



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107110820 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(21)申请号 201580061752.1

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

(22)申请日 2015.11.06

务所(普通合伙) 11277

(30)优先权数据

代理人 刘新宇

2014-229614 2014.11.12 JP

(51)Int.Cl.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G01N 27/416(2006.01)

2017.05.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/081363 2015.11.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/076232 JA 2016.05.19

(71)申请人 旭化成株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 绫部雅朗 宇田川健

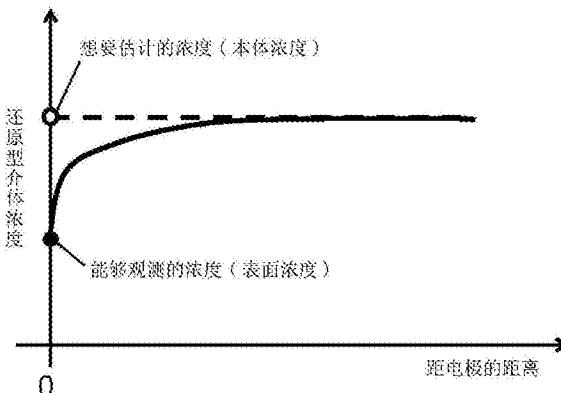
权利要求书3页 说明书14页 附图9页

(54)发明名称

平衡电位估计方法、平衡电位估计装置、浓度估计装置、程序、介质以及血糖估计装置

(57)摘要

提供一种氧化还原物质的平衡电位估计方法，包括以下阶段：第一阶段，对与含有氧化还原物质的样品相接触的电极施加电压，对电压进行扫描；第二阶段，测定流过电极的电流；第三阶段，在电流的累积值变为基准范围内时，决定是在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描，还是结束对电压的扫描；第四阶段，在决定为结束对电压的扫描时，将电压的值估计为氧化还原物质的平衡电位；以及第五阶段，在决定为对电压进行扫描时，在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描。



1. 一种氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,包括以下阶段:

第一阶段,对与含有氧化还原物质的样品相接触的电极施加电压,对所述电压进行扫描;

第二阶段,测定流过所述电极的电流;

第三阶段,在所述电流的累积值变为基准范围内时,决定是在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描,还是结束对所述电压的扫描;

第四阶段,在决定为结束对所述电压的扫描时,将所述电压的值估计为氧化还原物质的平衡电位;以及

第五阶段,在决定为对所述电压进行扫描时,在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描。

2. 根据权利要求1所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,

在所述第三阶段中,在所述电流的累积值变为所述基准范围内时,判定所述电压的扫描宽度、与所述扫描宽度对应的所述电流的变化量、或者与所述扫描宽度对应的所述累积值的变化量是否处于允许范围内,

在所述第四阶段中,在判定为处于所述允许范围内的条件下,将所述允许范围内的电压值估计为所述平衡电位,

在所述第五阶段中,在判定为处于所述允许范围外的情况下,在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描。

3. 根据权利要求1所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,

在所述第三阶段中,在所述扫描的次数小于N次的情况下,决定为在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描,在所述扫描的次数为N次的情况下,决定为结束对所述电压的扫描,其中,N为自然数,以下相同,

在所述第四阶段中,在所述扫描的次数为N次的情况下,将所述电压的值估计为所述平衡电位,

在所述第五阶段中,在所述扫描的次数小于N次的情况下,在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描。

4. 根据权利要求2所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,

反复执行所述第三阶段和所述第五阶段,直到判定为所述电压的扫描宽度、与所述扫描宽度对应的所述电流的变化量、或者与所述扫描宽度对应的所述累积值的变化量处于所述允许范围内为止。

5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,

调整所述电压的扫描速度,以使得从所述电流的累积值变为所述基准范围内时起至下一次所述电流的累积值变为所述基准范围内为止,对所述电压进行扫描的时间为固定时间。

6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,

在所述第五阶段中,以比之前的扫描阶段中的扫描速度慢的速度对所述电压进行扫描。

7. 根据权利要求6所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,  
所述第五阶段中的扫描速度是之前的扫描阶段中的扫描速度的0.1倍至0.8倍的速度。  
8. 根据权利要求7所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,  
所述第五阶段中的扫描速度是之前的扫描阶段中的扫描速度的0.2倍至0.7倍的速度。  
9. 根据权利要求8所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,  
所述第五阶段中的扫描速度是之前的扫描阶段中的扫描速度的0.4倍至0.6倍的速度。  
10. 根据权利要求2所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法,其特征在于,  
在所述第三阶段中,在所述累积值的符号发生了反转时,决定是否结束对所述电压的  
扫描。

11. 一种氧化还原物质的浓度估计方法,其特征在于,包括以下阶段:  
根据权利要求2所述的氧化还原物质的平衡电位估计方法中的所述第一阶段至所述第  
五阶段;以及

第六阶段,基于所述电压值来估计所述氧化还原物质的浓度。

12. 一种氧化还原物质的平衡电位估计装置,其特征在于,具备:  
电压施加部,其用于对与含有氧化还原物质的样品相接触的电极施加电压;  
电流测定部,其用于测定流过所述电极的电流;以及  
信号处理部,其对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部对所述电压进行扫  
描,并且在所述电流的累积值变为基准范围内时,该信号处理部决定是在与之前的扫描阶  
段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描,还是结束对所述电压的扫描,

其中,所述信号处理部在决定为结束对所述电压的扫描时,将所述电压的值估计为氧  
化还原物质的平衡电位,所述信号处理部在决定为对所述电压进行扫描时,对所述电压施  
加部进行指示,以使所述电压施加部在与之前的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫  
描。

13. 根据权利要求12所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置,其特征在于,  
在所述电流的累积值变为所述基准范围内时,所述信号处理部判定所述电压的扫描宽  
度、与所述扫描宽度对应的所述电流的变化量、或者与所述扫描宽度对应的所述累积值的  
变化量是否处于允许范围内,

所述信号处理部在判定为处于所述允许范围内的情况下,将所述允许范围内的电压值  
估计为所述平衡电位,所述信号处理部在判定为处于所述范围外的情况下,在与之前  
的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描。

14. 根据权利要求12所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置,其特征在于,  
在所述扫描的次数小于N次的情况下,所述信号处理部在与之前的扫描阶段中的扫描  
方向相反的方向上对所述电压进行扫描,其中,N为自然数,以下相同,

在所述扫描的次数为N次的情况下,所述信号处理部结束对所述电压的扫描,将所述电  
压的值估计为所述平衡电位。

15. 根据权利要求13所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置,其特征在于,  
所述信号处理部反复对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部在与之前  
的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描,直到所述电压的扫描宽度、与所述扫描宽度对  
应的所述电流的变化量、或者与所述扫描宽度对应的所述累积值的变化量变为所述允许范

围内为止。

16. 根据权利要求13所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置，其特征在于，

所述信号处理部调整所述电压的扫描速度，以使得从所述电流的累积值变为所述基准范围内起至下一次所述电流的累积值变为所述基准范围内为止，对所述电压进行扫描的时间为固定时间。

17. 根据权利要求13所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置，其特征在于，

在所述电压的扫描宽度不处于所述允许范围内时，所述信号处理部对所述电压施加部进行指示，以使所述电压施加部以比之前的扫描速度慢的速度对所述电压进行扫描。

18. 根据权利要求17所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置，其特征在于，

在所述电压的扫描宽度不处于所述允许范围内时，所述信号处理部对所述电压施加部进行指示，以使所述电压施加部以之前的扫描速度的0.1倍至0.8倍的速度对所述电压进行扫描。

19. 根据权利要求18所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置，其特征在于，

在所述电压的扫描宽度不处于所述允许范围内时，所述信号处理部对所述电压施加部进行指示，以使所述电压施加部以之前的扫描速度的0.2倍至0.7倍的速度对所述电压进行扫描。

20. 根据权利要求19所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置，其特征在于，

在所述电压的扫描宽度不处于所述允许范围内时，所述信号处理部对所述电压施加部进行指示，以使所述电压施加部以之前的扫描速度的0.4倍至0.6倍的速度对所述电压进行扫描。

21. 根据权利要求12至20中的任一项所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置，其特征在于，

在所述累积值的符号发生了反转时，所述信号处理部决定是否结束对所述电压的扫描。

22. 一种氧化还原物质的浓度估计装置，其特征在于，具备：

根据权利要求12至21中的任一项所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置；以及  
估计部，其基于所述电压的值来估计所述氧化还原物质的浓度。

23. 一种程序，其特征在于，使计算机作为根据权利要求12至21中的任一项所述的氧化还原物质的平衡电位估计装置中的所述信号处理部而发挥功能。

24. 一种程序，其特征在于，使计算机作为根据权利要求22所述的氧化还原物质的浓度估计装置中的所述信号处理部以及所述估计部而发挥功能。

25. 一种能够由计算机读取的介质，其特征在于，具有根据权利要求23或24所述的程序。

26. 一种血糖估计装置，其特征在于，具备：

根据权利要求22所述的氧化还原物质的浓度估计装置；以及  
所述电极。

## 平衡电位估计方法、平衡电位估计装置、浓度估计装置、程序、介质以及血糖估计装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种平衡电位估计方法、平衡电位估计装置、浓度估计装置、程序、介质以及血糖估计装置。

### 背景技术

[0002] 以往,关于估计氧化还原物质的浓度的浓度估计装置,已知一种测定对溶液施加了固定电压的情况下流过的电流值的装置。以往的浓度估计装置基于所测定出的电流值的变化来估计氧化还原物质的浓度(例如参照专利文献1、2)。

[0003] 专利文献1:日本特开2011-174943号公报

[0004] 专利文献1:日本特开2013-217933号公报

### 发明内容

[0005] 发明要解决的问题

[0006] 然而,在以往的浓度估计装置中,测定电流值不仅与氧化还原物质的浓度相应地变化,还与电极的面积、溶液的扩散系数等相应地变化,因此无法估计准确的浓度。另外,为了解决这些问题,还已知一种测定溶液的开路电压来估计浓度的方法,但是只要电极与溶液相接触就会发生氧化还原反应,因此无法准确地估计与溶液的浓度相应的电位。

[0007] 用于解决问题的方案

[0008] 在本发明的第一方式中,提供一种氧化还原物质的平衡电位估计方法,包括以下阶段:第一阶段,对与含有氧化还原物质的样品相接触的电极施加电压,对电压进行扫描;第二阶段,测定流过电极的电流;第三阶段,在电流的累积值变为基准范围内时,决定是在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描,还是结束对电压的扫描;第四阶段,在决定为结束对电压的扫描时,将电压的值估计为氧化还原物质的平衡电位;以及第五阶段,在决定为对电压进行扫描时,在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描。

[0009] 在本发明的第二方式中,提供一种氧化还原物质的平衡电位估计装置,具备:电压施加部,其用于对与含有氧化还原物质的样品相接触的电极施加电压;电流测定部,其用于测定流过电极的电流;以及信号处理部,其对电压施加部进行指示,以使电压施加部对电压进行扫描,并且在电流的累积值变为基准范围内时,该信号处理部决定是在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描,还是结束对电压的扫描,其中,信号处理部在决定为结束对电压的扫描时,将电压的值估计为氧化还原物质的平衡电位,信号处理部在决定为对电压进行扫描时,对电压施加部进行指示,以使电压施加部在与之前的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描。

[0010] 在本发明的第三方式中,提供一种氧化还原物质的浓度估计装置,具备:第二方式所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置;以及估计部,其基于电压值来估计氧化还原

物质的浓度。

[0011] 在本发明的第四方式中,提供一种程序,使计算机作为第二方式所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中的信号处理部而发挥功能。

[0012] 在本发明的第五方式中,提供一种能够由计算机读取的介质,具有第四方式所记载的程序。

[0013] 在本发明的第六方式中,提供一种血糖估计装置,具备第三方式所记载的氧化还原物质的浓度估计装置和电极。

[0014] 此外,上述的发明的概要并没有列举出本发明的全部特征。另外,这些特征群的子组合也能够另外形成发明。

## 附图说明

[0015] 图1示出平衡电位估计装置100的结构的一例。

[0016] 图2示出血糖估计装置300的结构的一例。

[0017] 图3示出还原型介体的浓度梯度。

[0018] 图4示出估计平衡电位的方法的一例。

[0019] 图5示出图4的时间B处的还原型介体的浓度梯度。

[0020] 图6示出图4的时间C处的还原型介体的浓度梯度。

[0021] 图7示出图4的时间D处的还原型介体的浓度梯度。

[0022] 图8示出图4的时间E处的还原型介体的浓度梯度。

[0023] 图9示出图4的时间F处的还原型介体的浓度梯度。

[0024] 图10示出平衡电位估计法所涉及的流程图的一例。

[0025] 图11示出溶液的浓度梯度对扫描速度的减少率的依赖性。

[0026] 图12示出扫描速度的减少率与平衡电位误差(mV)之间的关系。

[0027] 图13示出扫描速度的减少率与还原型介体的浓度梯度之间的关系。

[0028] 图14示出估计结束后的介体浓度比与浓度梯度之间的关系。

[0029] 图15示出估计结束后的介体浓度比与浓度梯度之间的关系。

[0030] 图16示出估计结束后的介体浓度比与浓度梯度之间的关系。

[0031] 图17示出估计结束后的介体浓度比与浓度梯度之间的关系。

[0032] 图18是用于说明作为现有技术的恒压电流测定法的图。

[0033] 图19示出本发明的实施方式所涉及的计算机1900的硬件结构的一例。

## 具体实施方式

[0034] 下面,通过发明的实施方式来说明本发明,但是以下的实施方式并不是对权利要求书所涉及的发明进行限定。另外,实施方式中所说明的特征的组合未必全部是发明的技术方案中必需的特征。

[0035] 图1示出平衡电位估计装置100的结构的一例。平衡电位估计装置100具备电压施加部20、电流测定部30、信号处理部40以及平衡电位估计部50。平衡电位估计装置100与同含有氧化还原物质的样品(溶液)相接触的电极10连接,估计溶液的平衡电位。在本说明书中,在简称为溶液的情况下,指的是成为平衡电位的估计对象的溶液。

[0036] 电极10与溶液中包含的氧化还原物质进行氧化还原反应,来进行电子的授受。电子的授受在电极10的表面进行。氧化还原物质例如是指氧化型介体和还原型介体。放出电子后的介体成为氧化型介体,接受到电子的介体成为还原型介体。

[0037] 电压施加部20对电极10施加电压。例如,在对被称为参照极的其它电极施加基准电压的同时对电极10施加电压。电压施加部20也可以对向电极10施加的电压进行扫描。扫描是指使向电极10施加的电压随时间发生变化。扫描不限于以固定的速度线性地使电压增大和减少,包含以任意的变化率使电压变化的情形。另外,扫描也可以还包含非线性的电压变化、离散的值连续的阶梯状的电压变化。

[0038] 电流测定部30测定流过电极10的电流。电流测定部30向信号处理部40发送所测定出的电流值。

[0039] 信号处理部40计算电流测定部30所测定出的电流的电流累积值。例如,电流累积值是指从电压施加部20对电极10施加电压起直到进行信号处理为止所流过的电流的总和。例如,在测定期间内,在从电极10向溶液的流入方向的电流的总量与从溶液向电极10的流出方向的电流的总量相同的情况下,电流累积值为0。在电流累积值变为基准范围内时,信号处理部40决定下一次电压施加部20对电极10施加的电压的条件。此处所说的基准范围也可以根据溶液而任意地变更。基准范围可以是从预先确定的值至正的允许误差的范围、从预先确定的值至负的允许误差的范围、或者从预先确定的值至正负的允许误差的范围。另外,在电流累积值变为基准范围内时,信号处理部40判定电压施加部20对电极10施加的电压是否已收敛。在该判定的结果是判定为已收敛的情况下,结束扫描。该结束的判定条件除了电压是否已收敛以外,也可以是,信号处理部40判定与电压的扫描宽度对应的电流的变化量是否在允许范围内。电流的变化量是否在允许范围内的判定是指,对与电压的扫描宽度对应地观测到的电流值的绝对值或电流值的 $\alpha$ 次方( $\alpha$ 是大于0的实数,以下相同)是否在固定的范围内进行判定、对电流值的绝对值或电流值的 $\beta$ 次方( $\beta$ 是小于0的实数,以下相同)是否在固定的范围外进行判定、或者对所观测到的电流的每次扫描的变化量是否在固定的范围内进行判定。也就是说,此处所说的判定是指,作为结果,判定电流是否收敛在允许范围内。此外,在本说明书中,变为基准范围内也可以包含以下情形:在基准范围的宽度为零的情况下,变为相应的基准值。

[0040] 另外,信号处理部40也可以判定与电压的扫描宽度对应的电流的累积值的变化量是否在允许范围内。累积值的变化量是否在允许范围内的判定是指,对与电压的扫描宽度对应地观测到的电流的累积值的绝对值或累积值的 $\alpha$ 次方是否在固定的范围内进行判定、对累积值的绝对值或累积值的 $\beta$ 次方是否在固定的范围外进行判定、或者对累积值的每一次扫描的变化量是否在固定的范围内进行判定。也就是说,此处所说的判定是指,作为结果,判定累积值是否收敛在允许范围内。并且,关于该结束的判定条件,也可以如实施了扫描的次数是否达到了固定次数以上、从测定开始时刻起经过的经过时间是否达到了固定时间以上那样,将基于扫描次数、测定时间的条件设为结束的判定条件。例如,在扫描的次数小于N次(N是自然数,以下相同)的情况下,信号处理部40决定在与之前的扫描阶段中的扫描方向相反的方向上对电压进行扫描,在扫描的次数为N次的情况下,信号处理部40决定结束对电压的扫描。

[0041] 平衡电位估计部50根据信号处理部40的信号处理结果来估计溶液的平衡电位。平

衡电位估计部50也可以将所估计出的平衡电位直接向用户输出。另外，平衡电位估计部50也可以根据所估计出的平衡电位来计算氧化型介体或还原型介体的浓度。

[0042] 图2示出血糖估计装置300的结构的一例。血糖估计装置300具备电极10以及与电极10连接的浓度估计装置200。

[0043] 血糖估计装置300估计血液内的葡萄糖(glucose)的浓度即血糖值。血糖估计装置300是根据氧化还原物质所引起的与电极10之间的氧化还原反应的反应量来估计氧化还原物质的浓度的装置的一例。即，血糖估计装置300通过变更溶液中发生反应的酶等，不限于估计血糖值，还能够同样地估计其它溶液的浓度。具有与血糖估计装置300相同的结构的装置能够在蛋白质、氨基酸、脂质等生体物质量测定、PH、有害物质等的环境测定以及食品检查等中使用。

[0044] 浓度估计装置200具备平衡电位估计装置100以及浓度估计部60。浓度估计部60基于平衡电位估计装置100所估计出的平衡电位来估计溶液的浓度。溶液的浓度可以是溶液中的氧化型介体或还原型介体的浓度。能够使用能斯特(Nernst)式来根据平衡电位计算溶液的浓度。能斯特式如以下那样表示。

[0045] [数式1]

$$[0046] E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \left( \frac{C_{ox}}{C_{red}} \right)$$

[0047] 在此，E表示平衡电位， $E_0$ 表示标准电极电位，R表示气体常数，T表示温度(K)，n表示移动电子个数，F表示法拉第常数， $C_{ox}$ 表示氧化型介体的浓度， $C_{red}$ 表示还原型介体的浓度。

[0048] 图3示出溶液中的还原型介体的浓度梯度。浓度梯度是指与距电极10的距离相对应的浓度的斜率。纵轴表示还原型介体浓度，横轴表示距电极10的表面的距离。在本说明书中，将电极10表面的浓度称为表面浓度，将距电极10表面远的位置的浓度称为本体浓度。距电极10表面远的位置是指溶液的浓度变为固定的位置。

[0049] 虚线表示理想的溶液的还原型介体浓度梯度。在理想的状态下，测定时溶液的还原型介体浓度梯度固定而与距电极10的距离无关。另一方面，实线表示电极10与溶液相接触的情况下的实际的浓度梯度。在实际的状态下，由于电极10与溶液的电化学势的不同而发生氧化还原反应。由此，实际的还原型介体的浓度梯度与理想的还原型介体的浓度梯度不同。

[0050] 在此，由平衡电位估计装置100估计的平衡电位是基于电极10与溶液之间的界面处的反应估计的，因此平衡电位估计装置100实际所能够估计的仅限于溶液的表面浓度。因而，为了更准确地估计溶液的浓度，需要使溶液的表面浓度与溶液的本体浓度相同。

[0051] 图4示出估计平衡电位的方法的一例。图4的(a)示出电压施加部20对电极10施加的电压随时间的变化。图4的(b)示出电流测定部30所测定的电流随时间的变化。图4的(c)示出信号处理部40所计算出的电流累积值随时间的变化。

[0052] 在期间A-B，电压施加部20从初始电压起以固定速度在使电压减少的方向上对电压进行扫描。时间A是电压施加部20对电极10施加初始电压的时间。如果使用本例的平衡电位估计法，则无论将初始电压取为哪个值都能够估计平衡电位。但是，如果将初始电压设定在根据溶液的特性预测出的平衡电位的附近，则会在短时间内完成估计。

[0053] 在期间A-B,电流测定部30检测正的电流,之后,检测负的电流。正的电流是指从电极10向溶液的流入方向的电流,负的电流是指流向与正的电流相反的方向的电流。在电流测定部30测定出正的电流的情况下,在电极10表面发生氧化反应,在电流测定部30测定出负的电流的情况下,在电极10表面发生还原反应。在期间A-B,电流从正向负切换,因此电流累积值描绘出山形的曲线。时间B是信号处理部40所计算出的电流累积值变为0的时间。电流累积值变为0的时间为施加电压的扫描速度的折返地点。此外,在本说明书中,将从扫描速度的折返地点起至下一个折返地点为止的期间称为一个循环。

[0054] 在期间B-C,电压施加部20对电极10施加扫描方向与期间A-B的扫描方向相反的电压。即,施加电压从比溶液的平衡电位小的值变为比溶液的平衡电位大的值。本例的期间B-C的扫描速度被控制为期间A-B的扫描速度的一半。由电流测定部30测定的电流从负的值变为正的值。点C是信号处理部40所计算出的电流累积值再次变为0的时间。

[0055] 在期间C-D和期间D-E,分别反复进行与期间A-B和期间B-C同样的循环。由此,在时间F,由电压施加部20施加的电压收敛。将收敛后的施加电压估计为溶液的平衡电位。反复进行本例的循环,直到施加电压收敛而估计出平衡电位为止。在其它例子中,可以反复进行循环直到经过预先确定的测定时间为止。

[0056] 在本例的平衡电位估计法中,控制对施加电压的扫描以使得电流累积值变为0,因此溶液中包含的电子的总量保持为与初始状态相同。也就是说,能够在不使溶液的特性相对于初始状态大幅度地变化的情况下进行非破坏性的测定。由于能够进行非破坏性的测定,因此本例的平衡电位估计法中使用的溶液能够再次在平衡电位的估计中使用。

[0057] 图5示出图4的时间B处的还原型介体的浓度梯度。纵轴表示还原型介体浓度,横轴表示距电极10的距离。在时间B,在电极10表面变为与对电极10施加的电压相应的浓度比。在时间B对电极10施加的电压低于本体浓度的平衡电位,因此还原型介体的表面浓度比本体浓度大。

[0058] 图6示出图4的时间C处的还原型介体的浓度梯度。在时间C,电压施加部20对电极10施加的电压与平衡电位之差比时间B的情况下的电压施加部20对电极10施加的电压与平衡电位之差小。另外,在时间C,在电极10附近,还原型介体的浓度梯度小于时间B的情况下的还原型介体的浓度梯度。

[0059] 图7示出图4的时间D处的还原型介体的浓度梯度。在时间D,电压施加部20对电极10施加的电压与平衡电位之差比时间C的情况下的电压施加部20对电极10施加的电压与平衡电位之差小。在时间D,在电极10附近,还原型介体的浓度梯度小于时间C的情况下的还原型介体的浓度梯度。

[0060] 图8示出图4的时间E处的还原型介体的浓度梯度。在时间E,电压施加部20对电极10施加的电压与平衡电位之差比时间D的情况下的电压施加部20对电极10施加的电压与平衡电位之差小。在时间E,在电极10附近,还原型介体的浓度梯度小于时间D的情况下的还原型介体的浓度梯度。

[0061] 图9示出图4的时间F处的还原型介体的浓度梯度。在时间F,还原型介体的表面浓度与还原型介体的本体浓度相等。即,能够获得与距电极10的距离无关而为固定的还原型介体浓度。

[0062] 如上述那样,本实施方式所涉及的平衡电位估计装置100通过控制对电极10施加

的电压来消除溶液的浓度梯度。由此,平衡电位估计装置100能够准确地估计溶液的平衡电位。

[0063] 图10示出平衡电位估计法所涉及的流程图的一例。平衡电位估计装置100通过执行步骤S100至步骤S110来估计平衡电位。

[0064] 在步骤S100中,信号处理部40设定初始电压、初始扫描速度以及初始扫描方向。如果使用本实施方式所涉及的平衡电位估计法,则只要任意地设定初始电压、初始扫描速度以及初始扫描方向就能够估计平衡电位。但是,通过将初始电压、初始扫描速度以及初始扫描方向设定为更加适当的值,能够缩短估计平衡电位所需要的时间。

[0065] 在步骤S101中,电压施加部20对电极10施加电压。在步骤S102中,电流测定部30测定流过电极10的电流。

[0066] 在步骤S103中,信号处理部40计算电流累积值。在步骤S104中,信号处理部40判定电压施加部20是否在使施加电压减少的方向上进行扫描。当在使施加电压减少的方向上进行扫描的情况下,前进到步骤S105,当在使施加电压增加的方向上进行扫描的情况下,前进到步骤S106。

[0067] 在步骤S105中,信号处理部40判定电流累积值是否为负。在电流累积值为负的情况下,前进到步骤S107,在电流累积值为正的情况下,前进到步骤S109。另一方面,在步骤S106中,信号处理部40判定电流累积值是否为正。在电流累积值为正的情况下,前进到步骤S107,在电流累积值为负的情况下,前进到步骤S109。

[0068] 在步骤S107中,信号处理部40判定施加电压的变动是否已收敛。基于预先确定的电压的扫描宽度是否在允许范围内来决定施加电压的变动是否已收敛。在判定为施加电压已收敛的情况下,前进到步骤S110,在判定为施加电压没有收敛的情况下,前进到步骤S108。

[0069] 在步骤S108中,信号处理部40使电压的扫描方向反转。另外,信号处理部40也可以在步骤S108中使扫描速度减少。随着反复进行循环而向平衡电位收敛,因此一个循环的时间变短。因此,通过使扫描速度减少,能够减小一个循环的时间差。例如,信号处理部40在每次执行步骤S108时,使扫描速度以预先确定的扫描速度的减少率减少。在该情况下,扫描速度以减少率的乘方减少。另外,信号处理部40可以对扫描速度进行控制,以使得各循环的时间为固定时间。这样,信号处理部40在每次估计平衡电位时变更电压的扫描速度,因此与扫描速度固定的情况相比,更易于向平衡电位收敛。当执行步骤S108时,前进到步骤S109。

[0070] 在步骤S109中,以当前的扫描速度和扫描方向决定下一次施加的电压。在执行了步骤S108的情况下,当前的扫描速度和扫描方向是指步骤S108中设定的扫描速度和扫描方向。信号处理部40决定下一次对电极10施加的电压,前进到步骤S101。

[0071] 在步骤S110中,平衡电位估计部50将电压施加部20所施加的电压估计为平衡电位。平衡电位估计装置100也可以向外部输出所估计出的平衡电位。在执行了步骤S110的情况下,结束平衡电位的估计。

[0072] 平衡电位估计装置100反复进行步骤S101至步骤S109,直到步骤S107中中施加电压收敛为止。本例的平衡电位估计法基于步骤S104中判定出的施加电压的扫描方向、以及步骤S105和步骤S106中的电流累积值的正负,来决定是否在步骤S108中使扫描方向反转。由此,即使在向远离平衡电位的方向对施加电压进行扫描的情况下,也能够将扫描方向控

制为向平衡电位接近的方向。

[0073] 图11示出溶液的浓度梯度对扫描速度的减少率的依赖性。纵轴表示表面浓度与溶液的本体浓度之比(%)，横轴表示介体浓度比。另外，各曲线表示使扫描速度的减少率从0.1变化到1.0的情况下仿真的结果。测定开始时的扫描速度为1.0V/sec。此外，介体浓度比是指还原型介体相对于氧化型介体与还原型介体之和的比。介体浓度比是在稳定于平衡状态的状态下测定的。

[0074] 表面浓度与本体浓度之比为100(%)的情况表示溶液的表面浓度与本体浓度变得相等。在本例中示出如下情形：在扫描速度的减少率为0.2~0.6的情况下，在任一介体浓度比时，表面浓度与本体浓度之比都为接近100(%)的值。

[0075] 基于测量时间、介体浓度梯度、电压扫描的循环时间等决定扫描速度的减少率。例如，扫描速度的减少率被设定为能够在能够允许的测量时间内结束估计的值。另外，可以使在电压扫描的一个循环内对溶液产生影响的、距电极10表面的距离相等的方式决定扫描速度的减少率。对溶液产生影响是指由于电极10与溶液之间的反应而溶液的浓度发生变化。根据一个循环的时间的长度以及溶液的扩散系数等决定对溶液产生影响的距电极10表面的距离。即，基本上一个循环的时间越长，能够对距电极10越远的位置产生影响。

[0076] 图12示出扫描速度的减少率与平衡电位误差(mV)之间的关系。在本例中，使扫描速度的减少率从0.1变化到1.0。介体浓度比分别为1/1000、4/1000、1/10、5/10以及9/10。平衡电位误差表示使用各扫描速度的减少率估计出的平衡电位与理论上的平衡电位之间的差。

[0077] 例如，在1/1000的介体浓度比时，在扫描速度的减少率为0.1至0.7的情况下，平衡电位误差收敛在0.1mV以内。另一方面，在扫描速度的减少率为0.8至1.0的情况下，平衡电位误差为0.1mV以上，平衡电位在不消除浓度梯度的位置收敛。在本例中，在扫描速度的减少率为0.1至0.7的情况下，能够判断平衡电位误差足够小。另外，在其它介体浓度比时，在扫描速度的减少率为0.2至0.7的情况下，平衡电位误差为0mV附近。但是，在扫描速度的减少率为0.1和0.2的情况下，有时扫描过慢而不收敛在测量时间内。例如，在测量时间为一分钟且将一分钟以上的时间设为终止的条件下，优选将扫描速度的减少率设为0.4以上。

[0078] 图13至图17示出还原物质浓度的浓度梯度的仿真结果。本例的仿真使介体浓度比按五种方式变化而得到的结果。各仿真结果示出电压收敛之后的、介体浓度比与浓度梯度之间的关系。

[0079] 图13示出扫描速度的减少率与还原型介体的浓度梯度之间的关系。本例的介体浓度比为1/1000。在曲线图中，示出扫描速度的减少率、以及还原型介体的表面浓度与还原型介体的本体浓度之差。在使减少率从1.0变化到0.1的情况下，还原型介体的表面浓度相对于本体浓度的误差的大小分别为+3%、+2.5%、+0.6%、-0.15%、-0.055%、-0.035%、-0.0065%、-0.008%、-0.005%、-0.3%。

[0080] 图14示出扫描速度的减少率与还原型介体的浓度梯度之间的关系。本例的介体浓度比为4/1000。在使减少率从1.0变化到0.1的情况下，还原型介体的表面浓度相对于本体浓度的误差的大小分别为+12.5%、+12.5%、+1.25%、-0.375%、-0.075%、-0.03%、-0.025%、-0.025%、-0.025%、+2%。

[0081] 图15示出扫描速度的减少率与还原型介体的浓度梯度之间的关系。本例的介体浓

度比为1/10。在使减少率从1.0变化到0.1的情况下,还原型介体的表面浓度相对于本体浓度的误差的大小分别为+30%、+25%、+2%、+3%、-0.075%、-0.02%、-0.012%、-0.013%、+0.03%、+4%。

[0082] 图16示出扫描速度的减少率与还原型介体的浓度梯度之间的关系。本例的介体浓度比为5/10。在使减少率从1.0变化到0.1的情况下,还原型介体的表面浓度相对于本体浓度的误差的大小分别为+12%、+10%、+8%、-0.08%、-0.04%、-0.02%、-0.01%、-0.012%、-0.16%、-10%。

[0083] 图17示出扫描速度的减少率与还原型介体的浓度梯度之间的关系。本例的介体浓度比为9/10。在使减少率从1.0变化到0.1的情况下,还原型介体的表面浓度相对于本体浓度的误差的大小分别为-6.667%、-5.556%、+0.667%、+0.189%、-0.0667%、-0.0133%、-0.0133%、-0.0222%、+0.1667%、+7.7778%。

[0084] 根据图12至图17的结果,电位下降速率的范围可以为0.1倍至0.8倍。更理想的是电位下降速率的范围为0.2倍至0.7倍的速度。进一步理想的是,电位下降速率的范围为0.4倍至0.6倍。实际使用的电位下降速率只要考虑估计时间和估计精度而设定即可。

[0085] 此外,在电位下降速率为1的情况下,原理上也能够估计平衡电位。存在以下情况:即使在这样不使扫描速度减少的情况下电压也收敛,且介体浓度与平衡电位具有相关关系。另外,在介体浓度与平衡电位之间取得了相关关系情况下,即使所估计出的平衡电位与实际的平衡电位之间发生了偏移,也能够通过画出检量线来估计介体浓度。

[0086] 图18是用于说明作为现有技术的恒压电流测定法的图。曲线图表示电流值随时间的变化。图18的(a)至图18的(d)示出电极10和时间a~时间d的各时间时的与距电极10的距离相对应的溶液的浓度。

[0087] 图18的(a)是作为测定开始时的时间a的溶液浓度梯度的示意图。在时间a,溶液的浓度与距电极10的距离无关而为均一的浓度。即,溶液的表面浓度与本体浓度相等。

[0088] 图18的(b)是时间b的溶液浓度梯度的示意图。在时间b,从电极10的附近起浓度逐渐变稀。即,溶液的表面浓度下降。

[0089] 图18的(c)是时间c的溶液浓度梯度的示意图。在时间c,从电极10的附近起浓度进一步变稀。在时间c,直到距电极10的距离比时间b的距电极10的距离远的位置为止,溶液的浓度变稀。溶液的浓度变稀的距离依赖于溶液的扩散系数而决定。

[0090] 图18的(d)是时间d的溶液浓度梯度的示意图。在时间d,对测定物质的扩散进行控速。在时间d,直到距电极10的距离比时间c的距电极10的距离更远的位置为止,溶液的浓度变稀。

[0091] 在恒压电流测定法中,根据流过电极10的电流的变化来估计浓度。例如,电流的变化是指电流的斜率。在此,恒压电流测定的理论式如以下那样。

[0092] [数2]

$$[0093] i = nFAC \left( \sqrt{\frac{D}{\pi t}} \right)$$

[0094] 在此,n和F表示常数,A表示电极面积,C表示溶液浓度,D表示扩散系数,t表示时间。

[0095] 平衡电位估计法与恒压电流测定法相比具有各种优点。第一,与恒压电流测定法相比,在平衡电位估计法中,不受电极面积的影响。在恒压电流测定法中,电流与电极面积A成比例,因此需要对电极的加工精度高。例如,为了使恒压电流测定法的测定精度提高,使用金等高价的材料来提高对电极的加工精度。另一方面,在平衡电位估计法中,进行控制以使得电流累积值为0,因此不存在电极面积A的影响。也就是说,不需要对电极10的加工精度,因此能够使用表面粗糙的碳等材料。与金等材料相比,碳的材料费用低廉,因此能够降低制造成本。

[0096] 第二,在平衡电位估计法中,与恒压电流测定法相比,不受扩散系数的影响。在恒压电流测定法中,电流与溶液的扩散系数相应地变化。另外,在估计血糖值的情况下,血液的扩散系数存在个体差,因此即使血糖值相同,估计结果也会产生不同。另一方面,在平衡电位估计法中,进行控制以使得电流累积值为0,因此不存在扩散系数的影响。即,当使用平衡电位估计法时,能够与因血液的个体差产生的扩散系数的不同无关地准确地估计血糖值。

[0097] 第三,与恒压电流测定法相比,在平衡电位估计法中,干扰物质的影响小。干扰物质是指由于对电极10施加电压而在电极10的表面进行氧化还原反应的物质。在恒压电流测定法中,为了使存在于电极10的表面的还原型介体全部氧化,需要对电极10施加高的电压。由此,大部分干扰物质在电极10的表面被氧化,在电极10除了流过由于还原型介体的氧化而产生的电流以外,还流过由于干扰物质被氧化而产生的电流,从而测定电流值增加,因此无法准确地估计溶液的浓度。另一方面,与恒压电流测定法相比,在平衡电位估计法中,所施加的电压低,由于干扰物质被氧化而产生的电流少。因此,与恒压电流测定法相比,在平衡电位估计法中,干扰物质的影响少,从而能够进行更高精度的估计。

[0098] 此外,在恒压电流测定法中,持续进行氧化和还原中的某一方的反应来进行测定。另一方面,在平衡电位估计法中,是反复进行氧化和还原这两方的反应的非破坏性的测定,因此能够对相同的溶液进行反复测定。也就是说,能够在经过固定时间后再次对通过平衡电位估计法测定过的溶液进行测定,因此能够检测溶液随时间的变化。如以上那样,平衡电位估计法存在能够提高信噪(S/N)比且将测定对象设为更广范围的优点。

[0099] 图19示出本实施方式所涉及的计算机1900的硬件结构的一例。本实施方式所涉及的计算机1900具备:CPU周边部,其具有通过主控制器2082而相互连接起来的CPU 2000、RAM 2020、图形控制器2075以及显示装置2080;输入输出部,其具有通过输入输出控制器2084而与主控制器2082连接的通信接口2030、硬盘驱动器2040以及CD-ROM驱动器2060;以及传统(legacy)输入输出部,其具有与输入输出控制器2084连接的ROM 2010、软盘驱动器2050及输入输出芯片2070。

[0100] 主控制器2082将RAM 2020和以高传送速率访问RAM 2020的CPU 2000及图形控制器2075连接。CPU 2000基于保存在ROM 2010和RAM 2020中的程序来进行动作,从而进行各部的控制。图形控制器2075获取由CPU 2000等在设置于RAM 2020内的帧缓冲器上生成的图像数据,并使该图像数据显示在显示装置2080上。也可以代替上述方式,图形控制器2075在内部包含用于保存CPU 2000等所生成的图像数据的帧缓冲器。

[0101] 输入输出控制器2084将主控制器2082和作为比较高速的输入输出装置的通信接口2030、硬盘驱动器2040以及CD-ROM驱动器2060连接。通信接口2030经由网络来与其它装

置之间进行通信。硬盘驱动器2040保存计算机1900内的CPU 2000所使用的程序和数据。CD-ROM驱动器2060从CD-ROM 2095读取程序或数据,经由RAM 2020而向硬盘驱动器2040提供该程序或数据。

[0102] 另外,输入输出控制器2084与ROM 2010、以及软盘驱动器2050和输入输出芯片2070这种比较低速的输入输出装置相连接。ROM 2010保存计算机1900启动时所执行的引导程序和/或依赖于计算机1900的硬件的程序等。软盘驱动器2050从软盘2090读取程序或数据并经由RAM 2020向硬盘驱动器2040提供该程序或数据。输入输出芯片2070将软盘驱动器2050连接到输入输出控制器2084,并且例如经由并行端口、串行端口、键盘端口、鼠标端口等将各种输入输出装置连接到输入输出控制器2084-。

[0103] 经由RAM 2020向硬盘驱动器2040提供的程序是被保存于软盘2090、CD-ROM 2095或IC卡等记录介质而被利用者提供的。程序从记录介质被读出,经由RAM 2020而被安装在计算机1900内的硬盘驱动器2040,并在CPU2000中被执行。

[0104] 被安装于计算机1900且使计算机1900作为信号处理部40而发挥功能的程序具备信号处理模块。这些程序或模块在CPU 2000等中发挥作用,来使计算机1900作为信号处理部而发挥功能。

[0105] 这些程序所描述的信息处理通过被读入到计算机1900中来作为软件与上述的各种硬件资源协同工作的具体单元即信号处理部40而发挥功能。而且,通过利用这些具体的单元实现与本实施方式中的计算机1900的使用目的相应的信息的运算或加工,来构建与使用目的相应的特有的信号处理部40。

[0106] 被安装于计算机1900且使计算机1900作为浓度估计装置200而发挥功能的程序具备电压施加模块、电流测定模块、信号处理模块、平衡电位估计模块以及浓度估计模块。这些程序或模块在CPU 2000等中发挥作用,来分别使计算机1900作为浓度估计装置而发挥功能。

[0107] 这些程序所描述的信息处理通过被读入到计算机1900中来作为软件与上述的各种硬件资源协同工作的具体单元即电压施加部20、电流测定部30、信号处理部40、平衡电位估计部50以及浓度估计部60而发挥功能。而且,通过利用这些具体的单元实现与本实施方式中的计算机1900的使用目的相应的信息的运算或加工,来构建与使用目的相应的特有的浓度估计装置200。

[0108] 作为一例,在计算机1900与外部的装置等之间进行通信的情况下,CPU2000执行装载到RAM 2020上的通信程序,基于通信程序所描述的处理内容来对通信接口2030指示通信处理。通信接口2030接受CPU 2000的控制,来读出在RAM 2020、硬盘驱动器2040、软盘2090或CD-ROM 2095等存储装置上设置的发送缓冲器区域等中存储的发送数据后向网络发送,或者将从网络接收到的接收数据写入设置于存储装置上的接收缓冲器区域等。这样,通信接口2030既可以通过DMA(直接存储器存取)方式来与存储装置之间传送发送接收数据,也可以代替所述方式,通过由CPU 2000从传送源的存储装置或通信接口2030读出数据并向传送目的地的通信接口2030或存储装置写入数据,来传送发送接收数据。

[0109] 另外,CPU 2000从保存在硬盘驱动器2040、CD-ROM驱动器2060(CD-ROM 2095)、软盘驱动器2050(软盘2090)等外部存储装置中的文件或数据库等中将全部或需要的部分通过DMA传送等读入到RAM 2020中,并对RAM 2020上的数据进行各种处理。然后,CPU 2000将

已结束处理的数据通过DMA传送等写回到外部存储装置中。在这样的处理中, RAM 2020被视 为暂时保持外部存储装置的内容的单元, 在本实施方式中, 将RAM 2020和外部存储装置等 总称为存储器、存储部或存储装置等。本实施方式中的各种程序、数据、表、数据库等各种信 息被保存在这种存储装置上, 成为信息处理的对象。此外, CPU 2000还能够将RAM 2020的一 部分保持为高速缓冲存储器, 并能够在高速缓冲存储器上进行读写。在这种方式下高速缓 冲存储器也承担RAM 2020的功能的一部分, 因此在本实施方式中, 除了区分表示的情况以 外, 高速缓冲存储器也包含在RAM 2020、存储器和/或存储装置中。

[0110] 另外, CPU 2000对从RAM 2020读出的数据进行各种处理后写回到RAM2020中, 其 中, 该各种处理是由程序的命令串指定的, 包括本实施方式中所记载的各种运算、信息的加 工、条件判断、信息的检索/置换等。例如, CPU2000在进行条件判断的情况下, 判断本实施 方式中示出的各种变量是否满足与其它变量或常数相比为大、小、以上、以下、相等等条件, 在 条件成立的情况(或不成立的情况)下, 分支到不同的命令串或者调用子程序。

[0111] 另外, CPU 2000能够检索保存在存储装置内的文件或数据库等中的信息。例如, 在 存储装置中保存有将第一属性的属性值与第二属性的属性值分别关联起来的多个条目的 情况下, CPU 2000能够通过从保存在存储装置中的多个条目中检索出与指定了第一属性的 属性值的条件一致的条目、并读出保存在该条目中的第二属性的属性值, 来得到与满足规 定的条件的第一属性相关联的第二属性的属性值。

[0112] 另外, 应该注意的是: 关于权利要求书、说明书以及附图中示出的装置、系统、程序 以及方法中的动作、过程、步骤以及阶段等各处理的执行顺序, 只要没有特别注明“先于…”、“在…之前”等、并且并非在后面的处理中使用之前的处理的输出的情况, 就能够以任 意的顺序来实现。关于权利要求书、说明书以及附图中的动作流程, 为了便于说明而使用 “首先,”、“接着,”等来进行说明, 但是并不是意味着必须以此顺序来实施。

[0113] 以上示出的程序或模块也可以保存在外部的记录介质中。作为记录介质, 除了软 盘2090、CD-ROM 2095以外, 还能够使用DVD或CD等光学记录介质、MO等光磁记录介质、带介 质、IC卡等半导体存储器等。另外, 也可以将与专用通信网络或因特网连接的服务器系统中 设置的硬盘驱动器或RAM等存储装置用作记录介质, 经由网络向计算机1900提供程序。

[0114] 以下示出本发明的实施方式。

[0115] [实施方式1]

[0116] 一种氧化还原物质的平衡电位估计方法, 包括以下阶段: 第一阶段, 对电极施加电 压, 对所述电压进行扫描; 第二阶段, 测定流过所述电极的电流; 第三阶段, 在所述电流的累 积值变为预先确定的值时, 判定所述电压的扫描宽度是否在允许范围内; 第四阶段, 在判定 为在所述允许范围内的情况下, 将所述允许范围内的电压值估计为氧化还原物质的平衡电 位; 以及第五阶段, 在判定为在所述允许范围外的情况下, 在与之前的扫描阶段中的扫描方 向相反的方向上对所述电压进行扫描。

[0117] [实施方式2]

[0118] 在实施方式1所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中, 反复执行所述第三 阶段和所述第五阶段, 直到判定为所述电压的扫描宽度在所述允许范围内为止。

[0119] [实施方式3]

[0120] 在实施方式1或2所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中, 调整所述电压的

扫描速度,以使得从所述电流的累积值变为预先确定的值时起至下一次所述电流的累积值变为预先确定的值为止对所述电压进行扫描的时间为固定时间。

[0121] [实施方式4]

[0122] 在实施方式1至3中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中,在所述第五阶段中,以比之前的扫描阶段中的扫描速度慢的速度对所述电压进行扫描。

[0123] [实施方式5]

[0124] 在实施方式4所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中,所述第五阶段中的扫描速度是之前的扫描阶段中的扫描速度的0.1倍至0.8倍的速度。

[0125] [实施方式6]

[0126] 在实施方式5所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中,所述第五阶段中的扫描速度是之前的扫描阶段中的扫描速度的0.2倍至0.7倍的速度。

[0127] [实施方式7]

[0128] 在实施方式6所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中,所述第五阶段中的扫描速度是之前的扫描阶段中的扫描速度的0.4倍至0.6倍的速度。

[0129] [实施方式8]

[0130] 在实施方式1至7中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中,在所述第三阶段中,在所述累积值的符号发生了反转时,判定所述电压的扫描宽度是否在所述允许范围内。

[0131] [实施方式9]

[0132] 一种氧化还原物质的浓度估计方法,包括以下阶段:实施方式1至8中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计方法中的所述第一阶段至所述第五阶段;以及第六阶段,基于所述电压值来估计所述氧化还原物质的浓度。

[0133] [实施方式10]

[0134] 一种氧化还原物质的平衡电位估计装置,具备:电压施加部,其用于对电极施加电压;电流测定部,其用于测定流过所述电极的电流;以及信号处理部,其对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部对所述电压进行扫描,并且在所述电流的累积值变为预先确定的值时,该信号处理部判定所述电压的扫描宽度是否在允许范围内,其中,当在所述允许范围内时,所述信号处理部将所述允许范围内的电压值估计为氧化还原物质的平衡电位,当不在所述允许范围内时,所述信号处理部对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部在与之前的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描。

[0135] [实施方式11]

[0136] 在实施方式10所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,所述信号处理部反复对所述电压施加部进行指示以使得所述电压施加部在与之前的扫描方向相反的方向上对所述电压进行扫描,直到所述电压的扫描宽度变为所述允许范围内为止。

[0137] [实施方式12]

[0138] 在实施方式11所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,所述信号处理部调整所述电压的扫描速度,以使得从所述电流的累积值变为预先确定的值起至下一次所述电流的累积值变为预先确定的值为止对所述电压进行扫描的时间固定。

[0139] [实施方式13]

[0140] 在实施方式10至12中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,在所述电压的扫描宽度不在所述允许范围内时,所述信号处理部对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部以比之前的扫描速度慢的速度对所述电压进行扫描。

[0141] [实施方式14]

[0142] 在实施方式13所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,在所述电压的扫描宽度不在所述允许范围内时,所述信号处理部对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部以之前的扫描速度的0.1倍至0.8倍的速度对所述电压进行扫描。

[0143] [实施方式15]

[0144] 在实施方式14所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,在所述电压的扫描宽度不在所述允许范围内时,所述信号处理部对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部以之前的扫描速度的0.2倍至0.7倍的速度对所述电压进行扫描。

[0145] [实施方式16]

[0146] 在实施方式15所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,在所述电压的扫描宽度不在所述允许范围内时,所述信号处理部对所述电压施加部进行指示,以使所述电压施加部以之前的扫描速度的0.4倍至0.6倍的速度对所述电压进行扫描。

[0147] [实施方式17]

[0148] 在实施方式10至16中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中,在所述累积值的符号发生了反转时,所述信号处理部判定所述电压的扫描宽度是否在允许范围内。

[0149] [实施方式18]

[0150] 一种氧化还原物质的浓度估计装置,具备:实施方式10至17中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置;以及估计部,其基于所述电压值来估计所述氧化还原物质的浓度。

[0151] [实施方式19]

[0152] 一种程序,使计算机作为实施方式10至17中的任一项所记载的氧化还原物质的平衡电位估计装置中的所述信号处理部而发挥功能。

[0153] [实施方式20]

[0154] 一种程序,使计算机作为实施方式18所记载的氧化还原物质的浓度估计装置中的所述信号处理部以及所述估计部而发挥功能。

[0155] [实施方式21]

[0156] 一种能够由计算机读取的介质,具有实施方式19或20所记载的程序。

[0157] [实施方式22]

[0158] 一种血糖估计装置,具备:实施方式18所记载的氧化还原物质的浓度估计装置;以及所述电极。

[0159] 以上使用实施方式来说明了本发明,但是本发明的技术范围并不限于上述实施方式所记载的范围。本领域技术人员明确可知能够对上述实施方式施加多种变更或改良。根据权利要求书的记载明确可知,施加那样的变更或改良所得到的方式也能够包含在本发明的技术范围内。

[0160] 应该注意的是:关于权利要求书、说明书以及附图中示出的装置、系统、程序以及

方法中的动作、过程、步骤以及阶段等各处理的执行顺序，只要没有特别注明“先于…”、“在…之前”等、并且并非在后面的处理中使用之前的处理的输出的情况，就能够以任意的顺序来实现。关于权利要求书、说明书以及附图中的动作流程，为了便于说明而使用“首先，”、“接着，”等来进行说明，但是并不是意味着必须以此顺序来实施。

[0161] 附图标记说明

[0162] 10:电极；20:电压施加部；30:电流测定部；40:信号处理部；50:平衡电位估计部；60:浓度估计部；100:平衡电位估计装置；200:浓度估计装置；300:血糖估计装置；1900:计算机；2000:CPU；2010:ROM；2020:RAM；2030:通信接口；2040:硬盘驱动器；2050:软盘驱动器；2060:CD-ROM驱动器；2070:输入输出芯片；2075:图形控制器；2080:显示装置；2082:主控制器；2084:输入输出控制器；2090:软盘；2095:CD-ROM。

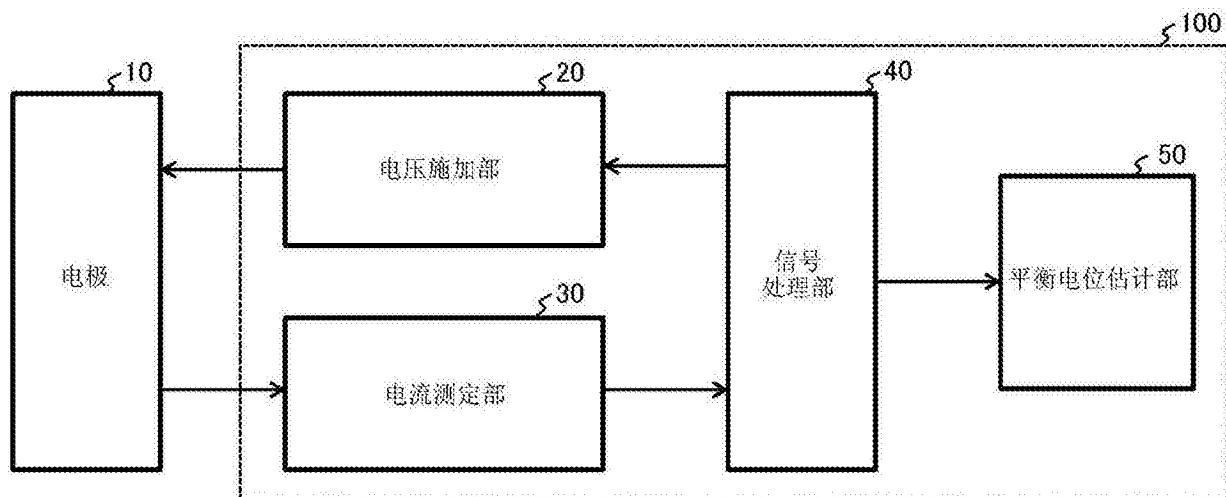


图1

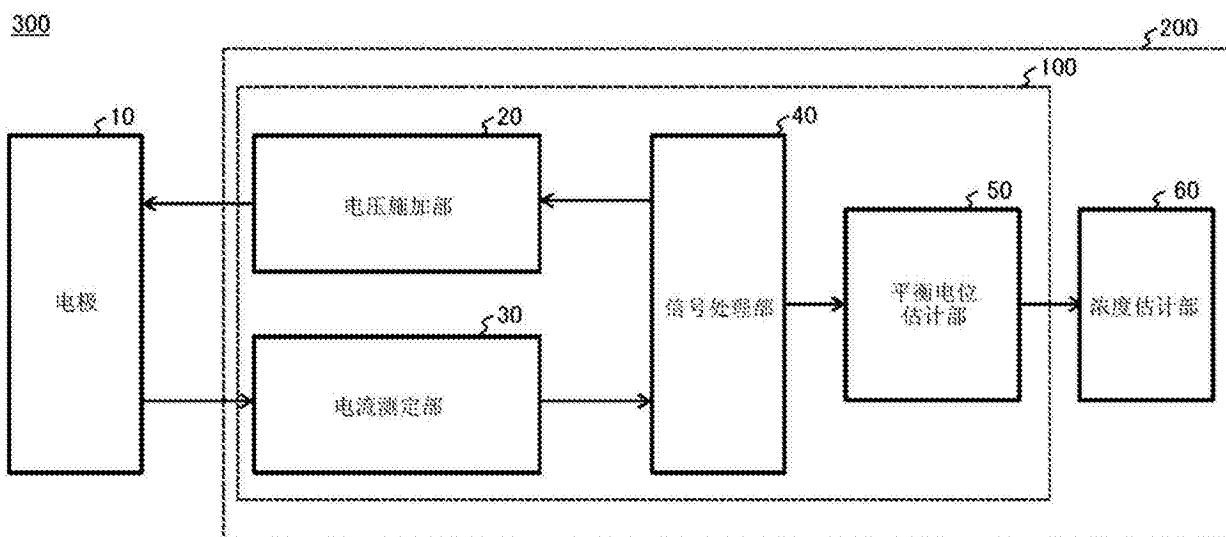


图2

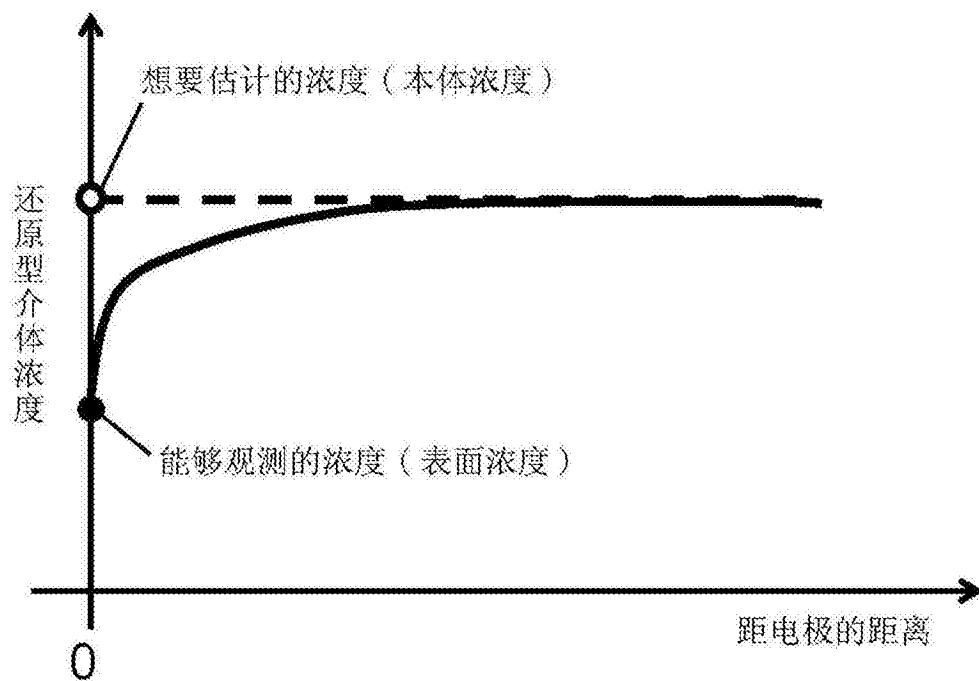


图3

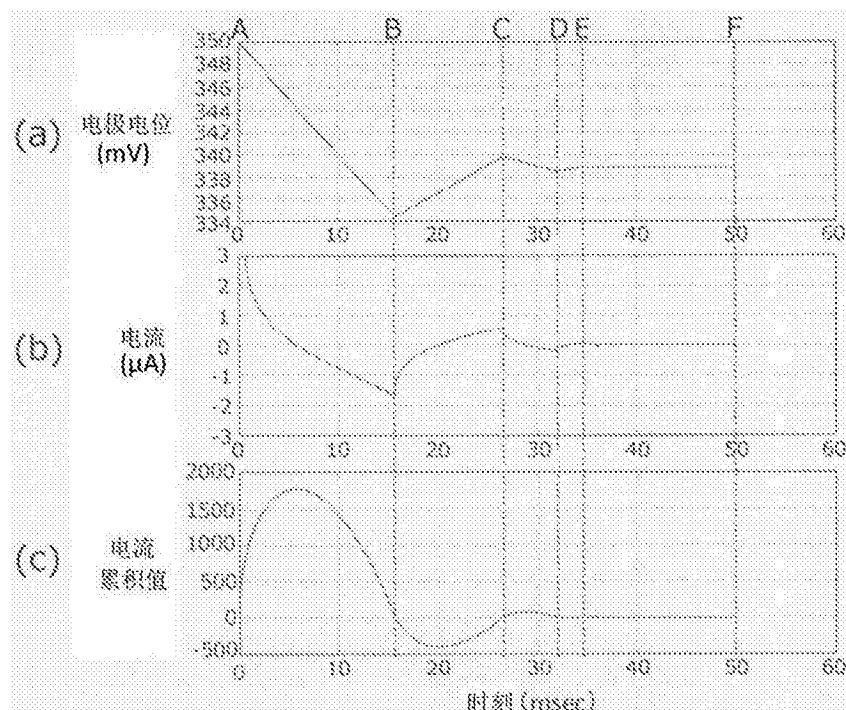


图4

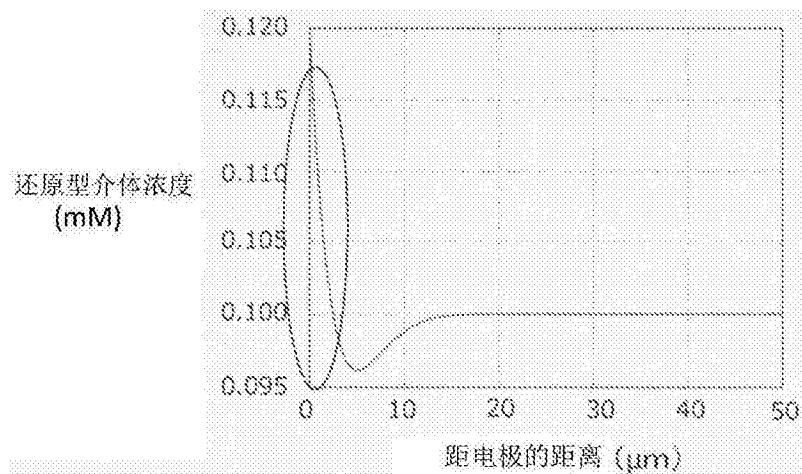


图5

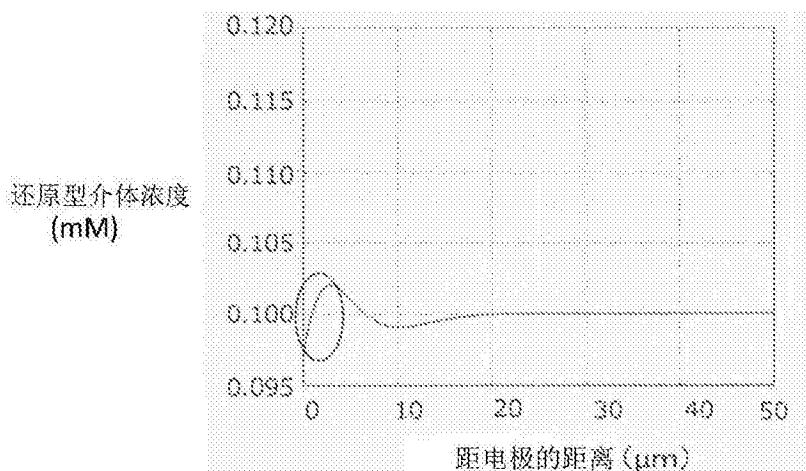


图6

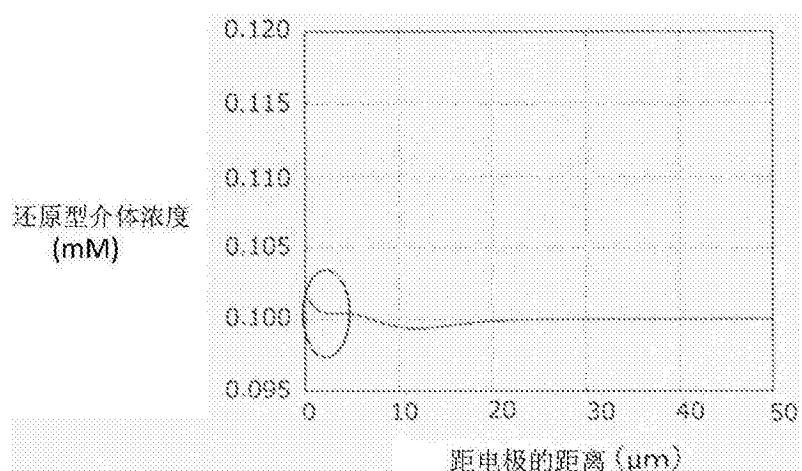


图7

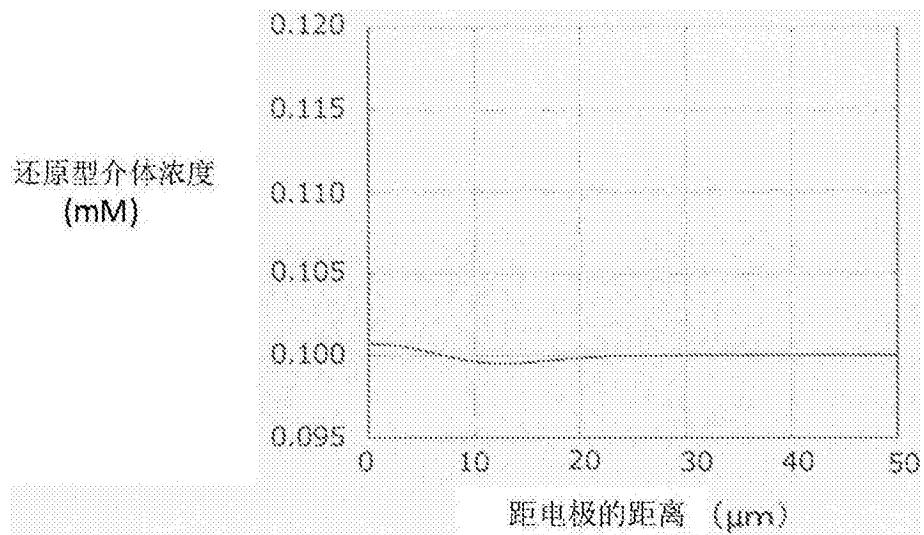


图8

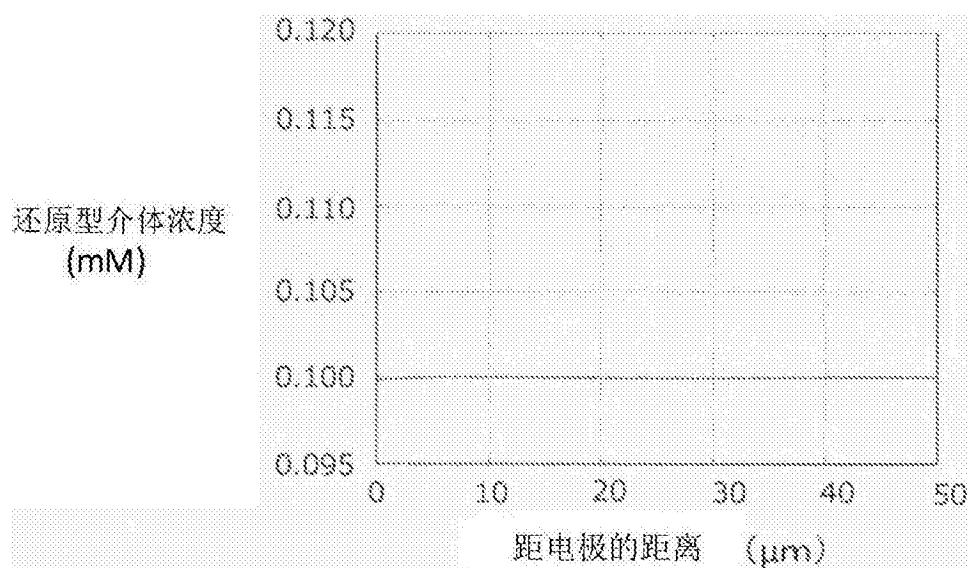


图9

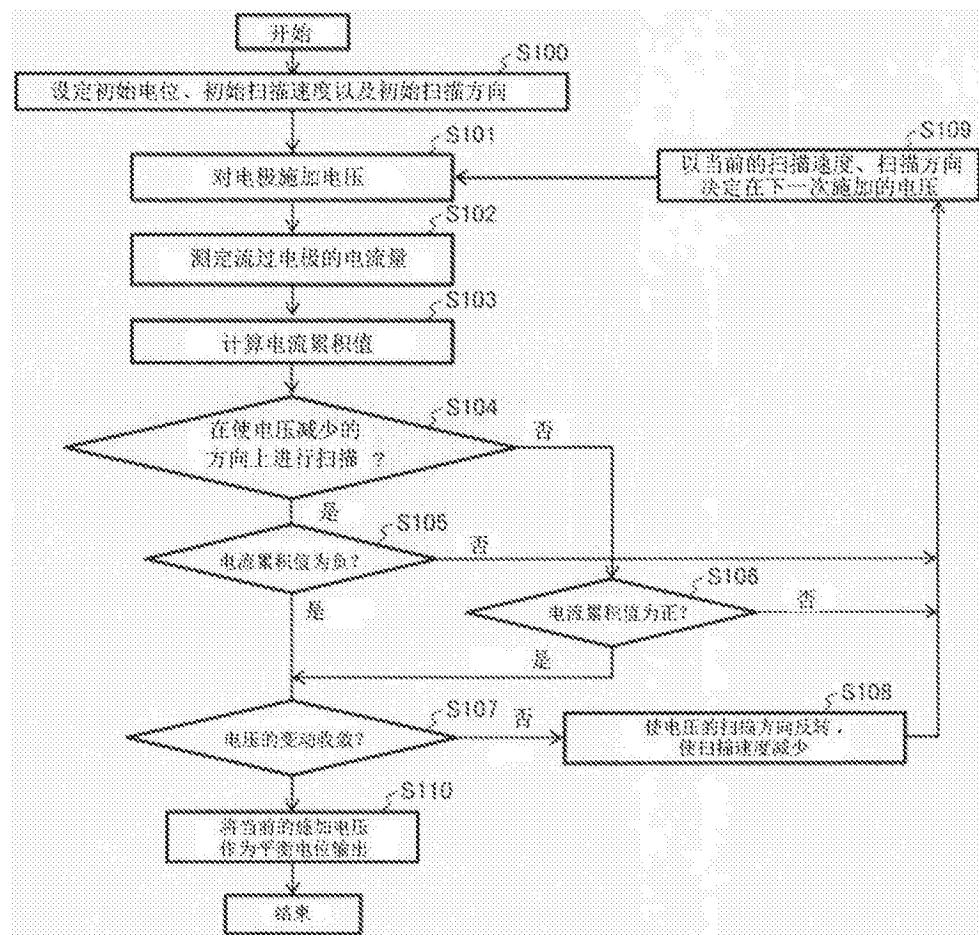


图10

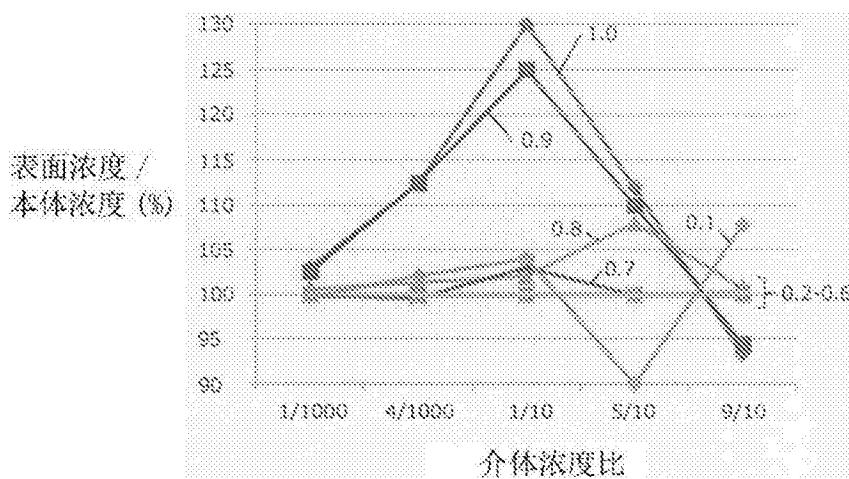


图11

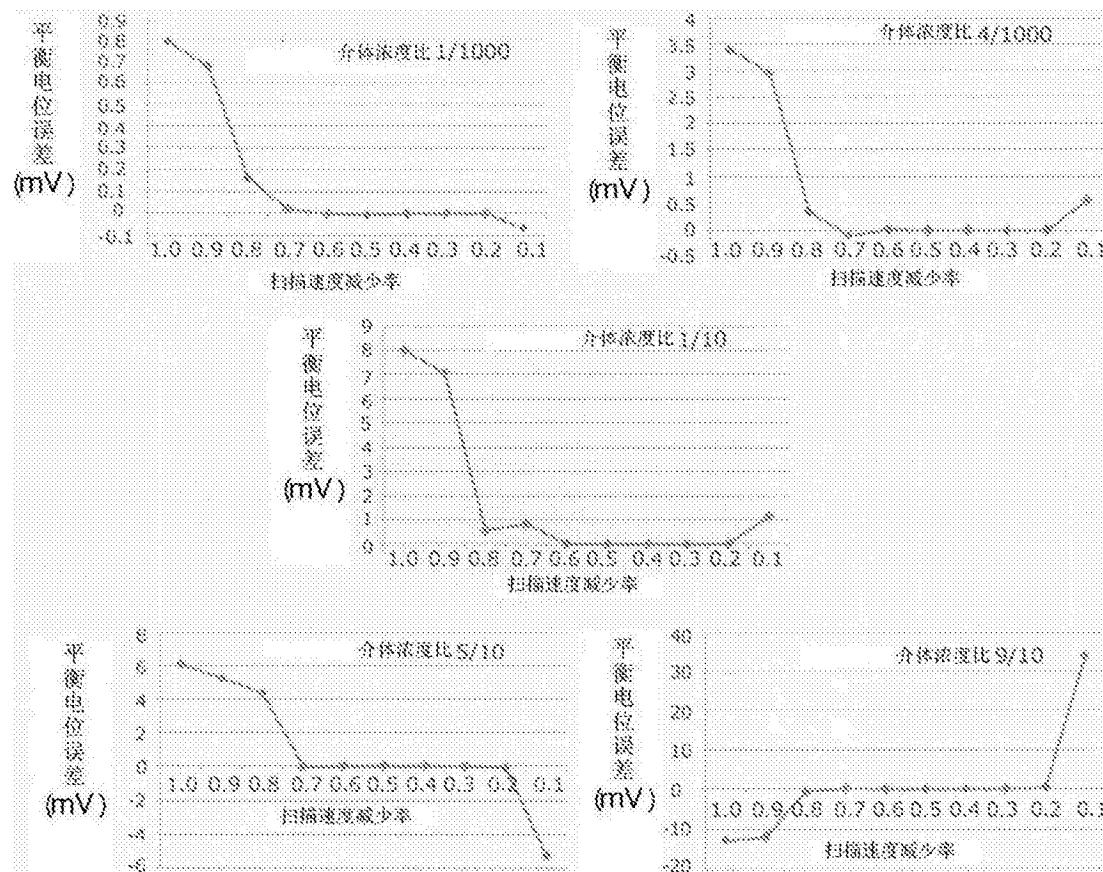


图12

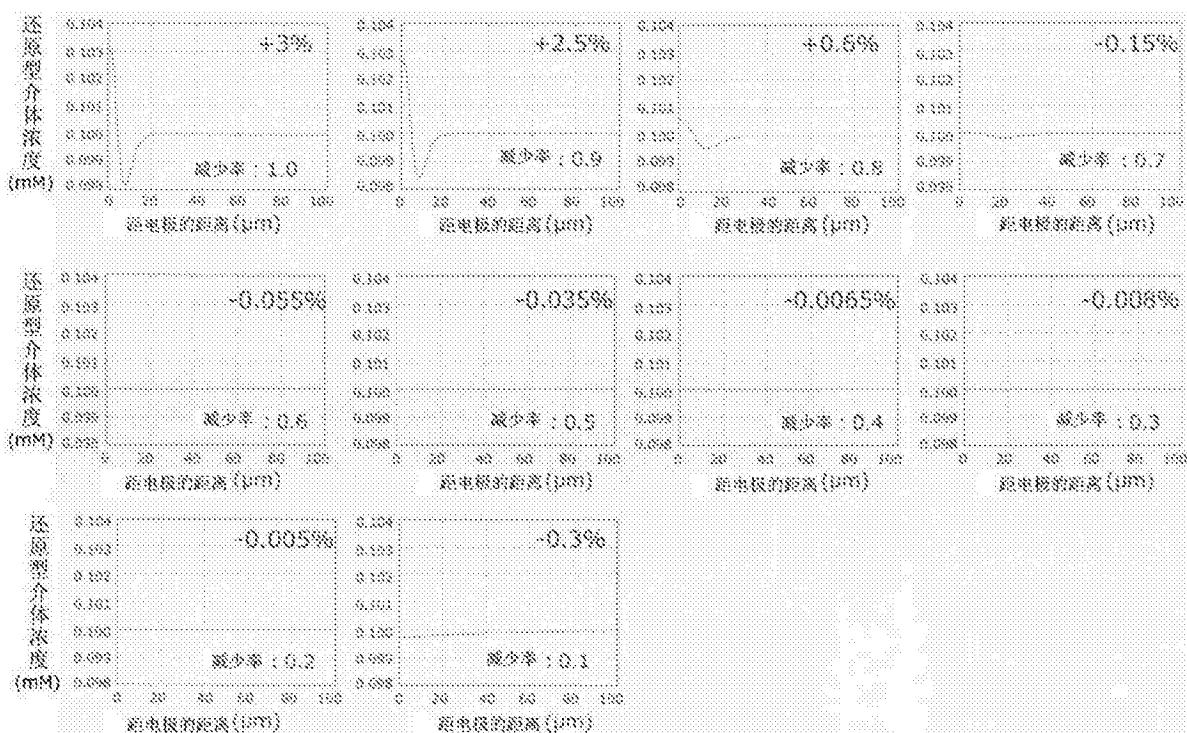


图13

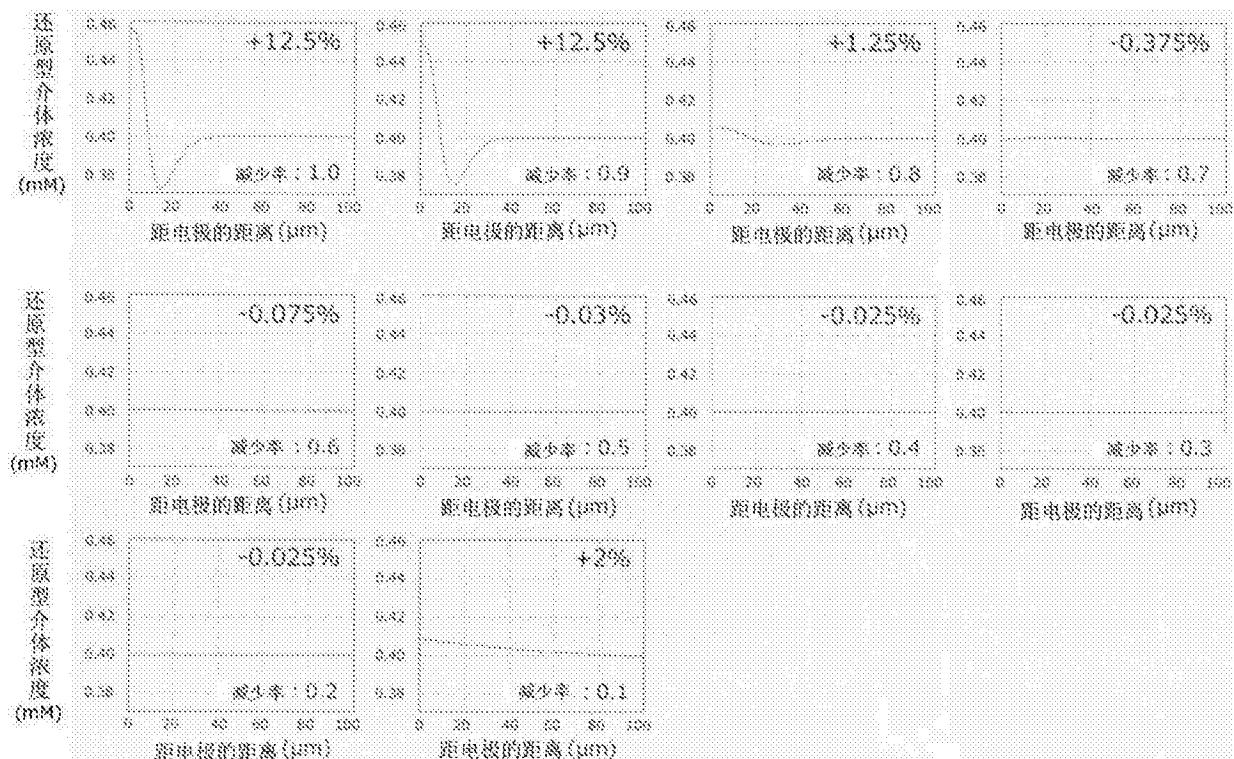


图14

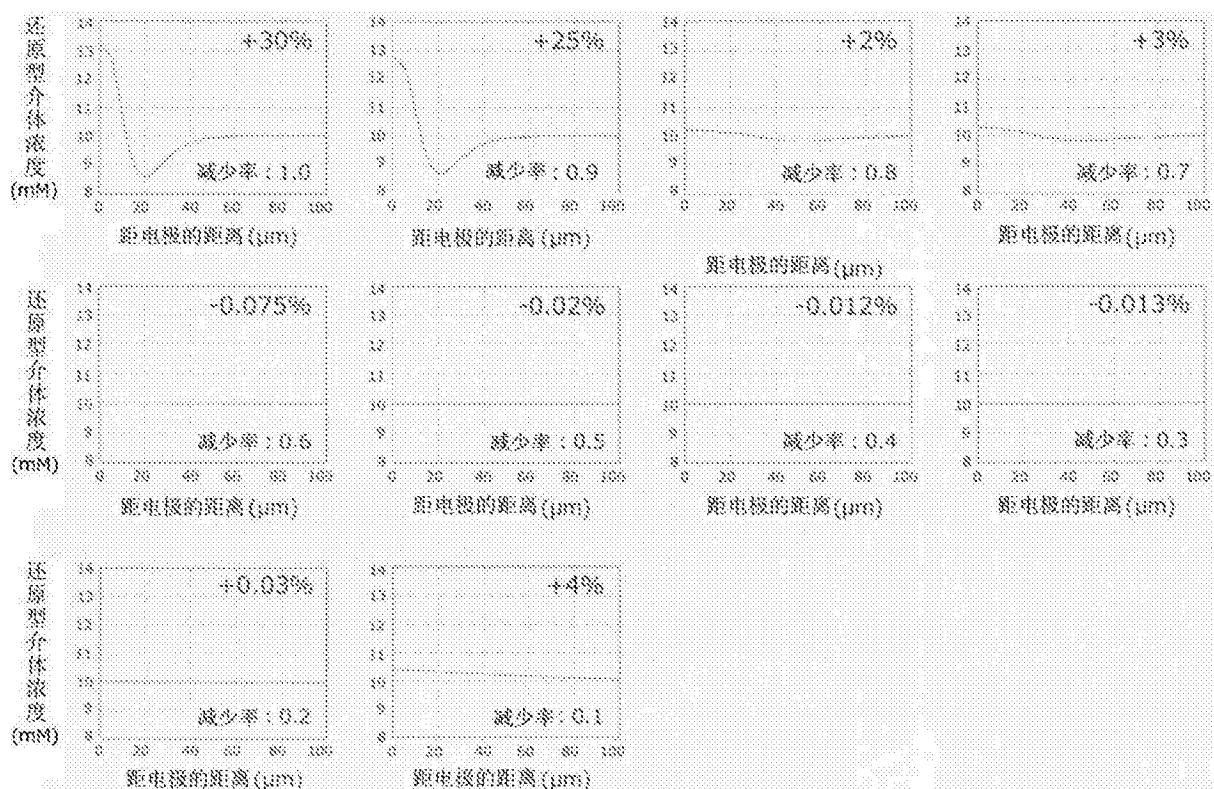


图15

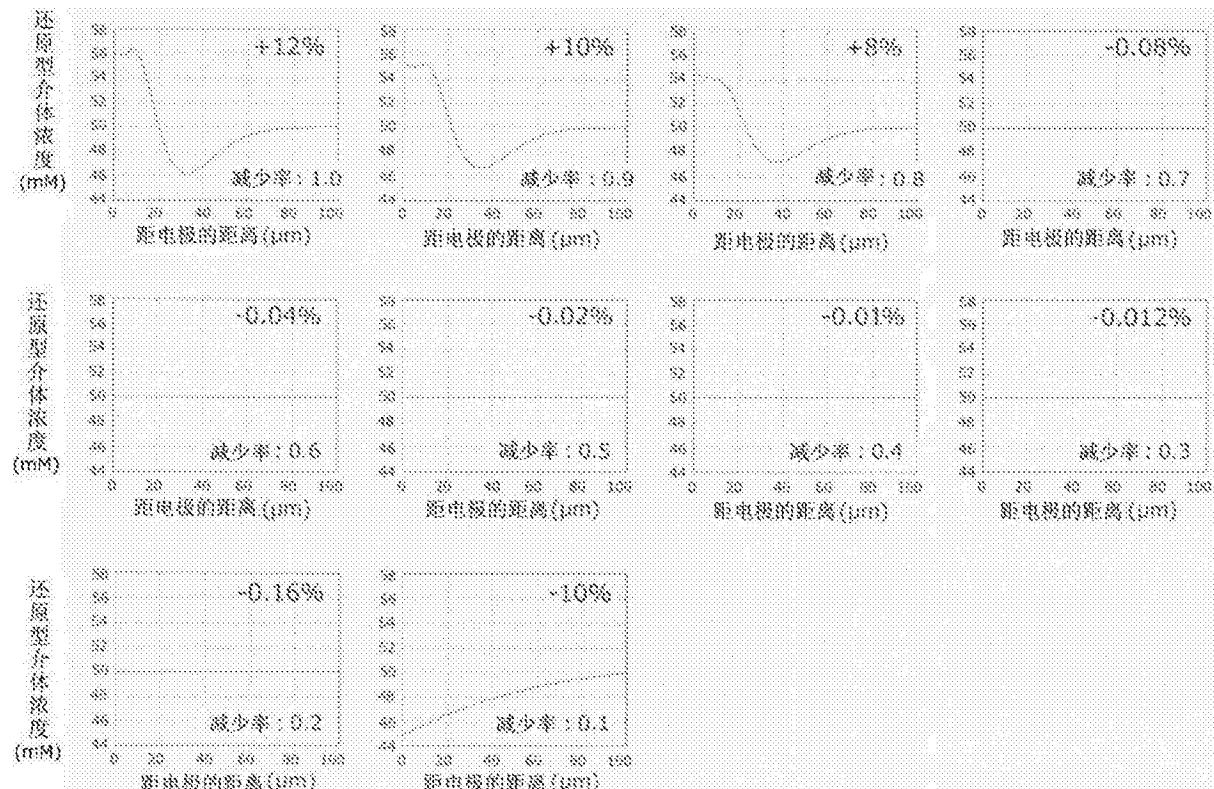


图16

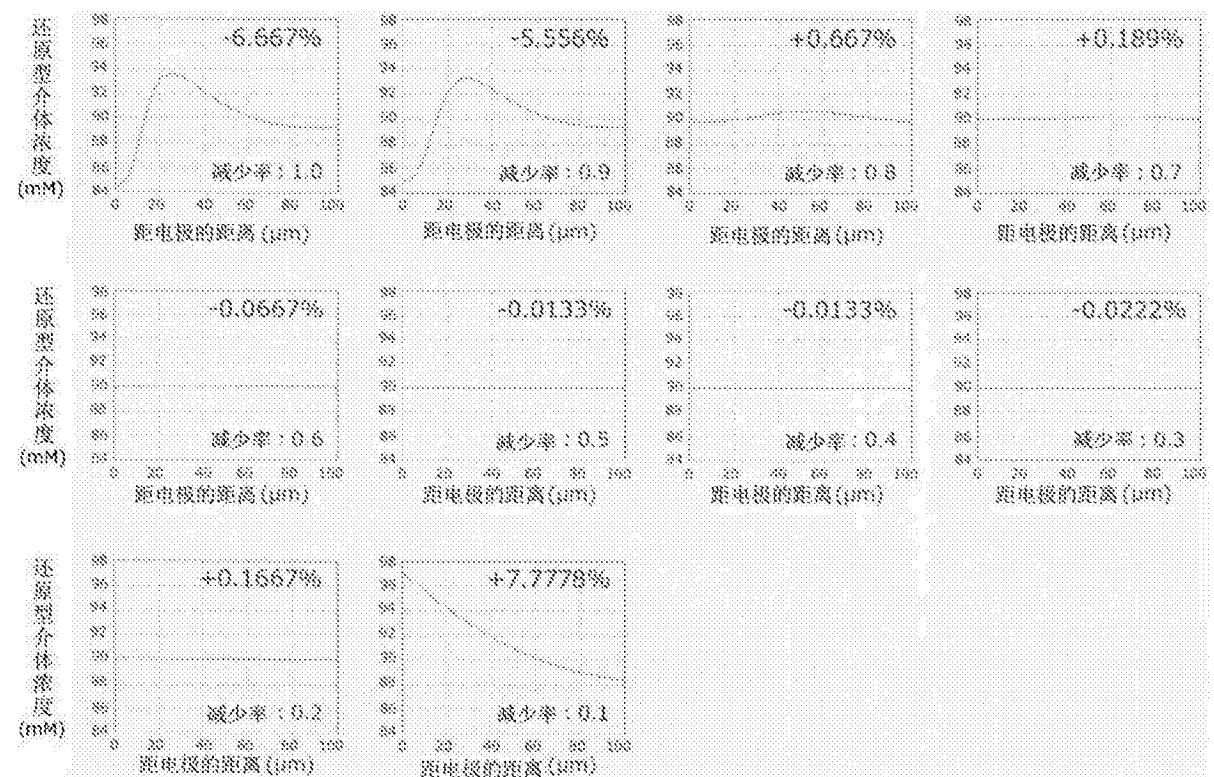


图17

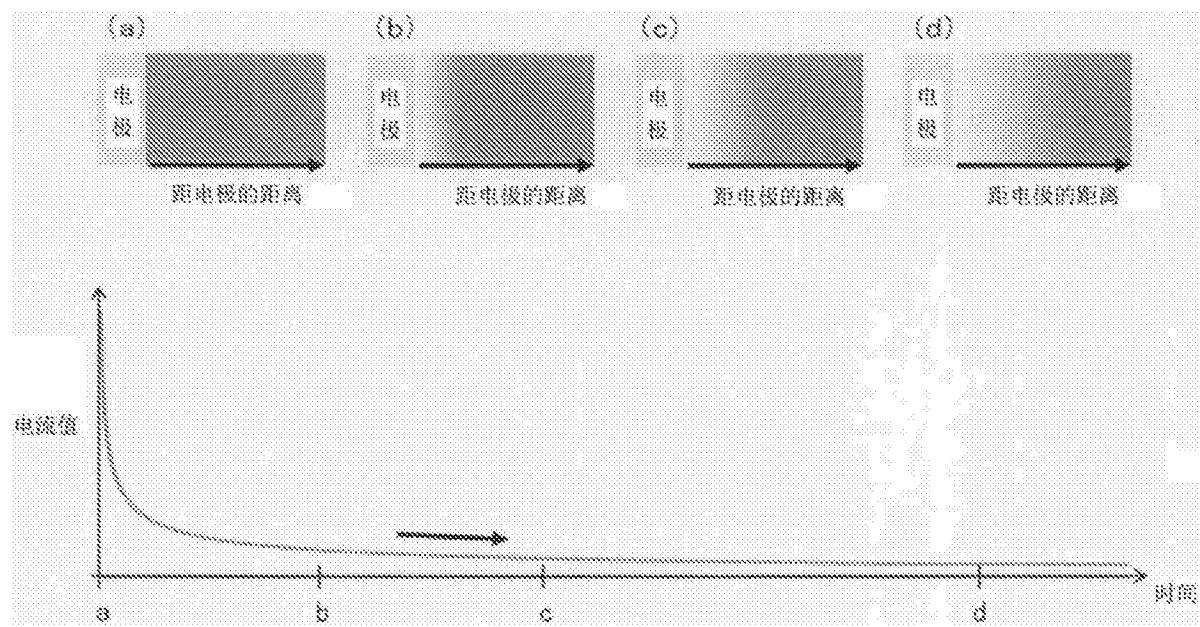


图18

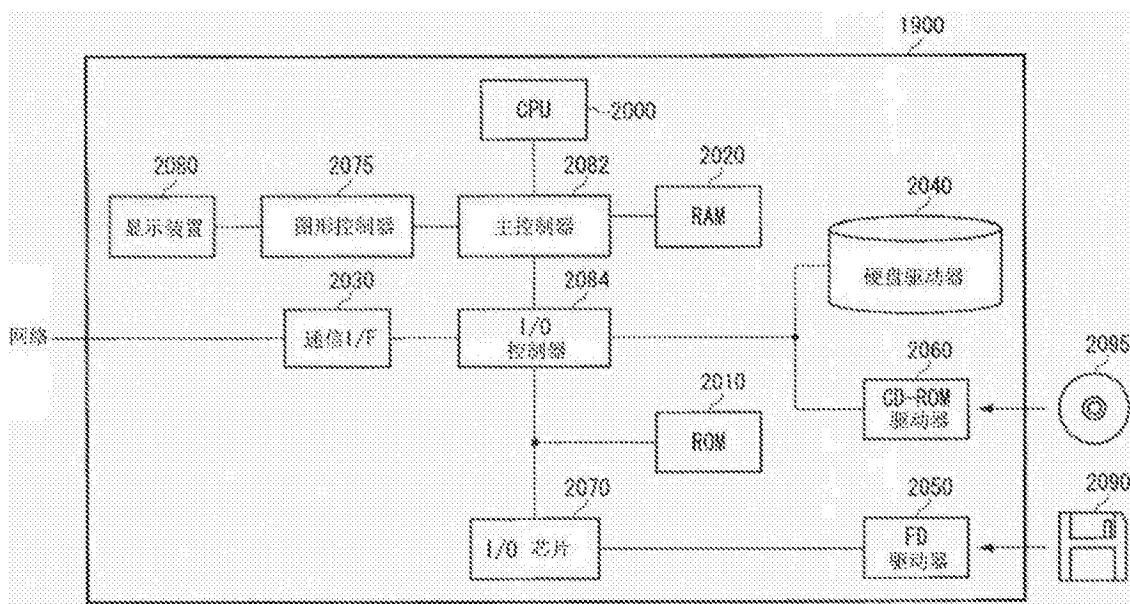


图19