拟为大约  $735\Omega$  的电阻器和  $69\text{pF}$  的电容器的串连连接。其他部件的值在图 5 中示出。使用  $170\text{ns}$  上升时间的方波型，给出如下实验结果：在 DC 电源电路中使用  $12\text{k}\Omega$  的大串联电阻器，以避免 DC 源的出端阻抗被 AC 电压测量而不是被电润湿透镜测量。在实际的操作中，AC 驱动包括在 DC 供电电路中。

该透镜初始仅与  $10\Omega$  测量电阻器串联连接。电流作为时间函数的指数衰减可通过测量测量电阻器  $R_m$  上的电压而测量。

图 6 示出了 DC 电压为  $0\text{V}$  (曲线 60) 和 DC 电压为  $100\text{V}$  (曲线 62) 的结果。这些 DC 电压被用于产生不同的弯月面位置。曲线 64 示出交流电源提供的阶跃电压变化。能够观察到时间常数的一明显不同。时间常数通过计算这个曲线的对数并使用下述等式描述的直线来拟合这个结果而获得：

$$\ln\left(e^{\frac{t}{\tau}}\right) = -\frac{t}{\tau}$$

随后通过使用对数查找表继之以简单的最小二次方线性拟合进行相似的步骤。图 7 中以相应的曲线 70 和 72 示出了对数结果。X 轴示出了样本数。

$390\Omega$  的附加的串联电阻器  $R_s$  增加到电路中。这使得外部总串联电阻等于  $390+10=400\Omega$ 。重复该测量示出了如图 8 和图 9 中所显示的结果。曲线 80 和 90 还是相应于  $0\text{V}$  的直流驱动并且曲线 82 和 92 相应于  $100\text{V}$  的直流驱动。

结果汇总在表 1 中。

表 1

表1：测量结果概要

测量	斜率	$\tau$ [μs]	R [Ω]	C [pF]
0V; 10 Ω	-0.00905736	55.204		
0V; 400 Ω	-0.0062758	79.67	880	62.7
100V; 10 Ω	-0.0043818	102.42		
100V 400 Ω	-0.0028989	172.5	570	179.6

显然在高电压（100V）时，弯月面较平并且电容如预料地高（179.6 pF），相当于图 2 右侧的情况。在这个示例中，电压足够高来提供凹面的弯月面。

对于低电压，结果反映图 1 左侧的情况并且具有 62.7 pF 的低电容。

然而，对于电阻，测量结果与预料不同。如图 2 所示，观察到对于更高的电压电阻减小，而期望更高的电压对应着电阻的增加。这个矛盾归因于 ITO 电极 14, 16。它们的电阻近似等于电润湿透镜液体的电阻。对于高电压和平坦或凹面的弯月面，液体与圆柱形壁接触的总面积减小导致了更低的电阻。这个影响明显大于如图 2 所示的圆柱体边缘附近减少的导电溶液体积的影响。

通过正确的模拟或测试，弯月面位置的电阻和电容的影响能预先知道，因此能利用电阻和电容的影响来测量弯月面的位置。电阻能单独使用或与电容组合使用来提供反馈功能。

高电极电阻的影响也能被增强，因此随着电极面积的增加电阻的减少变得更加明显。因此，例如非金属的更高电阻的电极被用来增强这个作用并因此使得电极电阻比导电的透镜液体的电阻更占优势。例如，壁电极可由比导电液体更高电阻的材料组成。

由于透镜的小电容，电极最终的额外电阻将影响透镜的响应时间。然而透镜的响应时间受流体动力学限制。当用大的对称 AC 电压驱动透镜以防止对透镜充电时，电极的这个串联电阻会引起无用的损耗。

因此有很多的方法使用电阻测量来提供透镜光学能力反馈，不同的方案适合于不同的电极和透镜材料。本发明旨在覆盖将电阻信息用作感测参数的任何应用，并且这个电阻并不是必须从此参数中提取，例如后来不用导出电阻值也能获得时间常数。作为一个示例，时间常数的信息也能从正弦施加电压和该电压引起的通过透镜的感应电流之

间的相位关系导出。

上面描述的电润湿透镜具有底部电极和圆周形壁电极。由于透镜的这一圆形对称结构，由重力或其他效应引起的弯月面形状的像差不能给予补偿。也不可能使用这个电极结构来测量弯月面形状的非对称变化。

本发明还能用于使用有角度分开的电极段的透镜设计。这些能够用来在围绕透镜不同角度的位置测量透镜的局部形状特征。以这种方式，能够测量非对称性。使用控制电极装置的适当设计，这个被测量得的非对称性也能被校正。

图 10 示出了电极装置其中壁电极 16 被分成大量的轴向电极 100 的排列。对每个单独的轴向电极和底部电极 14 之间路径进行电阻（也可以任选为电容）测量。

以这种方法，对每个电极 100 而言相应于底部电极 14 的测量都可以单独进行测量。这就不仅提供了有关透镜整体屈光度的信息，还提供了有关弯月面非对称形状的信息。

分段侧壁电极也允许每个电极 100 被驱动电压独立地驱动，此电压是测得的值和透镜要求的形状和屈光度的函数。当不同的电压施加到圆周上，液体和圆柱壁的角度在圆周上变化，其导致弯月面的形变。这可用作补偿由于重力效应造成的透镜像差。

驱动电压可被连续地计算出因此在透镜相应于重力场的每一个取向上像差都被最小化。用于执行这个控制方案的系统的框图在图 11 中示出。

每个电极 100 如上所述地连接到测量电路 110 来完成感测操作。当驱动电极 100 时，导电液体（水）与透镜圆柱体壁的夹角随着电压变化。电压的控制可以通过使用环路滤波器 112 完成，该滤波器从比较器 114 接收误差值。比较器 114 比较测量值和预期屈光力的参考值。环路滤波器执行线性控制方案，例如使用积分环路滤波器进行 PI（比例积分）控制。其变化较慢，所以也可能使用 DSP（数字信号处理器）基于测量值和参考值之间的比较的输出来计算电压。在那种情况下使用更复杂的非线性控制方案也就更容易了。

由滤波器或 DSP 控制的电压驱动器 116 为电极 100 提供驱动电压。

本发明提供的单电极方案和分段电极方案中的反馈信息，能以传统地方式给透镜光学能力提供反馈控制。为了这个目的单独的电容测量在先前已经以同样的方式提出了。

对本领域技术人员而言，各种其他的变型是明显的。

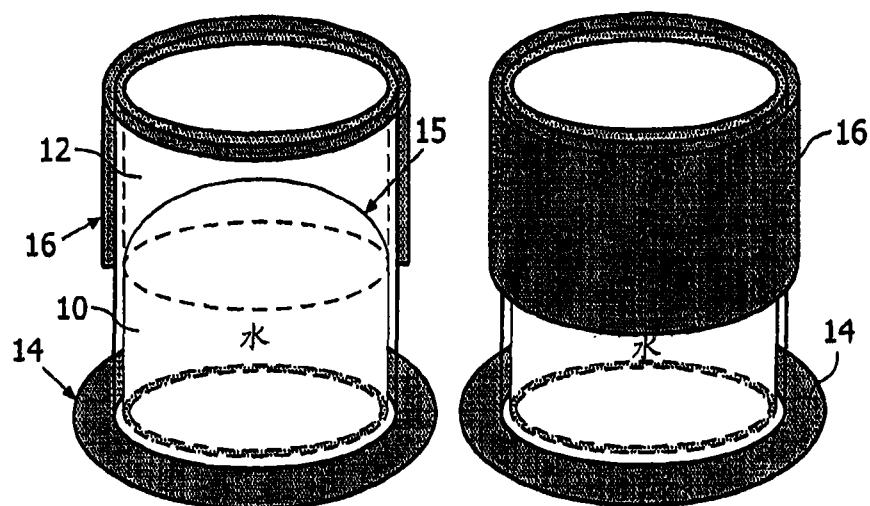


图 1

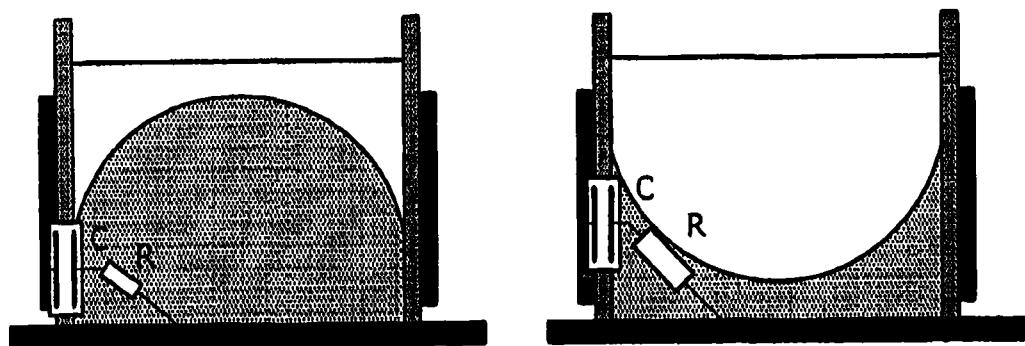


图 2

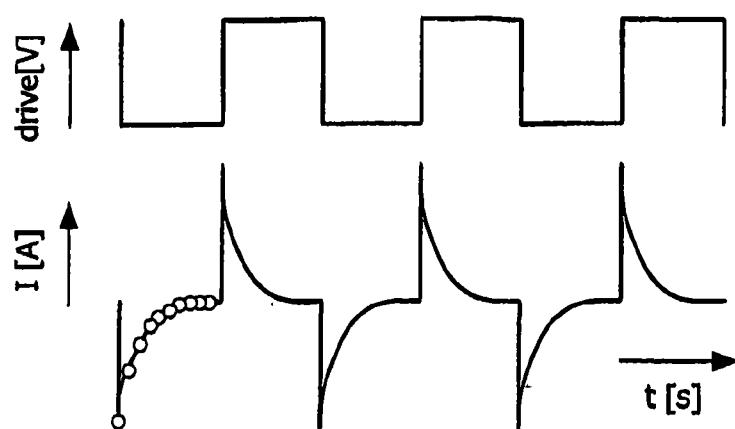


图 3

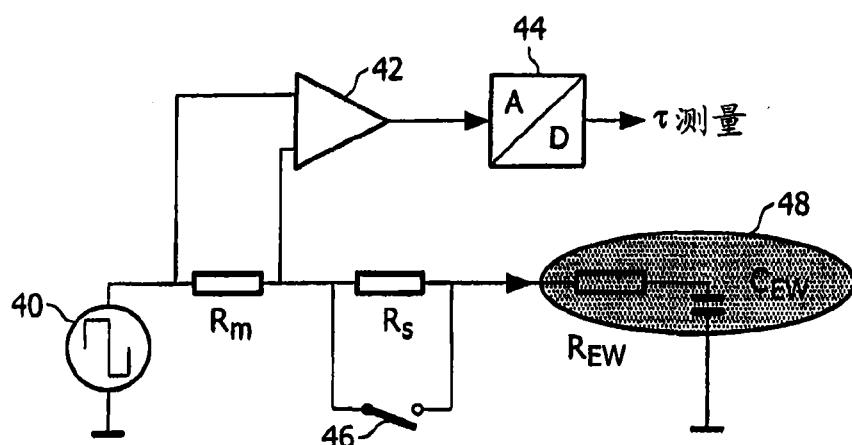


图 4

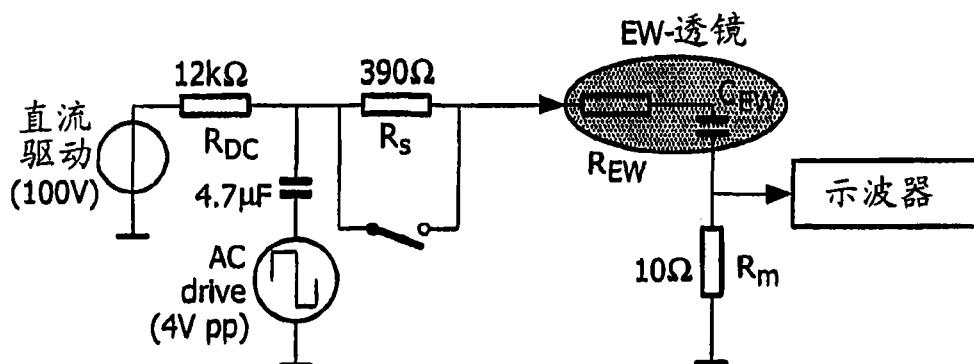


图 5

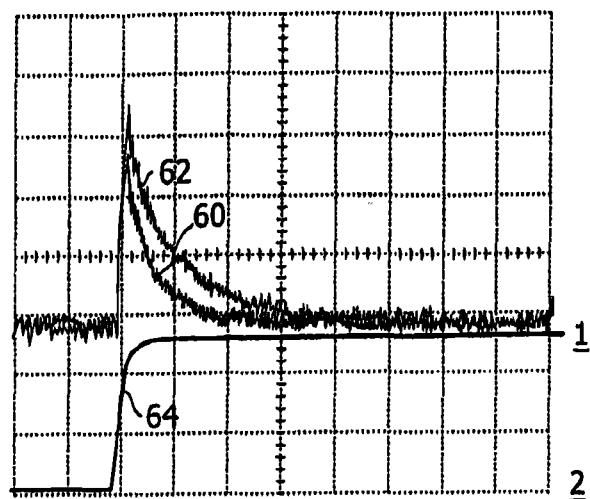


图 6

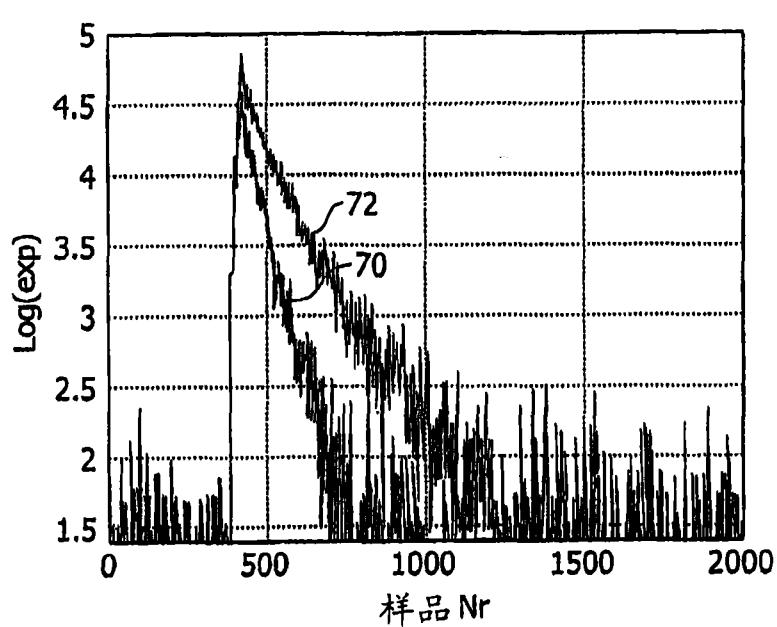


图 7

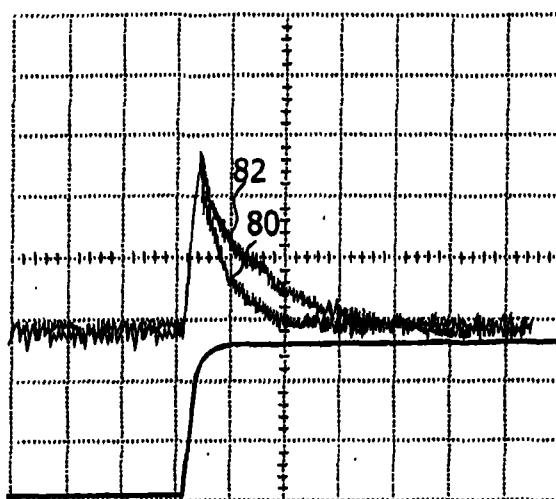


图 8

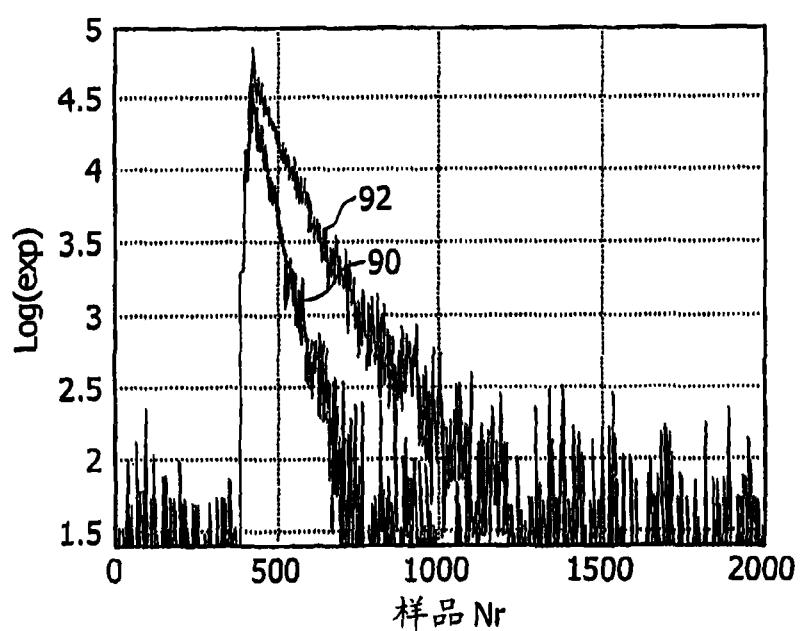


图 9

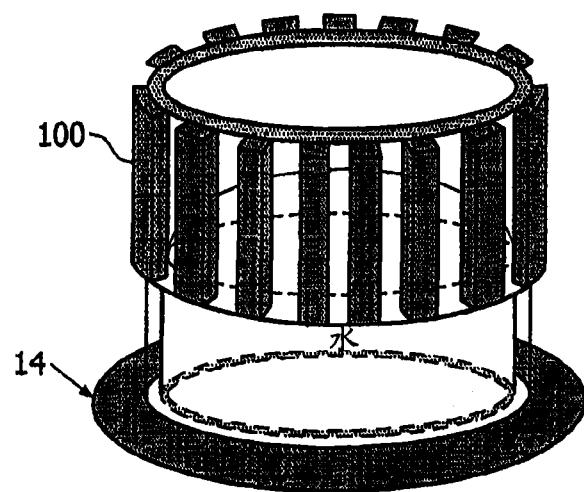


图 10

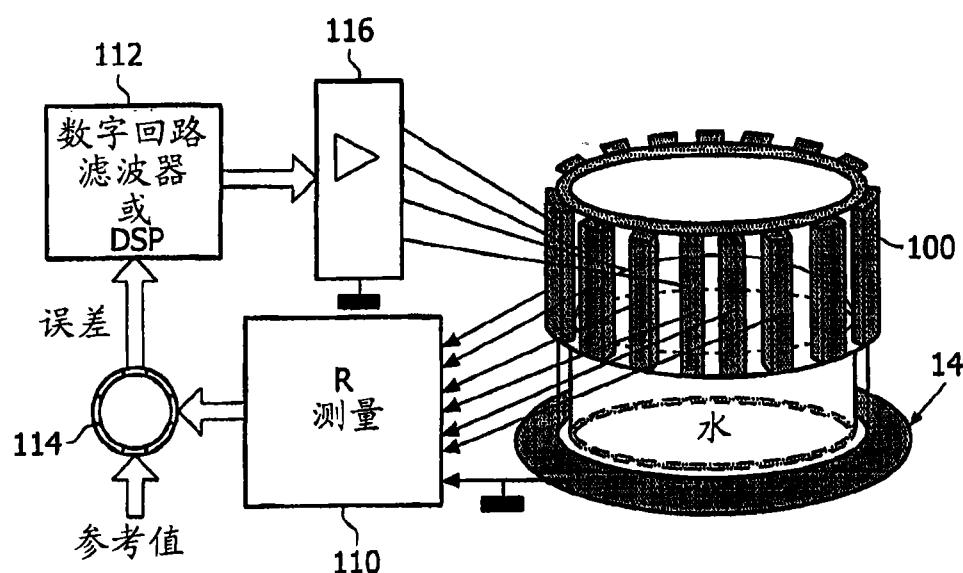


图 11