



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112166318 B

(45) 授权公告日 2023.06.23

(21) 申请号 201980028946.X

(22) 申请日 2019.03.25

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112166318 A

(43) 申请公布日 2021.01.01

(30) 优先权数据  
2018-066582 2018.03.30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.10.28

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2019/012350 2019.03.25

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/188896 JA 2019.10.03

(73) 专利权人 株式会社普欧威盖特  
地址 日本东京都

(72) 发明人 柳本吉之

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219  
专利代理师 任天诺 高培培

(51) Int.Cl.  
G01N 27/416 (2006.01)  
G01N 27/327 (2006.01)  
G01N 27/48 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 6228237 B1, 2001.05.08  
CN 1138899 A, 1996.12.25  
JP 2017051593 A, 2017.03.16  
US 4500391 A, 1985.02.19  
US 5470484 A, 1995.11.28  
JP 2013117469 A, 2013.06.13  
JP 2013160707 A, 2013.08.19  
JP 2012034144 A, 2012.02.16

审查员 陈梓怡

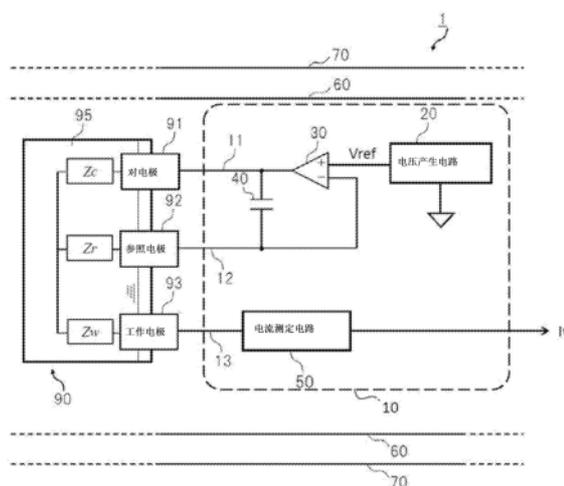
权利要求书2页 说明书14页 附图10页

## (54) 发明名称

电化学测定用电气电路及测定装置

## (57) 摘要

提供一种使用于溶液的电化学测定的电气电路,具备:电压产生电路;运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)、反相输入(-IN),输出(OUT)构成为连接于与溶液接触的对电极(CE),反相输入(-IN)构成为连接于与溶液接触的参比电极(RE),非反相输入(+IN)连接于电压产生电路;电容器,连接在输出(OUT)与反相输入(-IN)之间,具有 $1\mu\text{F}$ 以上的容量;电流测定电路,构成为和与溶液接触的工作电极(WE)连接。



1. 一种电气电路,使用于溶液的电化学测定,其中,具备:  
电压产生电路;  
电流测定电路,构成为和与所述溶液接触的工作电极(WE)连接;  
运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)以及反相输入(-IN),  
所述输出(OUT)构成为连接于与所述溶液接触的对电极(CE),  
所述反相输入(-IN)构成为连接于与所述溶液接触的参比电极(RE),  
所述非反相输入(+IN)连接于所述电压产生电路;  
电容器,具有 $1\mu\text{F}$ 以上的容量;  
开关电路,具有第一输入端、第二输入端以及输出端;及  
缓冲电路,具有输入端和输出端,  
所述电容器在一端连接于所述运算放大器的输出(OUT),在另一端连接于所述开关电路的输出端,

所述开关电路在第一输入端连接于所述缓冲电路的输出端,在第二输入端连接于与所述运算放大器的反相输入(-IN)之间,

所述缓冲电路在输入端连接于与所述运算放大器的反相输入(-IN)之间。

2. 根据权利要求1所述的电气电路,其中,

所述电容器的容量为 $10\mu\text{F}$ 以上。

3. 根据权利要求2所述的电气电路,其中,

所述电容器的容量为 $100\mu\text{F}$ 以上。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的电气电路,其中,

所述电容器的容量比测定过程中的对电极的界面的等效电路的静电容量大。

5. 一种溶液的电化学测定装置,其中,具备:

对电极(CE),构成为与所述溶液接触;

参比电极(RE),构成为与所述溶液接触;

工作电极(WE),构成为与所述溶液接触;

电压产生电路;

电流测定电路,与所述工作电极(WE)连接;

运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)以及反相输入(-IN),

所述输出(OUT)连接于所述对电极(CE),

所述反相输入(-IN)连接于所述参比电极(RE),

所述非反相输入(+IN)连接于所述电压产生电路;

电容器,具有 $1\mu\text{F}$ 以上的容量;

开关电路,具有第一输入端、第二输入端以及输出端;及

缓冲电路,具有输入端和输出端,

所述电容器在一端连接于所述运算放大器的输出(OUT)和所述对电极(CE),在另一端连接于所述开关电路的输出端,

所述开关电路在第一输入端连接于所述缓冲电路的输出端,在第二输入端连接于所述运算放大器的反相输入(-IN)和所述参比电极(RE),

所述缓冲电路在输入端连接于所述运算放大器的反相输入(-IN)和所述参比电极

(RE)。

6. 根据权利要求5所述的电化学测定装置,其中,  
所述溶液包含测定对象物质,

所述电化学测定装置还具备分子识别膜,该分子识别膜至少设置在所述工作电极的与  
所述溶液接触的表面,与所述测定对象物质特异性地发生反应。

7. 根据权利要求5或6所述的电化学测定装置,其中,  
所述电容器的容量为10 $\mu$ F以上。

8. 根据权利要求5或6所述的电化学测定装置,其中,  
所述电容器的容量为100 $\mu$ F以上。

9. 根据权利要求5或6所述的电化学测定装置,其中,  
所述电容器的容量比测定过程中的对电极的界面的等效电路的静电容量大。

## 电化学测定用电气电路及测定装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及电化学测定用电气电路及测定装置。

### 背景技术

[0002] 在电化学领域中,测定由于溶液中的化学物质或生物体物质在电极表面或其附近发生的化学反应或生物化学反应而在溶液中流动的电流,从而对化学物质或生物体物质进行检测或定量。这样的测定广泛地使用例如三电极法等手法。

[0003] 三电极法是在容器内设置对电极、参比电极及工作电极,使对电极与工作电极之间具有规定的电位差,测定从对电极向工作电极流动的电流的方法。通常,当金属或金属氧化物等物质进入电解液时,在该物质与电解液之间产生称为界面电位的电位差。在考虑了该电位差的基础上,当向对电极与工作电极之间施加电压时,电流从对电极流动,对电极与溶液之间的电位差会变化。由于该电位差的变化,存在未能将所希望的电压向溶液准确地施加的情况。在三电极法中,为了避免该情况,测定参比电极处的电位,能够以该电位确定为所希望的值的方式控制向对电极施加的电压。而且,存在有将在参比电极处测定的电位向控制对电极的电路返回(反馈)的反馈电路。

### 发明内容

[0004] 在本公开的一实施方式中,使用于溶液的电化学测定的电气电路具备:电压产生电路;运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)、反相输入(-IN),输出(OUT)构成为连接于与溶液接触的第一电极,反相输入(-IN)构成为连接于与溶液接触的第二电极,非反相输入(+IN)连接于电压产生电路;电容器,连接在输出(OUT)与反相输入(-IN)之间。

[0005] 本公开的某实施方式是使用于溶液的电化学测定的电气电路。该电气电路具备:电压产生电路;运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)、反相输入(-IN),输出(OUT)构成为连接于与溶液接触的对电极(CE),反相输入(-IN)构成为连接于与溶液接触的参比电极(RE),非反相输入(+IN)连接于电压产生电路;电容器,连接在输出(OUT)与反相输入(-IN)之间;电流测定电路,构成为连接于与溶液接触的工作电极(WE)。

[0006] 本公开的某实施方式是使用于溶液的电化学测定的电气电路。该电气电路具备:运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)、反相输入(-IN),输出(OUT)构成为连接于与溶液接触的对电极(CE),反相输入(-IN)构成为连接于与溶液接触的参比电极(RE),非反相输入(+IN)连接于电压产生电路;电容器,连接在输出(OUT)与反相输入(-IN)之间;配线,构成为将与溶液接触的工作电极(WE)和电流测定电路连接。电压产生电路可以连接于运算放大器的非反相输入(+IN)。电流测定电路可以与构成为与工作电极(WE)连接的配线连接。

[0007] 本公开的另一实施方式是溶液的电化学测定装置。该电化学测定装置具备:对电极(CE),构成为与溶液接触;参比电极(RE),构成为与溶液接触;工作电极(WE),构成为与溶液接触;电压产生电路;运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)、反相输入(-IN),在输出(OUT)连接于对电极(CE),在反相输入(-IN)连接于参比电极(RE),在非反相输入(+IN)

连接于电压产生电路;电容器,连接于运算放大器的输出(OUT)与反相输入(-IN)之间;电流测定电路,与工作电极(WE)连接。

[0008] 根据本公开,潜在性地或者作为一例,降低噪声对测定造成的影响,在溶液中的电化学测定中,能够提高由于化学反应及生物化学反应而产生的微小电流的测定精度。

#### 附图说明

- [0009] 图1是表示第一实施方式的测定装置的结构的一例的电路框图。  
[0010] 图2是表示未采取噪声对策地测定的电流的一例的波形图。  
[0011] 图3是表示仅采取针对外部噪声的对策地测定的电流的一例的波形图。  
[0012] 图4是表示第一实施方式的采取噪声对策地测定的电流的一例的波形图。  
[0013] 图5是表示仅采取针对外部噪声的对策地测定的电流的一例的波形图。  
[0014] 图6是表示第一实施方式的采取噪声对策地测定的电流的一例的波形图。  
[0015] 图7是表示第二实施方式的测定装置的结构的一例的电路框图。  
[0016] 图8是构成电流测定电路的典型的电路的一例。  
[0017] 图9是用于说明反馈电路将噪声放大的机理的电路框图。  
[0018] 图10是说明电气等效电路的转换的电路图。

#### 具体实施方式

[0019] 通常,进行电气测定的测定系统受到噪声的影响。作为噪声源,例如,可列举商用电源、开关电源、时钟脉冲、外部设备、静电及通信电波等。这些噪声的产生源能够确定。它们不是以下所述的电极或反馈环路等那样内置于测定系统的结构,而是存在于其外部的结构。因此,在本公开中,将它们总称为“外部噪声”。

[0020] 外部噪声的产生源比较容易确定。因此,如果切断从噪声的产生源向测定部传播的传播路径,则能够减少其影响。例如,如果通过屏蔽件覆盖测定系统,则能够大幅减少从外部设备传播的噪声、静电及通信电波产生的影响。而且,进入到测定设备的内部的以商用电源、开关电源、时钟脉冲等为起因的噪声的影响通过适当地配置测定设备的地线而能够减少。或者,除了静电和商用电源之外,上述的噪声的频率高,因此通过低通滤波器(LPF)等能够减少。而且,商用电源的频率在国家或地域中确定,决定为50Hz或60Hz。因此,通过进行与其周期相符的平均处理(例如,当对0.1秒钟的数据进行平均时,50Hz/60Hz的信号成为0),能够进一步减少该噪声。静电虽然频率未确定,但是通常通过适当地实施屏蔽而能够充分地采取对策。

[0021] 另一方面,除了外部噪声以外,在测定装置内还存在热噪声、散粒噪声、闪变噪声(1/f噪声)等噪声。这些噪声作为物理现象而存在于测定装置内的器件、电气或电子元件的内部,因此屏蔽或地线的适当配置的话无法减少。而且,这些噪声由于遍及低频,因此通过平均处理的减少也变得困难。特别是闪变噪声(1/f噪声)由于在低频下噪声电力升高,因此通过平均处理难以减少。

[0022] 在电化学测定中,测定由于化学反应或生物化学反应而向工作电极流动的电流。在测定对象物质为低浓度的情况下,流动的电流微小。在这样的情况下,如果噪声大,则岂止是测定对象物质的定量,就连检测有时都无法进行。即使能够定量,定量后的值有时也极

不准确。

[0023] 进行电化学性的测定的溶液可以是生物体提取的液体。溶液可以是生物体提取的液体其本身,也可以是从人体提取的液体。还可以是对于从生物体提取的液体进行了精制、稀释、与其他的液体的混合等处置后的液体或生物体由来的液体。进行电化学性的测定的溶液可以为体液。体液可以是细胞内液(ICF),也可以是细胞外液(ECF)。体液可以为淋巴液,也可以为组织间液、细胞间液、间质液组等组织液,还可以为体腔液、浆膜腔液、胸水、腹水、心包液、脑脊髓液(髓液)、关节液(滑液)、眼房水(房水)。体液可以为唾液、胃液、胆汁、胰液、肠液等消化液,也可以为汗、泪、鼻涕、尿、精液、阴道液、羊水、乳汁。溶液可以是包含测定对象物质的磷酸缓冲生理食盐水(PBS)或N-三(羟甲基)甲基-2-氨基乙磺酸缓冲液(TES)等生理缓冲液。

[0024] 溶液可以包含测定对象物质。例如,溶液为泪,测定对象物质为泪含有的糖化白蛋白。或者,测定对象物可以为血液或血清中的葡萄糖、白蛋白、糖化白蛋白、尿酸、糖化血红蛋白、间质液中的葡萄糖、泪的葡萄糖、白蛋白、尿的白蛋白、葡萄糖等。溶液只要包含测定对象物质即可,没有特别限定。

[0025] 电化学测定法可以是电解时的电流测定法。在使用电解的测定法中,可以是测定将电位维持为恒定时的电流值的电流分析法,也可以是测定使电位变动时的电流量的变动(伏安测量法)。电化学测定法可以为三电极法。

[0026] 电压产生电路(电压产生器、电压产生部)可以包含电源,也可以是来自设置于其外部的电源的电压转换成所希望的电压的结构。可以通过包含将电源电压分割的电路而构成,也可以通过包含能够产生所希望的电压的集成电路(IC)而构成。电压产生电路可以通过具有低通滤波电路和缓冲电路而构成。

[0027] 在本公开中,“连接”只要没有特别的说明,就是指电连接。“连接”可以是直接连接,即连接的元件等之间实质上不介有其他的电气或电子元件等的连接,只要本申请公开包含的发明或实施方式发挥功能,也可以为间接的连接,即在连接的元件等之间介有其他的电气或电子元件等的连接。例如,运算放大器的输出(OUT)与对电极(CE)可以直接连接,或者为了避免发生连接错误使得电路内的电子元件损坏而在运算放大器的输出(OUT)与对电极(CE)之间串联地连接例如100Ω(欧姆)的电阻。而且,例如,可以不将运算放大器的输出直接连接于对电极。在某实施方式中,可以在后段再加入并连接放大电路或衰减电路。在另一实施方式中,可以使用连接多个运算放大器。在某实施方式中,可以串联地加入保护用的电阻而形成连接。

[0028] 在某实施方式中,电容器连接在输出(OUT)与反相输入(-IN)之间。电容器在一端连接于输出(OUT),在另一端连接于反相输入(-IN)。

[0029] 在某实施方式中,电容器可以具有1μF以上的容量。在另一实施方式中,电容器可以具有比1μF大的容量。电容器的容量可以为2μF、3μF、4μF、5μF、6μF、7μF、8μF、9μF或10μF以上,也可以为比它们的任一值大的值。电容器的容量可以为10μF、20μF、30μF、40μF、50μF、60μF、70μF、80μF、90μF或100μF以上,也可以为比它们的任一值大的值。

[0030] 在某实施方式中,电容器的容量可以比测定过程中的对电极的界面的等效电路的静电容量大。在某实施方式中,电容器可以是噪声降低用电容器。电极的与溶液的接触面积可以为100平方毫米以下。电极界面的静电容量通常可以为10μF左右以下。双电荷层的厚度

为薄的厚度,可以为1nm左右,也可以比1nm大。作为一例,电极界面的静电容量可以为 $C = \epsilon S/D = 70\mu\text{F}$ (水的相对介电常数 $\epsilon = 80$ )。或者,在另一例中,可以为几 $\mu\text{F}$ 左右。对应于此,电容器的容量如果为 $10\mu\text{F}$ ,则能够充分地降低噪声。而且,电容器的容量如果为 $100\mu\text{F}$ ,则能够进一步降低噪声。例如,如果电极面积更小,则电容器的容量可以为 $0.1\mu\text{F}$ 。

[0031] 在本公开中,电容器的容量在理论上没有上限,但是实际上可以设置上限。电容器的容量可以为 $100\text{mF}$ (毫法)、 $10\text{mF}$ 、 $1\text{mF}$ 、 $500\mu\text{F}$ 、 $400\mu\text{F}$ 、 $300\mu\text{F}$ 、 $200\mu\text{F}$ 、 $100\mu\text{F}$ 以下,也可以为比它们的任一个值小的值。电容器的容量可以为 $350\mu\text{F}$ ,也可以为 $330\mu\text{F}$ 。

[0032] 电容器可以是陶瓷电容器。电容器可以通过将两个以上的电容器组合而构成。例如,可以将两个电解电容器反向地串联连接。电容器可以具有极性,也可以没有极性。无极性的电容器在向其施加的电压可能在正负之间变动的情况下有用。

[0033] 可以将对电极、参比电极、工作电极也称为电极,也可以分别称为对电极、参照电极、工作电极。工作电极的至少与溶液接触的表面可以由铂(Pt)、金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)等金属形成,也可以是包含碳纳米管、石墨烯、金刚石等的碳电极,也可以是氧化钽等金属氧化物,也可是导电性聚合物。对电极的至少与溶液接触的表面可以由铂(Pt)、金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)等金属形成,也可以由碳电极或导电性聚合物等形成。参比电极的至少与溶液接触的表面可以由银/氯化银(Ag/AgCl)、饱和KCl盐桥、汞(Hg)、氯化汞(HgCl)、标准氢电极等形成。这些材料为一例,不特定本公开的电极的原材料。

[0034] 电流测定电路可以具有电流电压转换电路。在某实施方式中,电流测定电路可以通过将电流电压转换电路与电压测定电路串联连接而构成。在某实施方式中,电压测定电路可以为A/D转换器。

[0035] 通常,在电气电路中,将多个电路元件或配线连接的点多通过被称为节点或结点(node)的黑圈的点表示。然而,在本公开中,将上述节点或结点和除了明示地表示的电气电子电路或元件之外在电路功能上实质上可以作为相同电位处理的配线部等部位合在一起称为结点。

[0036] 以下,基于附图,详细说明本发明的实施方式。需要说明的是,在用于说明实施方式的全部的图中,对于同一部分,原则上标注同一符号,省略其重复的说明。

[0037] <第一实施方式>

[0038] <测定装置的结构>

[0039] 图1是表示本公开的某实施方式(第一实施方式)的测定装置的结构电路框图。测定装置1是进行溶液的电化学测定的装置。测定装置1也可以对溶液中的测定对象的物质进行检测、定量。图1所示的测定装置1具备电气电路10、收容溶液的容器90、配置于容器90并在测定时与溶液95接触的对电极91、参比电极92、工作电极93。电气电路10具备电压产生电路(电压产生部、电压产生器)20、运算放大器30、电容器40、电流测定电路(电流测定部、电流测定器)50。电压产生电路20、运算放大器30、电容器40、电流测定电路50将其一部分或全部形成在基板(未图示)上。在某实施方式中,基板可以是纸酚醛、玻璃环氧等原材料的基板。

[0040] 电压产生电路20的输出连接于运算放大器30的非反相输入(+IN),供给基准电压 $V_{\text{ref}}$ 。电压产生电路20向测定装置1的接地电位供给具有稳定的电位差 $V_{\text{ref}}$ 的输出信号。

[0041] 运算放大器30的输出(OUT)连接于对电极91,反相输入(-IN)连接于参比电极92。

电容器40连接于对电极91与参比电极92之间、或运算放大器30的输出(OUT)与反相输入(-IN)之间。换言之,电容器40在一端连接于运算放大器30的输出(OUT)和对电极91,在另一端连接于运算放大器30的反相输入(-IN)和参比电极92。

[0042] 电流测定电路50连接于工作电极93,接收来自工作电极93的电流的值而将输出信号向电气电路10外部输出。

[0043] 将运算放大器30的输出(OUT)与电容器40之间、或者运算放大器30的输出(OUT)、电容器40、对电极91之间的实质上等电位的配线部称为结点(第一结点)11。将运算放大器30的反相输入(-IN)与电容器40之间、或者运算放大器30的反相输入(-IN)、电容器40、参比电极92之间的实质上等电位的配线部称为结点(第二结点)12。将工作电极93与电流测定电路之间的实质上等电位的配线部称为结点(第三结点)13。

[0044] 在某实施方式中,收容溶液95的容器90、对电极91、参比电极92、工作电极93构成为可以从测定装置1拆卸。收容溶液95的容器90、对电极91、参比电极92、工作电极93可以按照各测定,根据使用频度或时间间隔而设为一次性。在某实施方式中,可以构成为将收容溶液的容器90、对电极91、参比电极92、工作电极93嵌入于测定装置1,对电极91、参比电极92、工作电极93分别与第一结点11、第二结点12、第三结点13形成电接触。在另一实施方式中,收容溶液的容器90、对电极91、参比电极92、工作电极93可以与测定装置1一体地形成或制造。

[0045] 在图1中,测定装置1具备屏蔽件60。屏蔽件60能够降低外部噪声。在图1中,屏蔽件60以包围电气电路10、容器90、对电极91、参比电极92、工作电极93的方式配置,屏蔽件60的配置并不局限于此。屏蔽件60可以沿着或包围第二结点12地配置。

[0046] 第一结点11~第三结点13可以配置于上述的基板。屏蔽件60可以通过金属或导电性的原材料制作。屏蔽件60可以联结于测定装置1的接地电位。在某实施方式中,与对电极、参比电极、工作电极连接的结点分别或全部可以局部性地由同轴线缆(未图示)形成。可以是该同轴线缆的内部导体作为各结点的配线而连接于各电极,外部导体连接于屏蔽件60。结点在物理上长的情况下,能够降低结点捡拾的外部噪声。在某实施方式中,同轴线缆构成为经由能够拆卸的连接器(未图示),将电气电路与电极间连接。在本公开中,测定装置1的第一结点11、第二结点12、第三结点13以何种形式与对电极91、参比电极92、工作电极93连接没有限定。

[0047] 在某实施方式中,以与运算放大器30的输出(OUT)、运算放大器30的反相输入(-IN)、电流测定电路50连接的方式构成的配线分别可以构成为和在电化学测定时与溶液接触的对电极91(CE)、参比电极92(RE)、工作电极93(WE)连接。在某实施方式中,可以是包含电气电路的部件与包含对电极(CE)、参比电极(RE)、工作电极(WE)的部件以机械嵌入等的形式接触或合体,由此以形成对电极91(CE)、参比电极92(RE)、工作电极93(WE)与各配线的电接触的方式构成测定装置1和电气电路10。

[0048] 在某实施方式中,收容溶液95的容器90可以构成为以盒式相对于测定装置1能够拆卸。容器90可以具有导入溶液95或其他的液体的导入口。容器90可以具有排出溶液95或其他的液体的排出口。导入口和排出口可以分别为一个或多个,而且,可以构成作为同一孔。在某实施方式中,对电极91(CE)、参比电极92(RE)、工作电极93(WE)可以固定于容器90,也可以能够拆卸地固定于容器90。在某实施方式中,容器90可以构成为将溶液95收容成在

测定中实质上不流动的状态。在另一实施方式中,容器90可以构成作为流路。

[0049] 图1所示的测定装置1具备框体70。在某实施方式中,框体70可以构成作为容纳或支承容器90及电气电路10。测定装置1可以是台式的装置,也可以是手提(便携)式的装置。

[0050] 在测定时,溶液95从导入部或入口(未图示)向容器90流入或导入。

[0051] 测定对象物质或被测定物质可以预先包含于溶液,也可以在将不包含测定对象物质的溶液导入到容器90之后,在不同的时机向溶液95混合。测定对象物质与溶液混合的时机没有限定于此。例如,在某实施方式中,可以从对电极91、参比电极92及工作电极93未与溶液95相接的状态,即,干燥的状态开始,将溶解了测定对象物质的溶液95向容器90注入。在另一实施方式中,可以将不包含测定对象物质的溶液向容器90导入而将对电极91、参比电极92及工作电极93浸渍之后,与溶解了测定对象物质的溶液置换。在又一实施方式中,可以将对电极91、参比电极92及工作电极93预先浸入于不包含测定对象物质的溶液,将测定对象物质其本身溶入于容器90内的溶液。在再一实施方式中,可以将对电极91、参比电极92及工作电极93预先浸入于不包含测定对象物质的溶液,将混入有测定对象物质的被测定样品溶入于溶液。

[0052] 被导入的溶液95与对电极91、参比电极92、工作电极93的表面的至少一部分接触。当从电压产生器20提供电压时,形成从运算放大器30的输出经由第一结点11、对电极91、溶液95、参比电极92、第二结点12而再次返回运算放大器30的反相输入(-IN)的反馈环路。在该反馈环路的作用下,以从参比电极92向第二结点12传递的电压与基准电压 $V_{ref}$ 相等的方式控制对电极91的电压。运算放大器30是反馈电路的一个构成要素,但是在另一实施方式中,可以使用具有同样的功能的其他的电路部件。

[0053] 通过电容器40,能够降低热噪声、散粒噪声、闪变噪声等的装置的结构部件固有的噪声(以下,称为“物理噪声”)的影响。

[0054] 在图1那样的反馈电路中,物理噪声固存于电压产生电路20的结构部件或运算放大器30。固存于电压产生电路20的结构部件的物理噪声作为电压噪声而与基准电压信号重叠,向运算放大器30的非反相输入端子(+IN)输入。固存于运算放大器30的物理噪声存在于反相输入(-IN)和非反相输入(+IN)这两方,但是可以等价地作为其和集中地存在于运算放大器30的非反相输入(+IN)来计算。该运算放大器30的噪声与基准电压信号重叠。由此,存在于各种场所的物理噪声可以考虑为与基准电压 $V_{ref}$ 重叠而汇集于运算放大器30的非反相输入(+IN)的一个噪声。以下,将其表现为“汇集的物理噪声”。

[0055] 在此,简单地说明电极与溶液的界面的物性和电气性的性质。电极与溶液的界面由复杂的现象包围。当向界面施加交流电压时,与之相应的电流流动,因此通过其比能够定义界面的阻抗。在本公开中将其称为界面阻抗。构成界面阻抗的是氧化还原反应和双电荷层。氧化还原反应使溶液与电极之间的电子的交接产生,由此直流电流流动。双电荷层由集中于界面的离子形成,不产生电子的交接。然而,如果电极的电位变化,则溶液中的离子浓度分布的变化发生,对应于此而电极的电子的状态变化,将其检测作为交流电流。由此,可以电气性地将氧化还原反应表现为电阻,将双电荷层表现为电容器。因此,界面阻抗可以近似性地表现作为它们的并联电路。此外,在界面中,存在有由扩散限速支配的沃伯格阻抗等复杂的要素。然而,这些不会对本公开造成大的影响,因此省略说明。对电极91、参比电极92、工作电极93分别具有界面阻抗,分别可以近似性地表现为电阻与静电容量的并联电路。

[0056] 汇集的物理噪声由反馈环路放大。以下说明其机理。从运算放大器输出至反相输入的反馈量通过对电极91与溶液95的界面阻抗 $Z_c$ 和工作电极93与溶液95的界面阻抗 $Z_w$ 的阻抗分割 $Z_w/(Z_c+Z_w)$ 来决定。

[0057] 实际上,存在有经由参比电极92与溶液95的界面的等效电路的阻抗 $Z_r$ 的路径。然而,由于其前处的运算放大器30的反相输入(-IN)的输入阻抗充分大,因此可认为参比电极92的阻抗 $Z_r$ 不会对反馈路径的阻抗分割造成影响。而且,通常的运算放大器的输入阻抗远大于现实得到的 $Z_c$ 、 $Z_w$ 的值。而且,电流测定电路50的输入阻抗可以认为充分小。这是因为电流计的输入阻抗低的情况成为要件的情况。例如,在图8所示的电流测定电路50中,电流电压转换电路51通过输入部而成为假想接地,输入阻抗可以看作为0。

[0058] 当观察将运算放大器30、对电极91、工作电极93的等价阻抗 $Z_c$ 、 $Z_w$ 及成为假想接地的电流测定电路50的仅输入进行了模型化的图9时,该反馈电路的配置构成典型的非反相放大器。因此,向运算放大器30的非反相输入(+IN)汇集的物理噪声被放大成 $(Z_c+Z_w)/Z_w$ 倍而出现于运算放大器30的输出,可以原封不动地考虑为经由第一结点11而出现于对电极91。

[0059] 在三电极法等电化学测定中,测定溶液包含的微小量的物质的化学反应或生物化学反应产生的电流。为了得到更多的电流,增大工作电极的与溶液的接触面积的情况有效。通常,工作电极的面积比对电极的面积大。当接触面积大时,界面的阻抗减小,静电容量增大。

[0060] 以下具体地通过计算进行考察。例如,在通过实施例进行了实测时,工作电极的面积为对电极的面积约2.5倍,对电极、参比电极及工作电极的界面的等效电路分别为 $35M\Omega//2.8\mu F$ 、 $2M\Omega//1.4\mu F$ 、 $14M\Omega//7\mu F$ 。在此,“//”表示其左右的元件被并联连接。

[0061] 当考虑化学反应的速度时,测定所需的时间为0.1秒左右~1分钟左右,在频率下,大致成为0.01Hz(赫兹)~10Hz的范围。在该频带下,在界面的等效电路中,静电容量为支配性的,因此阻抗实质上与静电容量的倒数成比例。运算放大器30的反相输入(-IN)的输入阻抗充分大时,在电容器40不存在的情况下, $Z_r$ 可以忽视,反馈环路内噪声的放大率可以表现为 $(Z_c+Z_w)/Z_w$ 。

[0062] 在上述的情况下,对电极91的阻抗 $Z_c$ 与工作电极93的阻抗 $Z_w$ 的比率计算为 $Z_c/Z_w \approx (1/C_c)/(1/C_w) = C_w/C_c = 7\mu F/2.8\mu F = 2.5$ 。因此,电容器40不存在时的反馈环路内噪声的放大率为 $(Z_c+Z_w)/Z_w = (1+2.5)/1 = 3.5$ 。

[0063] 另一方面,在本公开中,电容器40以与运算放大器30的输出即第一结点11和运算放大器30的反相输入(-IN)即第二结点12连结的方式连接。电容器40在反馈环路的内部,并联配置于从运算放大器30的输出(OUT)即第一结点11经由对电极91、溶液95及参比电极92向运算放大器30的反相输入(-IN)即第二结点12返回的路径。因此,与电容器40不存在时相比,反馈环路的返回量增大。由此,经由第一结点11出现于对电极91的噪声电力减小,能够提高微小电流的测定精度。

[0064] 当反馈环路的返回量增大时,噪声的放大率减小的情况可以如下考虑来理解。首先,将 $Z_c$ 、 $Z_r$ 及电容器40的阻抗 $Z_n$ 的连接当作为 $\pi$ 型连接(图10A),将其转换成T型连接(图10B)。更具体而言,图10C所示的 $Z_c$ 、 $Z_r$ 、 $Z_n$ 的 $\pi$ 型连接可以转换成图10D所示的 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 的T型连接。此时,可以表现为 $Z_1 = (Z_c \times Z_n)/(Z_r+Z_n+Z_c)$ ,  $Z_2 = (Z_r \times Z_c)/(Z_r+Z_n+Z_c)$ ,  $Z_3 = (Z_n$

$\times Z_r) / (Z_r + Z_n + Z_c)$ 。图10B所示的T型连接的 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 也同样可以表现。这样的话,如果配置运算放大器30且运算放大器30的输入阻抗充分大,则 $Z_3$ 可以忽视,因此可以将反馈环路的返回量表现为 $(Z_2 + Z_w) / (Z_1 + Z_2 + Z_w)$ ,将噪声的放大率表现为 $(Z_1 + Z_2 + Z_w) / (Z_2 + Z_w)$ 。在此,在电容器40的阻抗 $Z_n$ 远小于对电极91的阻抗 $Z_c$ 的情况下,成为 $Z_2 \gg Z_1$ ,因此噪声的放大率成为 $(Z_1 + Z_2 + Z_w) / (Z_2 + Z_w) \approx (Z_2 + Z_w) / (Z_2 + Z_w) = 1$ 。或者,由于反馈环路构成的非反相放大器的放大率减小,可以理解为运算放大器30的非反相输入(+IN)存在的汇集的物理噪声的放大率减小。

[0065] 当电容器40的容量 $C_n$ 大于对电极91的界面的静电容量 $C_c$ 时,返回量增大。例如,如果直接使用上述的对电极91和工作电极93的静电容量 $C_c$ 、 $C_w$ ,将电容器40的容量 $C_n$ 设为100  $\mu\text{F}$ ,则大部分的返回通过电容器40进行,因此返回量大致成为1,噪声未被放大。即,与电容器40不存在的情况相比,带来3.5倍的噪声降低。

[0066] 频率比较高的外部杂音产生的噪声对应于屏蔽件、地线的对策而通过平均处理能够降低。然而,频率比较低的噪声通过平均处理等的手法的话无法期待降低。例如,物理噪声固存于部件,因此通过屏蔽件或地线无法降低。此外,如果要通过平均处理来降低频率低的物理噪声,则本来的信号也会降低。在物理噪声之中,与频率成反比例地增大的闪变噪声是低频率下的支配性的噪声。处于电化学反应的时间常数的附近的闪变噪声通过以往的方法的话非常难以除去。

[0067] 相对于此,具有电容器40的电气电路及其反馈电路在例如0.01Hz~10Hz左右的频率范围内,能够显著地提高该噪声降低的效果。或者,具有电容器40的电气电路及其反馈电路能够使例如具有0.01Hz~10Hz左右的频率的噪声的返回量增大,因此能抑制反馈电路中的噪声的放大。在电化学测定中,化学反应有时花费0.1秒~1分钟左右或其以上。因此,本公开的包含电容器40的电气电路能够提高电化学测定的精度。

[0068] 如图8所示,电流测定电路50可以具备电流电压转换电路51。在某实施方式中,电流电压转换电路51可以通过使用运算放大器和电阻构成。此时,运算放大器的反相输入成为假想接地。第三结点13的输入阻抗低,可以看作为0。测定装置1可以在电流电压转换电路50的内部(图8)或其外侧具有模拟数字(A/D)转换电路52。在图8所示的电流测定电路50中,来自工作电极93的电流信号由电流电压转换电路51进行电流-电压转换,由A/D转换器52转换成数字数据,作为数字信号向电气电路10外部输出。

[0069] 对电极91是与工作电极93之间具有规定的电压差的电极。电压差可以根据测定使用的电极的种类或测定对象物质来确定。在某实施方式中,在电极或电极表面设置分子识别膜的情况下,可以向该分子识别膜在未作用有过度的负载的范围内施加尽可能高的电压。对电极91与溶液95的电位差根据流动的电流而变化。因此,为了将溶液95的电位保持为规定的值,通过参比电极92测定溶液的电位,通过反馈电路控制对电极91的电位。

[0070] 在某实施方式中,在工作电极93的表面上设置与测定对象物质特异性地发生反应的分子识别膜(未图示)。分子识别膜可以包含高分子膜。高分子膜根据测定对象物质,可以为例如抗原、抗体、酶等的生物体分子、自我组织化单分子膜(SAM: Self-Assembled Monolayer)、分子铸模聚合物(MIP: Molecular Imprinted Polymer)等的高分子膜。在被施加来自对电极91的电压的环境下,如果分子识别膜与测定对象物质发生反应,则产生电流。例如,当测定对象物质在分子识别膜中被分解时,可认为由于氧化还原等的电子的交接而

产生电流。当测定对象物质在分子识别膜中被结合时,可认为由于表面电荷变化而产生电流。可认为分子识别膜中的测定对象物质的某些变化通过工作电极被检测作为电气信号。以上的机理为例示而且为推定,没有限定本公开,也可以为其他的机理。

[0071] 屏蔽件60通过例如包含金属的具有导电性的材料构成。在某实施方式中,屏蔽件60能够隔断从设备外部进入的噪声。在某实施方式中,通过将屏蔽件设为与地线电位相同,也能够降低商用电源噪声或开关噪声等在内部电路产生的噪声。

[0072] 在测定时,电压产生电路20生成基准电压 $V_{ref}$ ,将其向运算放大器30供给。运算放大器30以参比电极92成为基准电压 $V_{ref}$ 的方式进行输出电压的控制。在工作电极93中,发生化学反应。

[0073] <实施例1>

[0074] 在此,说明本公开包含的一个实施例。作为对电极91,使用了面积约4平方毫米的铂电极。作为工作电极93,使用约10平方毫米的铂电极,在其表面形成了用于测定糖化白蛋白的果糖氨基酸氧化(FAOD)酶膜。作为参比电极92,使用约2平方毫米的铂电极,在其表面配置了银氯化银。

[0075] 在向对电极91与工作电极93之间施加了450mV的电压的状态下,以将三个电极浸入于作为良好的缓冲剂的300mM的三羟甲基甲胺基乙磺酸(Tris)溶液的状态进行了测定。此时的噪声波形如图2、图3、图4所示。图2示出未实施本公开的噪声对策地测定的噪声波形。图3示出通过进行屏蔽或适当的地线配置等而实施了降低外部噪声的对策时的噪声波形。图4示出配置有10 $\mu$ F的电容器作为本公开的电容器40时的噪声波形。

[0076] 如图2所示,在未实施噪声对策的情况下,观测到0.7nA(纳安)p-p(峰值to峰值)程度的噪声。如图3所示,在实施了降低外部噪声的对策的情况下,观测到0.12nAp-p左右的噪声。外部噪声的影响大致消失,观测的噪声被物理噪声支配。然而,观察到反馈环路中的放大效果。如图4所示,在使用了包含噪声降低用电容器的电气电路的情况下,噪声降低至0.04nAp-p左右。确认到噪声的放大效果降低。

[0077] 接下来,说明本公开包含的另一实施例。

[0078] <实施例2>

[0079] 在本实施例中,将不包含糖化白蛋白的Tris向容器90导入,浸入于对电极91、参比电极92及工作电极93之后,置换(更换)为溶解有1mg/mL的糖化白蛋白的Tris。对于该溶液,以与实施例1相同的条件测定的电流波形如图5、图6所示。图5示出通过进行屏蔽或适当的地线配置等而实施了降低外部噪声的对策时的电流波形的一例。图6示出配置有10 $\mu$ F的电容器作为电容器40时的电流波形。

[0080] 图5、图6在各自的坐标图中,在28秒、32秒的时点进行了溶液的更换。在溶液更换时,电流值急剧增加(在这些图中,由于测定系统的关系而坐标图下方向是指电流的增加)。然后,当成为80秒附近时,电流稳定。这样的峰值电流可认为由于双电荷层的形成或溶液内的离子的浓度分布的变动等所希望的化学反应以外的要因而产生。由于该峰值电流而难以测定与应测定的化学反应对应的电流。因此,优选在峰值电流或电流的急剧的变化消失之后,测定稳定的电流。

[0081] 例如10 $\mu$ L左右的泪包含的糖化白蛋白的浓度为1mg/mL左右。因此,在泪的糖化白蛋白的定量中,要求准确地测定该程度的电流。稳定时的电流值为5~10nA左右。要求以1%

单位的精度,即 $0.05\text{nA}\sim 0.1\text{nA}$ 左右的精度测定该值。在图5的测定中,几乎不可能确保电流值的1%的精度。另一方面,在图6的测定中,能够将噪声的影响降低为1%以下。此外,可以使用时间平均。由此能够进一步提高测定精度。

[0082] 如本实施例的情况那样,如果向不包含测定对象物质的溶液追加测定对象物质,则从对电极向工作电极流动的电流变化,对应于此而对电极91的电位变化。参比电极92的电位恒定,因此向电容器40的两端施加的电位差变化。该变化需要电荷的注入,因此电容器40在测定中途需要被充电。此时,向电容器40注入的电荷从参比电极92仅经由第二结点12。从参比电极92注入的电流受到参比电极92的电阻的限制。即,向电容器40的电荷的注入时间通过参比电极92的电阻和电容器40的静电容量来决定。

[0083] 例如,如本实施例那样电容器40的容量为 $10\mu\text{F}$ 而参比电极92的电阻为约 $2\text{M}\Omega$ 的情况下,电容器40的充电的时间常数成为20秒。因此,该结构能够发挥抑制噪声的效果,并避免或降低电容器40的充电的等待时间对于测定造成大的障碍的情况。换言之,能够同时实现微小电流的测定精度的提高和测定时间的抑制。

[0084] 在另一实施方式中,电容器40的容量可以为 $100\mu\text{F}$ 以上。电容器40的阻抗 $Z_n$ 变得更小,更进一步提高噪声的返回量,能够更进一步抑制噪声的放大。由此,能够更进一步提高微小电流的测定精度。

[0085] <第二实施方式>

[0086] 接下来,使用图7,说明本公开的另一实施方式(第二实施方式)。以下,关于与前述的实施方式重复的部位,原则上省略其说明。

[0087] 图7是表示第二实施方式的测定装置的结构的一例的电路框图。图7所示的测定装置101具备电气电路110、收容溶液95的容器90、对电极91、参比电极92、工作电极93、屏蔽件60、箱体70。电气电路110具备电压产生电路20、运算放大器30、电容器40、开关(开关电路)180、缓冲电路181。在某实施方式中,电气电路110可以具备电压产生电路20、运算放大器30、电容器40、电流测定电路50、电容器充电用电路(未图示)。电容器充电电路对电容器40进行充电的时间可以小于或为1秒、5秒、10秒、30秒、1分钟、2分钟、3分钟、4分钟、5分钟、10分钟、15分钟、30分钟、60分钟中的任一值以下。

[0088] 图7所示的电容器40设置在第一结点11与开关180之间。即,该电容器40在一端连接于运算放大器的输出(OUT)和第一结点11,在另一端连接于开关电路180的输出端180c。

[0089] 开关180是具备第一输入端180a、第二输入端180b及输出端180c的电路块。开关180具有控制部(未图示),通过该控制部能够切换两个输入端的连接。第一输入端180a连接于缓冲电路181的输出端。第二输入端180b连接于运算放大器30的反相输入(-IN)和参比电极92,即连接于第二结点12。输出端180c连接于电容器40的一端。开关180通过切换输入端的连接,能够切换电容器40的连接目的地。

[0090] 缓冲电路181是以高阻抗接收输入电压,以低阻抗输出与输入电压相同的电压的电路。图7所示的缓冲电路181在输出端与开关电路180的第一输入端180a连接。输入端连接于反相输入(-IN)和参比电极92,即连接于第二结点12。缓冲电路181在通过第一输入端180a将开关180连接时,能够以高阻抗接收参比电极92和第二结点12的电压,以低阻抗对电容器40充电。缓冲电路181可以是使用了运算放大器的电压跟随器。然而,缓冲电路181并不局限于此,可以是不同的结构。

[0091] 电容器40的容量存在大于对电极91的界面容量及参比电极92的界面容量的情况。在该情况下,电容器40的充电时间有时比化学反应成为稳定为止的时间长。也存在电容器40使化学反应的进展延迟的情况。在电容器40被充电期间无法正确地进行电化学测定。因此,电容器40被充电期间成为等待时间。因此,与电容器40不存在的情况相比,需要将测定时间设定得长,换言之,需要保护电容器40的充电的等待时间而充分长地设定测定时间。例如,在电容器40的容量为10 $\mu$ F、100 $\mu$ F而参比电极92的界面处的电阻成分为2M $\Omega$  (兆欧)的情况下,作为单纯的CR积而计算的时间常数分别为20秒、200秒。这些时间常数存在对化学反应及生物化学反应造成影响的可能性。

[0092] 另外,噪声的放大率的降低与对反应的影响的极小化或测定时间的短时间化成为此消彼长的关系。因此,即使在最佳化的结构中,也会一点点地牺牲噪声降低效果和测定时间这两方。此外,根据使用的电极而最佳的噪声降低用电容器的容量不同。例如,根据测定对象物质、使用的电极、分子识别膜、测定时的溶液或溶液中的测定物质的浓度、想要测定的浓度而应使用的电极有时不同,因此需要替换噪声降低用电容器。

[0093] 相对于此,通过本实施方式那样的具有缓冲电路181和开关180的电气电路110,潜在地发挥以下的效果。即,在化学反应变得稳定之前,即,在开始测定之前的等待时间中,通过来自控制部的信号而将开关180的输出端180c与输入端180a连接。由此,开关180将电容器40与缓冲电路181的输出端连接。因此,在化学反应稳定之前,通过具有缓冲电路181的电气电路的结构,能够将电容器40急速地充电至规定的电压。在充电过程中,电容器40未成为反馈路的构成要素,因此既不会对化学反应及生物化学反应造成影响,也不会对反馈电路的收敛时间造成影响。在某实施方式中,缓冲电路181的输出阻抗可以设为1 $\Omega$ 以下,由此能够使电容器40的充电时间成为100 $\mu$ 秒(微妙)以下。例如,在图5或图6所示的实施例中,化学反应在1分钟左右平息。在这样的情况下,如果将充电时间设为1秒至几秒钟左右,则对测定来说不会成为大的问题。在化学反应以5秒左右平息的情况下,也可以将电路的时间常数设为100msec(毫秒)。

[0094] 当化学反应变得稳定时,控制部切换开关180,将电容器40与第二结点12连接。此时,电容器40通过缓冲电路181充电至与第二结点12的电压相同的电压为止。因此,不需要基于开关切换的反馈电路的再收敛,发挥测定时的噪声降低作为一个效果。

[0095] 本公开非限定性地包含以下的实施方式:

[0096] 1. 一种电气电路,使用于溶液的电化学测定,其中,具备:

[0097] 电压产生电路;

[0098] 运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)以及反相输入(-IN),

[0099] 所述输出(OUT)构成为连接于与所述溶液接触的对电极(CE),

[0100] 所述反相输入(-IN)构成为连接于与所述溶液接触的参比电极(RE),

[0101] 所述非反相输入(+IN)连接于所述电压产生电路;

[0102] 电容器,连接于所述输出(OUT)与所述反相输入(-IN)之间,具有1 $\mu$ F以上的容量;

及

[0103] 电流测定电路,构成为和与所述溶液接触的工作电极(WE)连接。

[0104] 2. 根据实施方式1所述的电气电路,其中,

[0105] 所述电容器的容量为10 $\mu$ F以上。

- [0106] 3. 根据实施方式2所述的电气电路,其中,
- [0107] 所述电容器的容量为100 $\mu$ F以上。
- [0108] 4. 根据实施方式1~3中任一项所述的电气电路,其中,
- [0109] 所述电容器的容量比测定过程中的对电极的界面的等效电路的静电容量大。
- [0110] 5. 一种电气电路,使用于溶液的电化学测定,其中,具备:
- [0111] 电压产生电路;
- [0112] 电流测定电路,构成为连接于与所述溶液接触的工作电极(WE);
- [0113] 运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)以及反相输入(-IN),
- [0114] 所述输出(OUT)构成为连接于与所述溶液接触的对电极(CE),
- [0115] 所述反相输入(-IN)构成为连接于与所述溶液接触的参比电极(RE),
- [0116] 所述非反相输入(+IN)连接于所述电压产生电路;
- [0117] 电容器,具有1 $\mu$ F以上的容量;
- [0118] 开关电路,具有第一输入端、第二输入端以及输出端;及
- [0119] 缓冲电路,具有输入端和输出端,
- [0120] 所述电容器在一端连接于所述运算放大器的输出(OUT),在另一端连接于所述开关电路的输出端,
- [0121] 所述开关电路在第一输入端连接于所述缓冲电路的输出端,在第二输入端连接于与所述运算放大器的反相输入(-IN)之间,
- [0122] 所述缓冲电路在输入端连接于与所述运算放大器的反相输入(-IN)之间。
- [0123] 6. 一种溶液的电化学测定装置,其中,具备:
- [0124] 对电极(CE),构成为与所述溶液接触;
- [0125] 参比电极(RE),构成为与所述溶液接触;
- [0126] 工作电极(WE),构成为与所述溶液接触;
- [0127] 电压产生电路;
- [0128] 运算放大器,具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)以及反相输入(-IN),
- [0129] 在所述输出(OUT)连接于所述对电极(CE),
- [0130] 在所述反相输入(-IN)连接于所述参比电极(RE),
- [0131] 在所述非反相输入(+IN)连接于所述电压产生电路;
- [0132] 电容器,连接于所述运算放大器的输出(OUT)与所述反相输入(-IN)之间,具有1 $\mu$ F以上的容量;及
- [0133] 电流测定电路,与所述工作电极(WE)连接。
- [0134] 7. 根据实施方式6所述的电化学测定装置,其中,
- [0135] 所述溶液包含测定对象物质,
- [0136] 所述电化学测定装置还具备分子识别膜,该分子识别膜至少设置在所述工作电极的与所述溶液接触的表面,与所述测定对象物质特异性地发生反应。
- [0137] 8. 一种溶液的电化学测定装置,其中,具备:
- [0138] 对电极(CE),构成为与所述溶液接触;
- [0139] 参比电极(RE),构成为与所述溶液接触;
- [0140] 工作电极(WE),构成为与所述溶液接触;

- [0141] 电压产生电路；
- [0142] 电流测定电路，与所述工作电极(WE)连接；
- [0143] 运算放大器，具有输出(OUT)、非反相输入(+IN)以及反相输入(-IN)，
- [0144] 所述输出(OUT)连接于所述对电极(CE)，
- [0145] 所述反相输入(-IN)连接于所述参比电极(RE)，
- [0146] 所述非反相输入(+IN)连接于所述电压产生电路；
- [0147] 电容器，具有1 $\mu$ F以上的容量；
- [0148] 开关电路，具有第一输入端、第二输入端以及输出端；及
- [0149] 缓冲电路，具有输入端和输出端，
- [0150] 所述电容器在一端连接于所述运算放大器的输出(OUT)和所述对电极(CE)，在另一端连接于所述开关电路的输出端，
- [0151] 所述开关电路在第一输入端连接于所述缓冲电路的输出端，在第二输入端连接于所述运算放大器的反相输入(-IN)和所述参比电极(RE)，
- [0152] 所述缓冲电路在输入端连接于所述运算放大器的反相输入(-IN)和所述参比电极(RE)。
- [0153] 9. 根据实施方式8所述的电化学测定装置，其中，
- [0154] 所述溶液包含测定对象物质，
- [0155] 所述电化学测定装置还具备分子识别膜，该分子识别膜至少设置在所述工作电极的与所述溶液接触的表面，与所述测定对象物质特异性地发生反应。
- [0156] 以上，说明了本公开的若干的实施方式及实施例，但是这些实施方式及实施例是例示性地说明本公开的实施方式及实施例。例如，上述各实施方式是为了便于理解地说明本发明而详细说明书的实施方式，根据需要可以追加电路。请求保护的范围包括在不脱离本公开的技术思想的范围内对于实施方式的多个变形方式。因此，本说明书公开的实施方式及实施例是为了例示而表示的实施方式及实施例，不应考虑限定本公开的范围。
- [0157] 符号说明
- [0158] 1、101...测定装置
- [0159] 10、110...电气电路
- [0160] 11、12、13...结点
- [0161] 20...电压产生电路
- [0162] 30...反馈电路
- [0163] 40...电容器
- [0164] 50...电流测定电路
- [0165] 51...电流电压转换电路
- [0166] 52...模拟数字转换电路
- [0167] 60...屏蔽件
- [0168] 70...箱体
- [0169] 90...容器
- [0170] 91...对电极
- [0171] 92...参比电极

- [0172] 93…工作电极
- [0173] 95…溶液
- [0174] 180…开关
- [0175] 181…缓冲电路

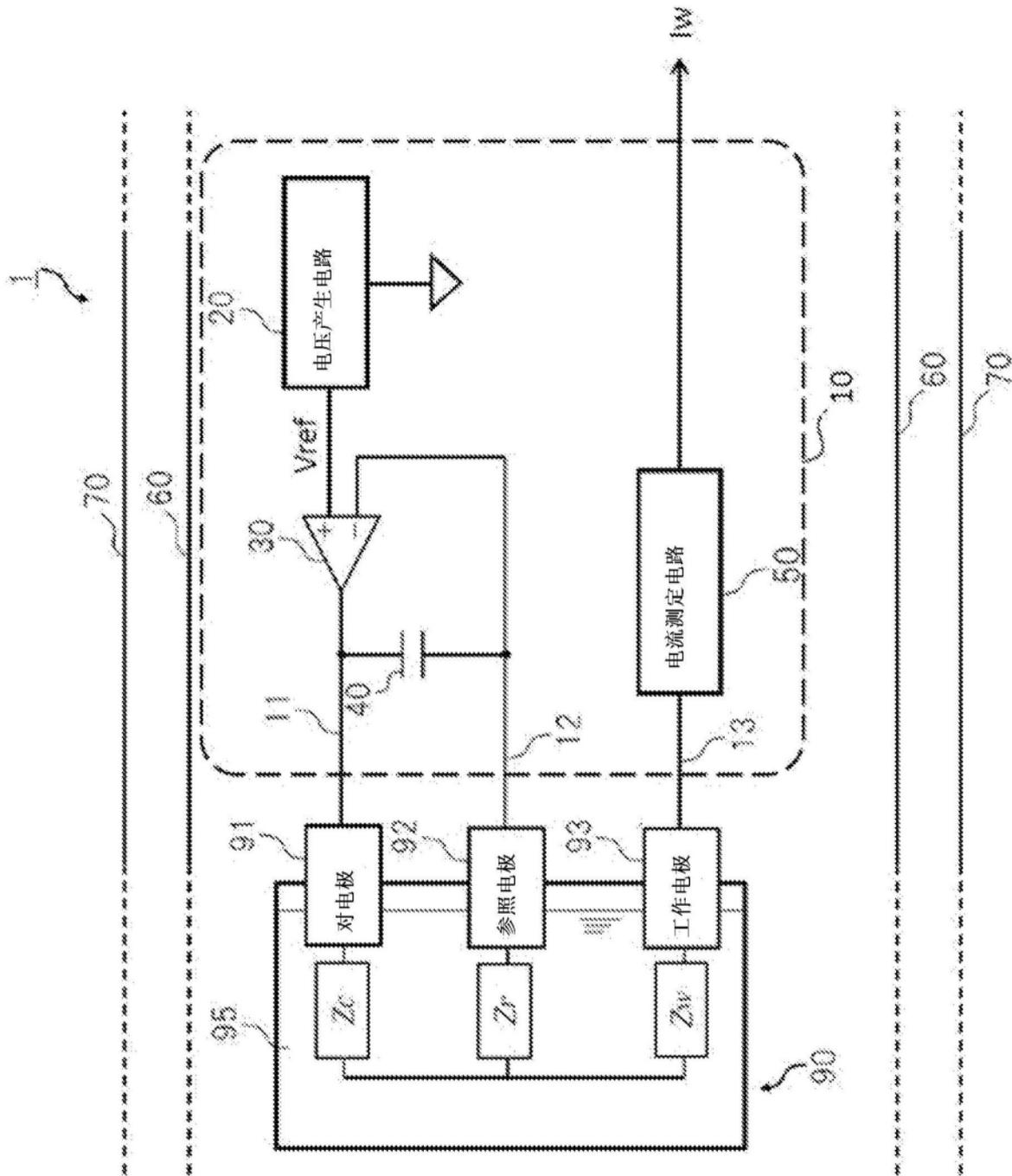


图1

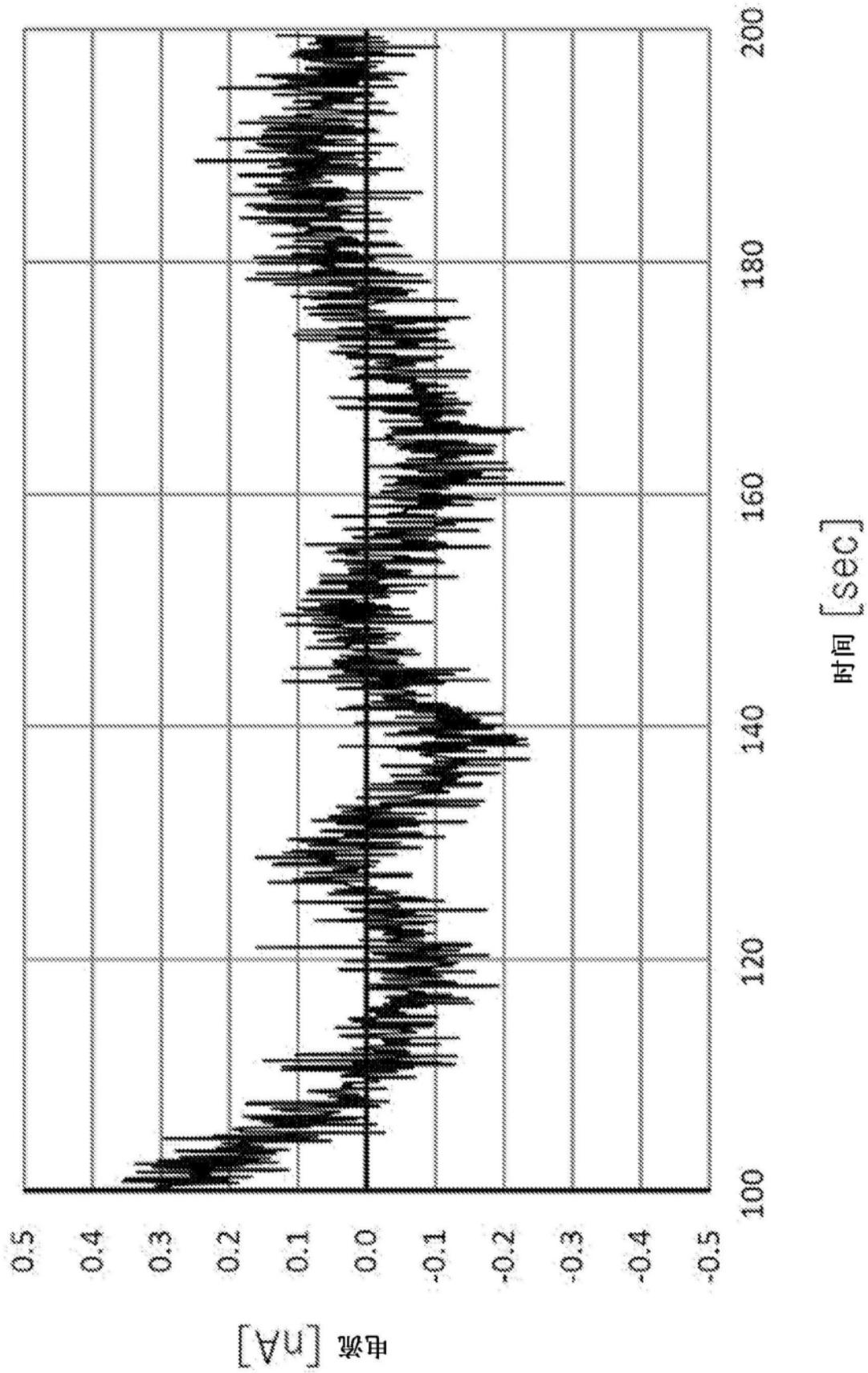


图2

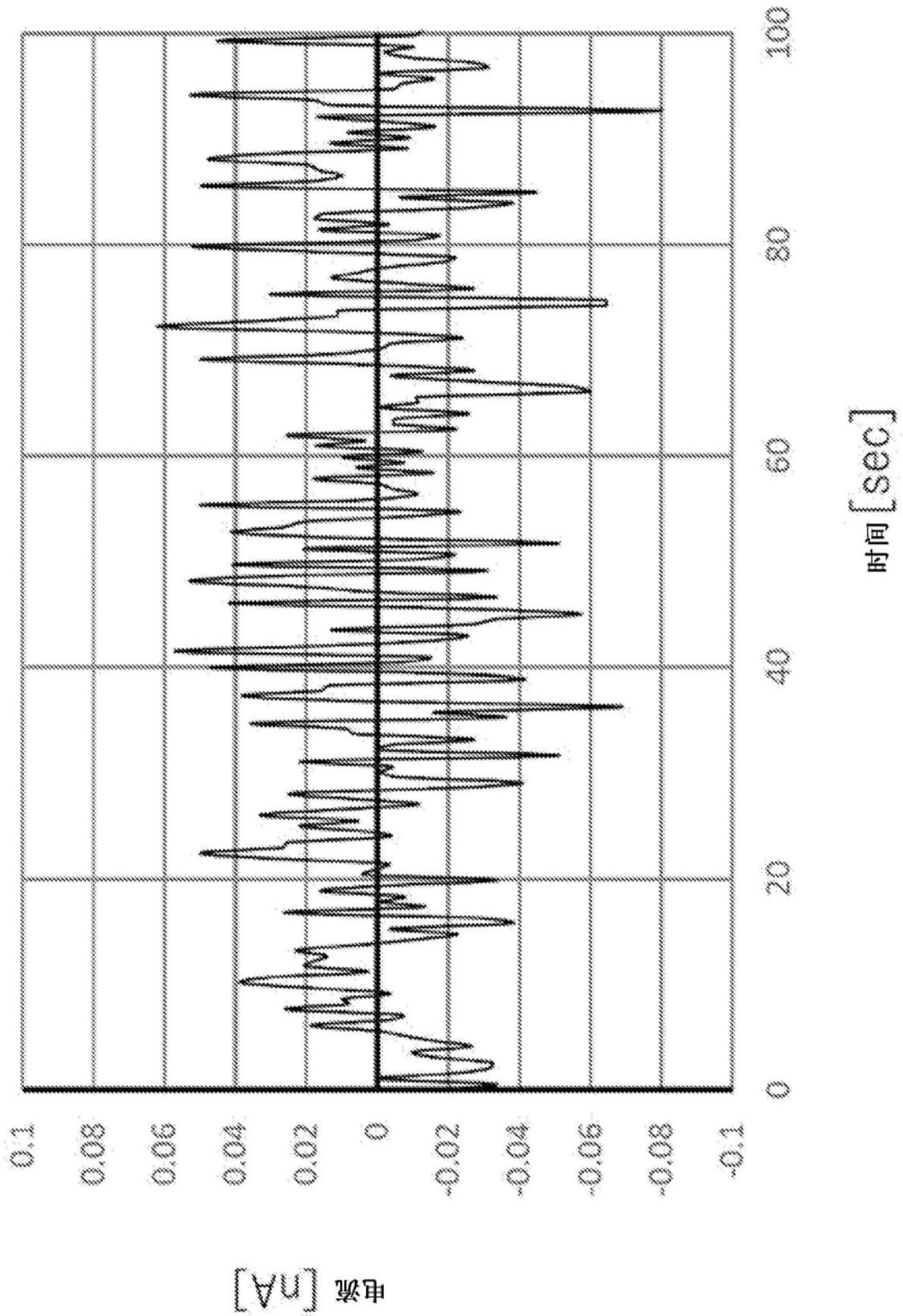


图3

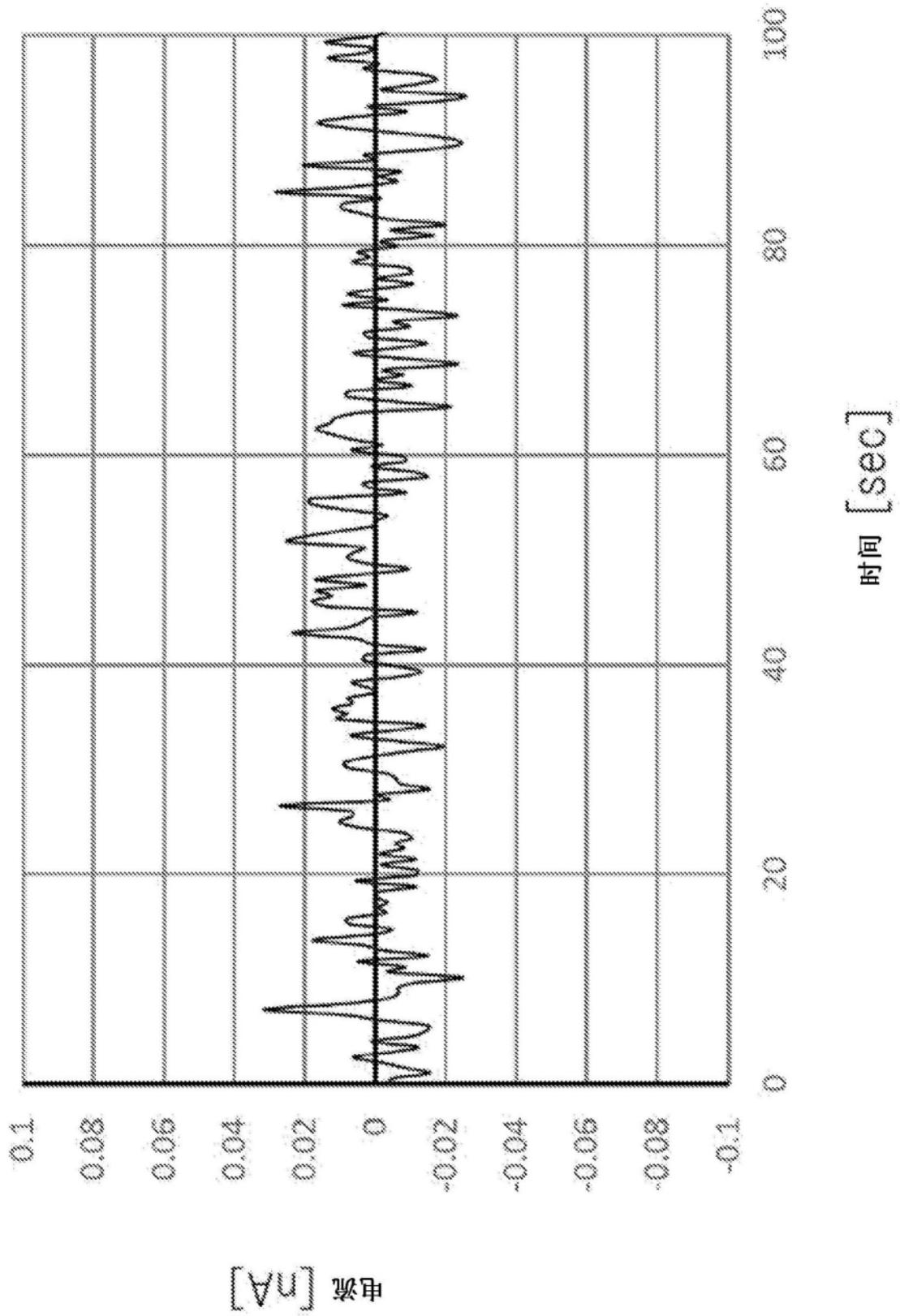


图4

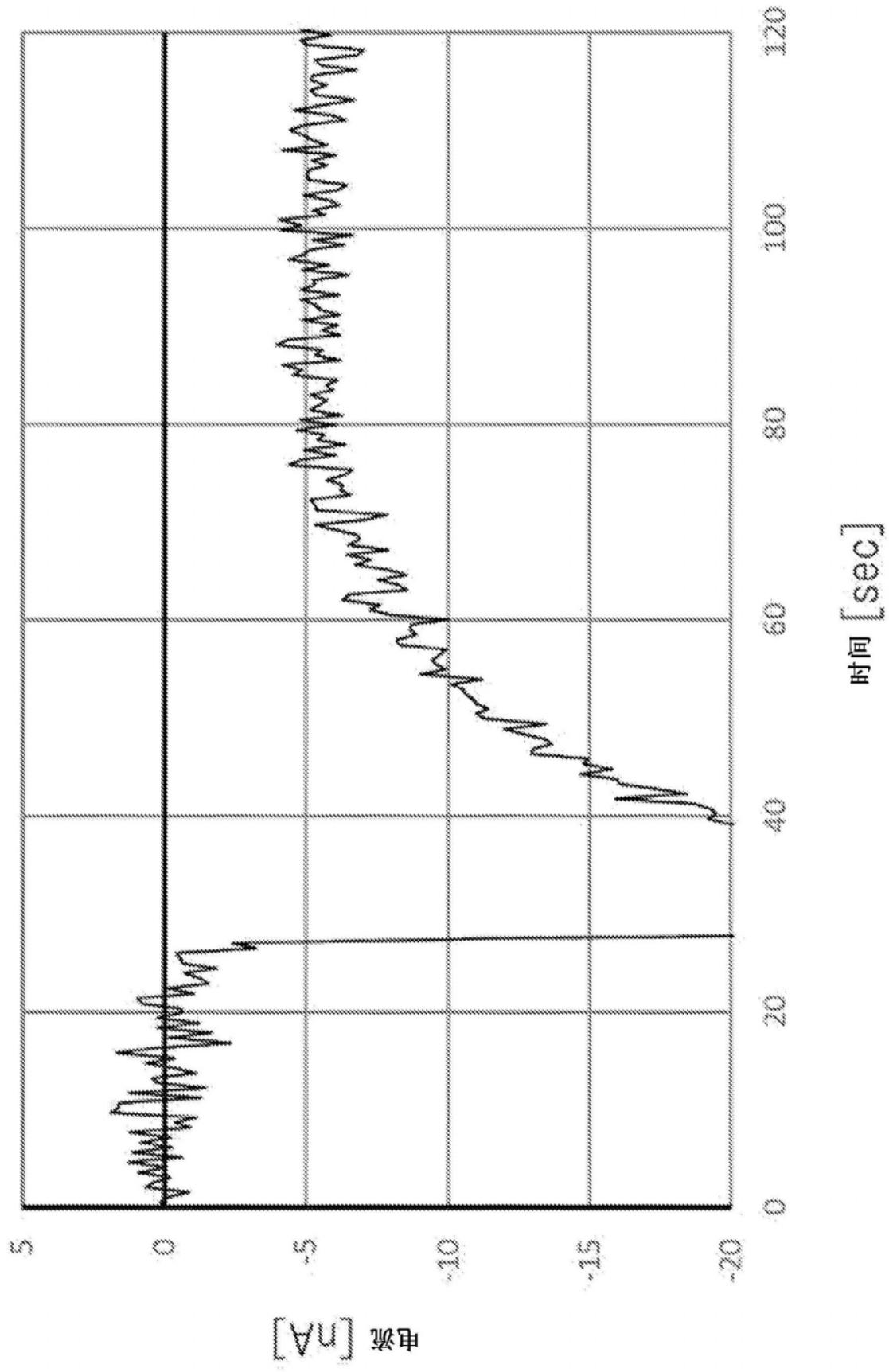


图5

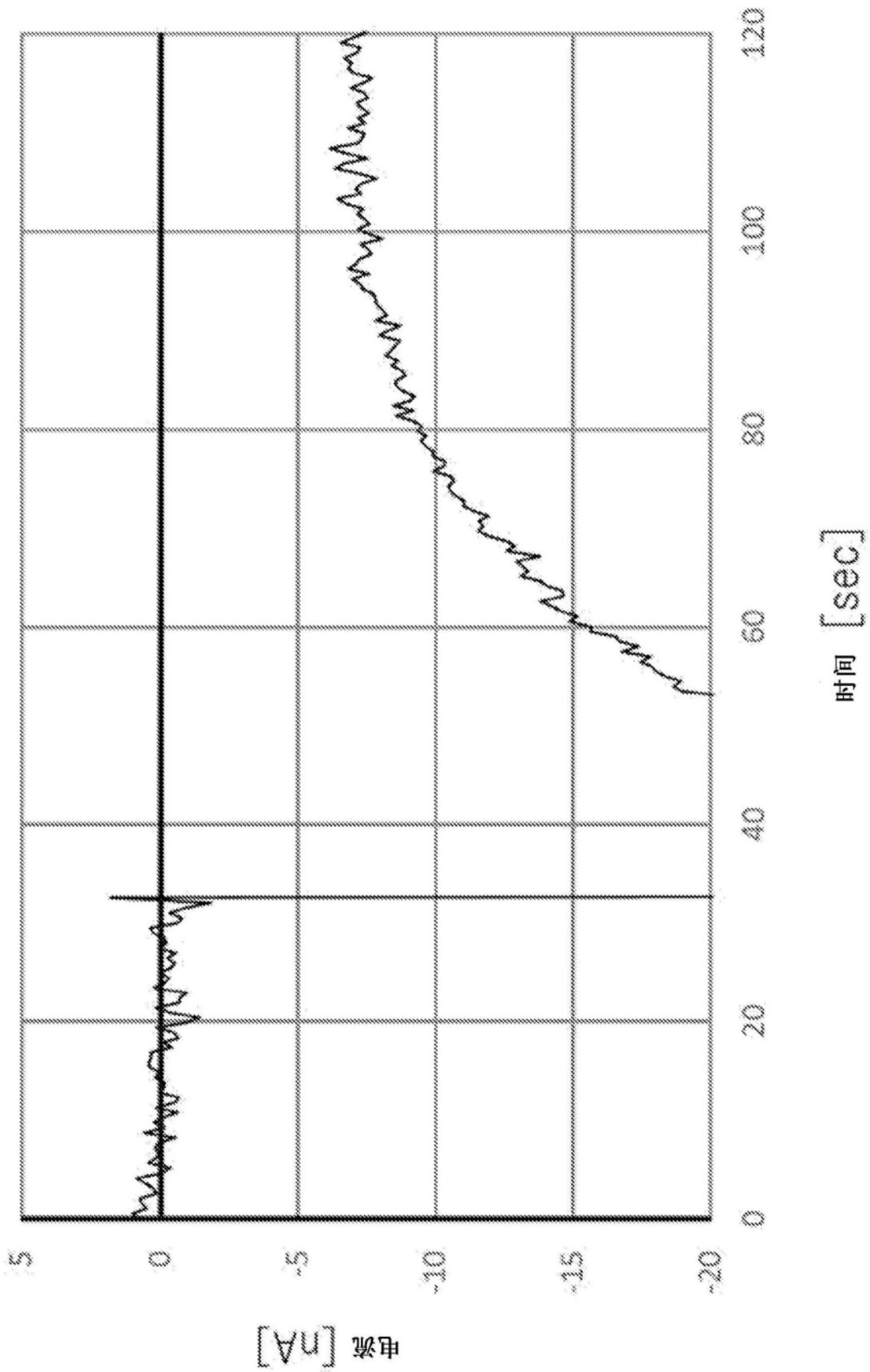


图6

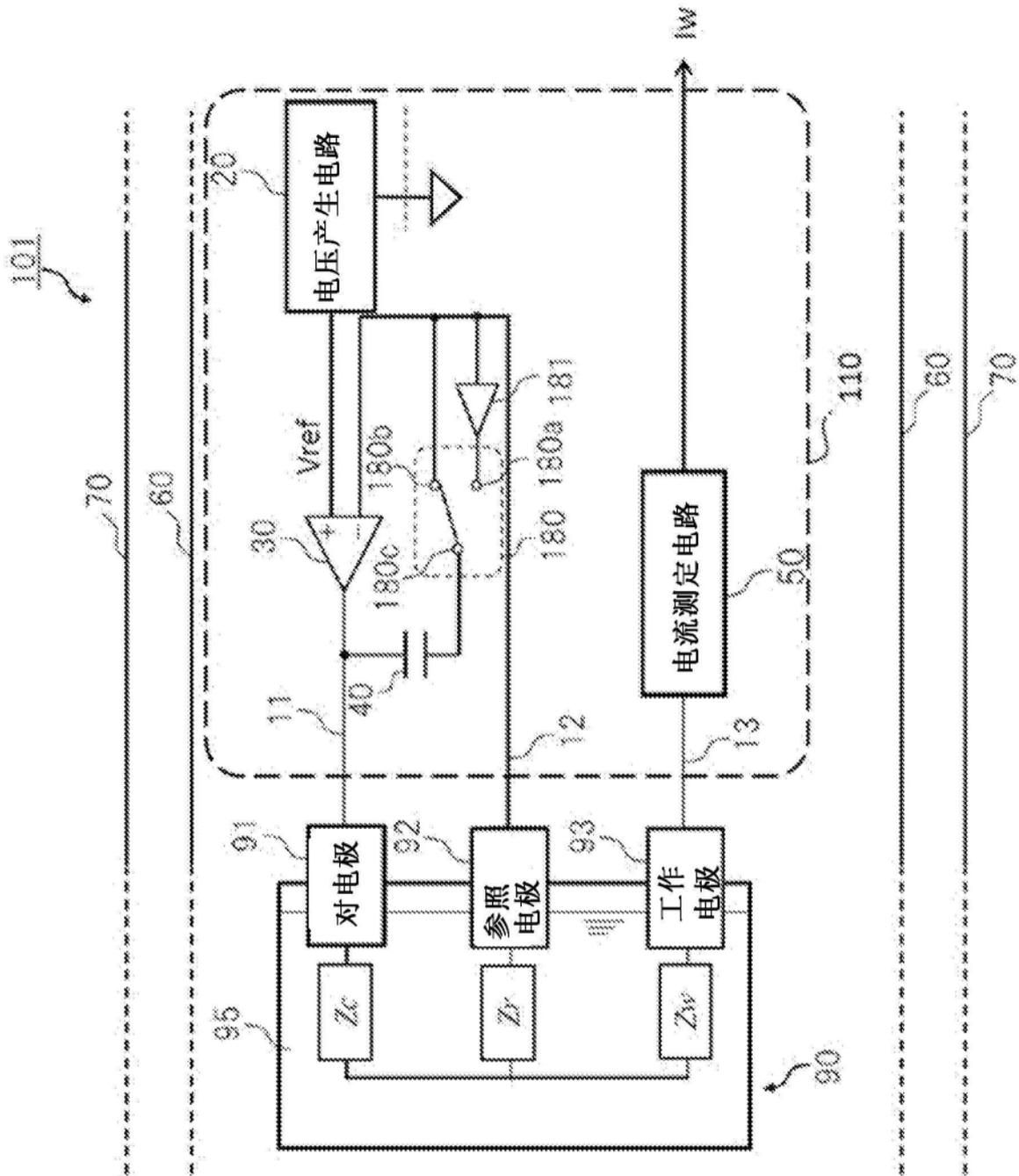


图7

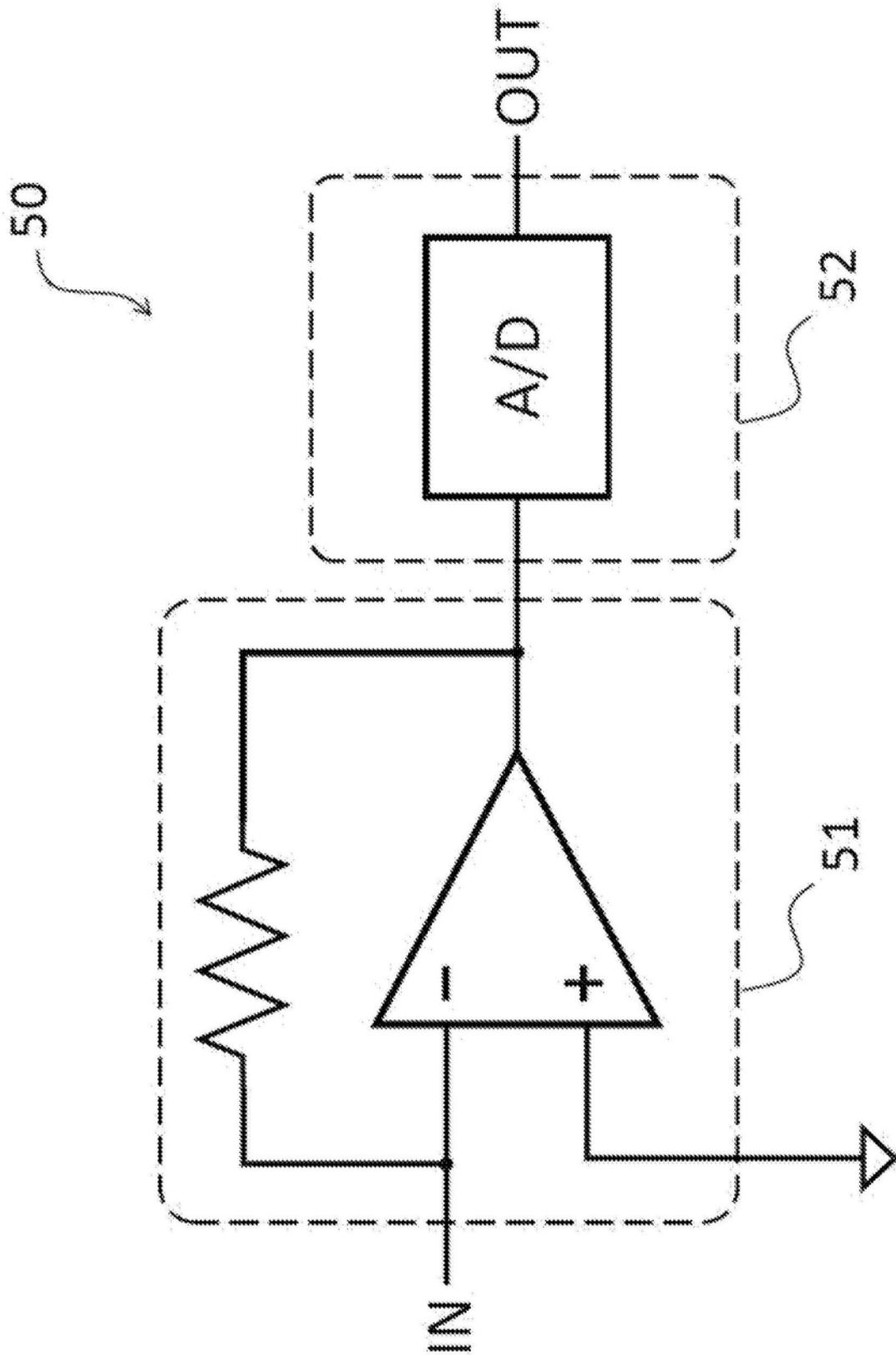


图8

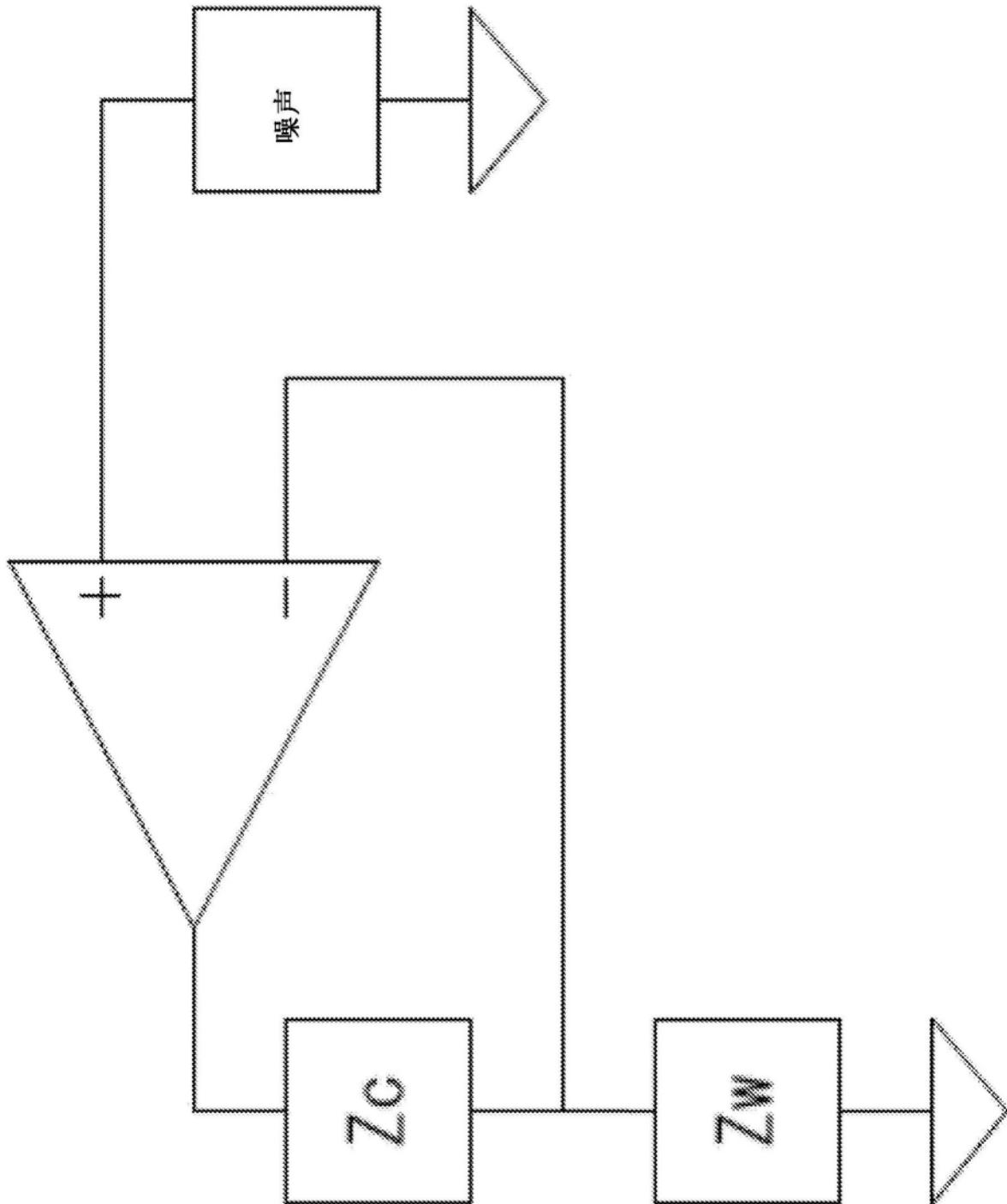


图9

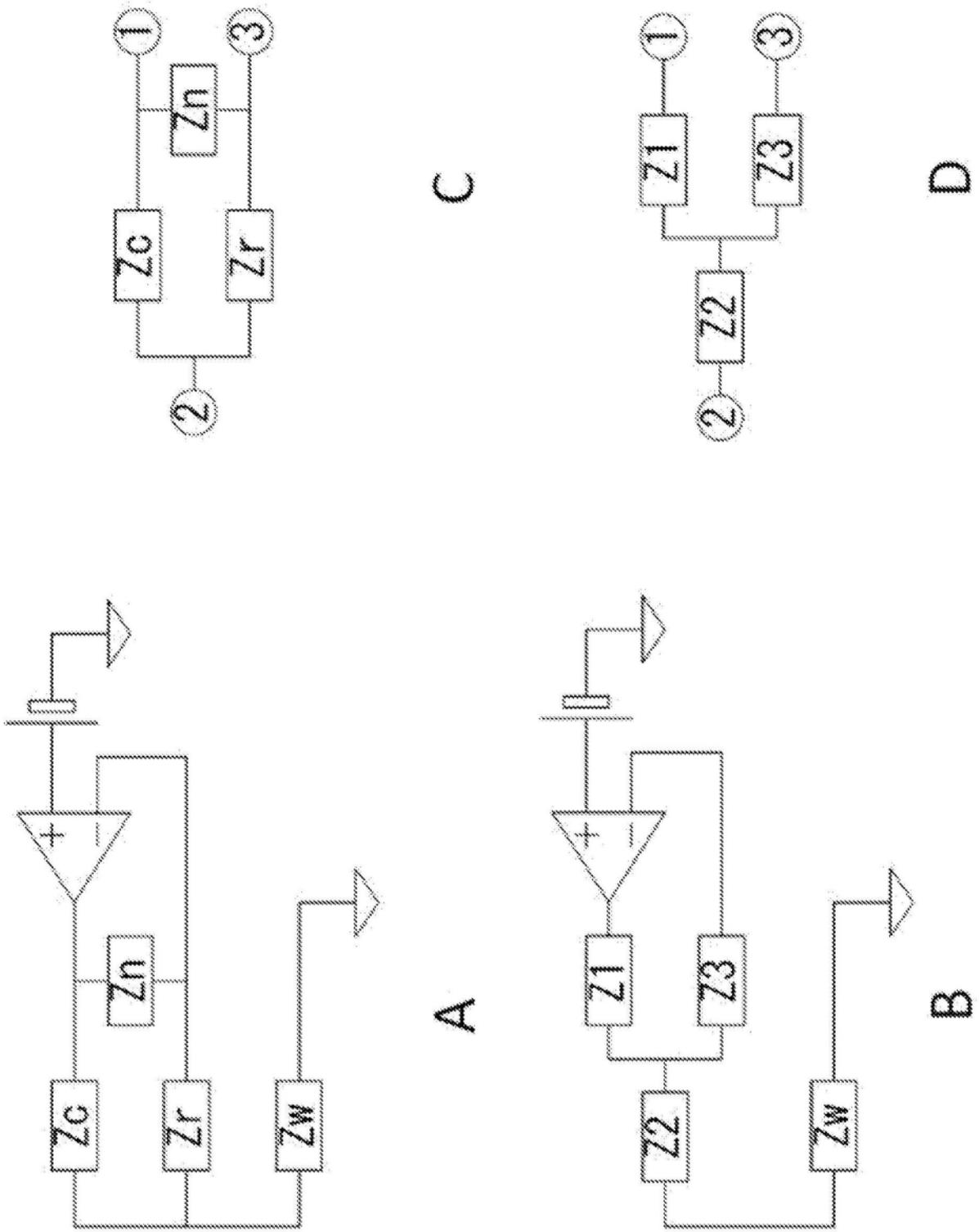


图10