



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115803689 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 14

(21) 申请号 202180046560.9

(22) 申请日 2021.05.13

(30) 优先权数据

2020-133839 2020.08.06 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.12.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/018263 2021.05.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/030062 JA 2022.02.10

(71) 申请人 浜松光子学株式会社

地址 日本静岡県

(72) 发明人 新仓史智 吉见步 北泽健

井上贵之

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

11322

专利代理师 杨琦 梁策

(51) Int.Cl.

G04F 10/00 (2006.01)

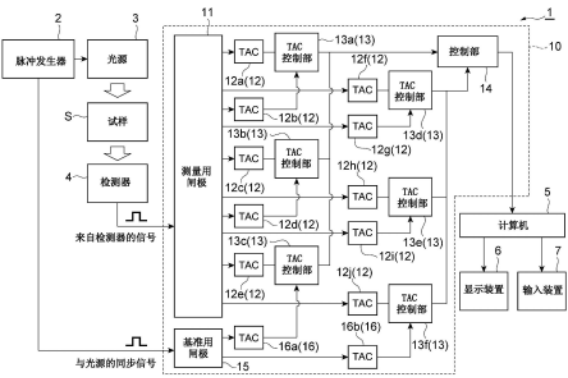
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

时间测量装置、荧光寿命测量装置及时间测量方法

(57) 摘要

本发明的时间测量装置(10)具备:数字计数器(20),其根据时钟信号而输出计数信号;多个TAC电路(12)(TAC电路12a~12j),其输入有检测器(4)中检测的检测信号、及时钟信号,并输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号;控制部(14),其基于从数字计数器(20)输出的计数信号与从TAC电路(12)输出的测量信号,将与检测信号相关的时间信息导出并输出;及测量用闸极(11),其考虑TAC电路(12)的死区时间,切换被输入检测信号的TAC电路(12)。



1. 一种时间测量装置,其具备:
计数器,其根据时钟信号而输出计数信号;
多个第1时间振幅转换器,其输入有检测器中检测的检测信号、及所述时钟信号,并输出与所述检测信号及所述时钟信号间的时间相对应的测量信号;
控制部,其基于从所述计数器输出的所述计数信号与从所述第1时间振幅转换器输出的所述测量信号,将与所述检测信号相关的时间信息导出并输出;及
第1切换部,其考虑所述第1时间振幅转换器的死区时间,切换被输入所述检测信号的所述第1时间振幅转换器。
2. 根据权利要求1所述的时间测量装置,其中,
所述第1切换部基于考虑所述死区时间而预先设定的切换信息,切换所述第1时间振幅转换器。
3. 根据权利要求1或2所述的时间测量装置,其中,
所述控制部,通过从与所述计数信号所表示的计数值相对应的时间减去所述测量信号所表示的时间,而导出表示直至被输入所述检测信号为止的时间的所述时间信息。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的时间测量装置,其中,
所述第1切换部,以对非所述死区时间中的所述第1时间振幅转换器输入所述检测信号的方式,切换所述第1时间振幅转换器。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的时间测量装置,其中,
所述多个第1时间振幅转换器设置有与所述死区时间相对应的个数。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的时间测量装置,其中,
所述多个第1时间振幅转换器设置有与所述检测器所检测的信号量相对应的个数。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的时间测量装置,其中,
还具备:第2时间振幅转换器,其输出与现象的同步信号相对应的信号,所述现象与所述检测器中检测的所述检测信号相关,
所述控制部进一步考虑与所述同步信号相对应的信号,而导出所述时间信息。
8. 根据权利要求7所述的时间测量装置,其中,
具备:多个所述第2时间振幅转换器,
还具备:第2切换部,其考虑所述第2时间振幅转换器的死区时间,切换被输入所述同步信号的所述第2时间振幅转换器。
9. 一种荧光寿命测量装置,其中,
是测量从测量对象物发出的荧光的寿命的荧光寿命测量装置,
具备:
权利要求1至8中任一项的所述时间测量装置;
光源,其对所述测量对象物照射产生的光;
所述检测器,其检测来自照射有来自所述光源的光的所述测量对象物的所述荧光,并输出所述检测信号;及
信号产生部,其控制所述光源的光的输出,对所述光源及所述时间测量装置输出彼此同步的同步信号。
10. 一种时间测量方法,其中,

是一边切换多个时间振幅转换器一边测量时间的时间测量装置所实施的时间测量方法，

包含：

选择工序，基于所述多个时间振幅转换器各自的死区时间，选择被输入检测器中检测的检测信号的一个时间振幅转换器；

获得工序，对选择了的所述一个时间振幅转换器，输入所述检测信号及时钟信号，获得与所述检测信号及所述时钟信号间的时间相对应的测量信号；及

导出并输出工序，基于与所述时钟信号相对应的计数信号与所述测量信号，将与所述检测信号相关的时间信息导出并输出。

11. 根据权利要求10的时间测量方法，其中，

在所述选择工序中，选择非所述死区时间中的所述时间振幅转换器。

时间测量装置、荧光寿命测量装置及时间测量方法

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种时间测量装置、荧光寿命测量装置及时间测量方法。

背景技术

[0002] 在测量对试样照射激发光时的荧光的寿命的荧光寿命测量装置等中,使用输出与开始脉冲信号及停止脉冲信号的时间差相关的信息的时间测量装置。作为此种时间测量装置,已知有利用将时间差作为模拟信号输出的TAC (Time-Analog-Converter) 方式的时间测量装置(例如,参照专利文献1)。TAC方式与通过将时间差作为数字信号输出而测量时间的TDC (Time-digital-converter) 方式相比时,具有时间分辨率高这一优点。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利特表2003-522946号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的问题

[0007] 在如上所述的时间测量装置中,如果在TAC电路(时间振幅转换器)中测量时间,则在测量之后,一定时间成为无法再次进行时间测量的死区时间。由于产生此种死区时间而无法充分提高测量效率。另外,如上所述,TAC方式的优点为时间分辨率高,但难以进行对长时间的现象的时间测量(长时间测量)。

[0008] 本发明的一个方式是鉴于上述实情而完成的,其目的在于提供一种时间测量装置、荧光寿命测量装置及时间测量方法,其可减少死区时间而使测量效率提高,并且实现高时间分辨率且长时间测量。

[0009] 用于解决问题的技术方案

[0010] 本发明的一个方式的时间测量装置具备:计数器,其根据时钟信号而输出计数信号;多个第1时间振幅转换器,其输入有检测器中检测的检测信号、及时钟信号,并输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号;控制部,其基于从计数器输出的计数信号与从第1时间振幅转换器输出的测量信号,将与检测信号相关的时间信息导出并输出;及第1切换部,其考虑第1时间振幅转换器的死区时间,切换被输入检测信号的第1时间振幅转换器。

[0011] 在本发明的一个方式的时间测量装置中,设置有多个输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号的第1时间振幅转换器。并且,在本时间测量装置中,考虑第1时间振幅转换器的死区时间,执行被输入检测信号的第1时间振幅转换器的切换。例如在仅以1个第1时间振幅转换器测量时间的情况下,产生在时间振幅转换器的测量之后无法再次测量的死区时间。关于该点,通过使时间振幅转换器多级化,并且考虑时间振幅转换器的死区时间地切换时间振幅转换器,从而可从在测量之后无法再次测量的时间振幅转换器切换至可测量的时间振幅转换器,大幅减少上述的死区时间。另外,在本发明的一个方式的时间测

量装置中,通过与时钟信号同步动作的计数器输出计数信号而进行依存于时钟的频率的大致的时间测量(低时间分辨率且长时间测量),并且通过第1时间振幅转换器输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号而进行弥补计数器的测量粗糙度的精细的时间测量(高时间分辨率且短时间测量)。通过组合这些时间测量结果来导出最终的时间信息,从而可实现高时间分辨率且长时间测量。如上所述,根据本发明的一个方式的时间测量装置,可减少死区时间而使测量效率提高,并且实现高时间分辨率且长时间测量。

[0012] 也可以为,第1切换部基于考虑死区时间而预先设定的切换信息,切换第1时间振幅转换器。根据此种结构,可基于预先设定的信息(考虑死区时间的切换信息),容易且适当地切换时间振幅转换器。

[0013] 也可以为,控制部,通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间减去测量信号所表示的时间,而导出表示直至被输入检测信号为止的时间的时间信息。从而,可基于计数信号及测量信号,高精度地导出直至被输入检测信号为止的时间。

[0014] 也可以为,第1切换部,以对非死区时间内的第1时间振幅转换器输入检测信号的方式,切换第1时间振幅转换器。由此,可适当避免因第1时间振幅转换器的死区时间的影响而使测量效率恶化。

[0015] 也可以为,多个第1时间振幅转换器设置有与死区时间相对应的个数。由此,可通过切换第1时间振幅转换器而适当避免受到死区时间的影响。

[0016] 也可以为,多个第1时间振幅转换器设置有与检测器所检测的信号量相对应的个数。由此,设置与信号量相对应的数量的第1时间振幅转换器,可通过切换第1时间振幅转换器而适当避免受到死区时间的影响。

[0017] 也可以为,上述的时间测量装置还具备:第2时间振幅转换器,其输出与现象的同步信号相对应的信号,该现象与检测器中检测的检测信号相关,控制部进一步考虑与同步信号相对应的信号,而导出时间信息。由此,可考虑与检测信号相关的现象的实际时刻,更高精度地导出与检测信号相关的时间信息。

[0018] 也可以为,上述的时间测量装置,具备多个第2时间振幅转换器,还具备:第2切换部,其考虑第2时间振幅转换器的死区时间,切换被输入同步信号的第2时间振幅转换器。由此,可适当避免因第2时间振幅转换器的死区时间的影响而使测量效率恶化。

[0019] 本发明的一个方式的荧光寿命测量装置是测量从测量对象物发出的荧光的寿命的荧光寿命测量装置,具备:上述的时间测量装置;光源,其对测量对象物照射产生的光;检测器,其检测来自照射有来自光源的光的测量对象物的荧光,并输出检测信号;及信号产生部,其控制光源的光的输出,对光源及时间测量装置输出彼此同步的同步信号。根据此种荧光寿命测量装置,可使用上述的时间测量装置,有效测量荧光寿命,并且对荧光寿命的测量实现高时间分辨率且长时间测量。

[0020] 本发明的一个方式的时间测量方法是一边切换多个时间振幅转换器一边测量时间的测量装置所实施的时间测量方法,并且包含:选择工序,基于多个时间振幅转换器各自的死区时间,选择被输入检测器中检测的检测信号的一个时间振幅转换器;获得工序,对选择了的一个时间振幅转换器,输入检测信号及时钟信号,获得与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号;导出并输出工序及基于与时钟信号相对应的计数信号与测量信号,将与检测信号相关的时间信息导出并输出。根据此种时间测量方法,可减少死区时间

而使测量效率提高,并且实现高时间分辨率且长时间测量。

[0021] 在上述的时间测量方法中,也可以为,在选择工序中,选择非死区时间中的时间振幅转换器。从而,可适当避免因死区时间的影响而使测量效率恶化。

[0022] 发明效果

[0023] 根据本发明的一个方式,可减少死区时间而使测量效率提高,并且实现高时间分辨率且长时间测量。

附图说明

[0024] 图1是示意性地示出本实施方式的荧光寿命测量装置的图。

[0025] 图2是说明多TAC测量的图。

[0026] 图3是说明多TAC测量的图。

[0027] 图4是说明时间信息的导出的图。

[0028] 图5是说明时间信息的导出的图。

[0029] 图6是说明时间信息的导出的图。

[0030] 图7是示意性地示出变形例的时间测量装置的一例的图。

具体实施方式

[0031] 以下,一边参照附图,一边对本发明的一个方式的时间测量装置、时间测量方法、荧光寿命测量装置的实施方式进行详细说明。

[0032] 图1是示意性地示出本实施方式的荧光寿命测量装置1的图。荧光寿命测量装置1是测量从试样S(测量对象物)发出的荧光的寿命的装置。

[0033] 有机材料或荧光探针(probe)的荧光光谱是在控制、评估峰值波长或荧光强度等试样的功能或特性方面上重要的参数。然而,由于取得按时间积分荧光光谱的信息,因此,在试样中包含多个物质或反应系统的情况下,仅能获得将其积分了的信息。在此种情况下,作为评估试样的功能或特性的方法,有效的是在亚纳秒~毫秒的时间区域测定在试样由脉冲光进行光激发之后,直至返回基态的时间的荧光寿命测量。在本实施方式的荧光寿命测量装置1中,通过后述的时间测量装置10导出荧光的检测时刻(timing),通过多次检测荧光而获得检测时刻的频率分布,并基于该频率分布推定试样S的荧光寿命。

[0034] 如图1所示,荧光寿命测量装置1构成为包含:脉冲发生器2(信号产生部)、光源3、检测器4、计算机5、显示装置6、输入装置7、及时间测量装置10。此外,在图1中,省略荧光寿命测量装置1的结构中的、后述的时钟(clock)生成电路9(参照图3)的图示。

[0035] 脉冲发生器2基于来自计算机5的指示,对光源3及时间测量装置10的基准用闸极(gate)15(细节予以后述)分别输出同步(例如,相同时序(timing))的脉冲信号。脉冲发生器2控制光源3的光的输出,并将该控制信号作为脉冲信号输出。基准用闸极15基于该脉冲信号,将同步信号输出至TAC电路16a或TAC电路16b(细节予以后述)。由于对光源3及基准用闸极15输入相同时序的脉冲信号,因此,从基准用闸极15输出的同步信号是与来自光源3的光(激发光)的照射对应(同步)的信号。

[0036] 光源3基于从脉冲发生器2输出的上述脉冲信号,输出照射于试样S的激发光。作为光源3,可使用LED(Light Emitting Diode:发光二极管)光源、激光源、SLD(Super

Luminescent Diode:超发光二极管)光源、灯系光源等。激发光的强度例如也可设定为以下的程度,即,在对试样S照射激发光时发出1光子。从照射有激发光的试样S输出与激发光相对应的荧光。

[0037] 检测器4检测来自试样S的荧光,将检测信号输出至时间测量装置10的测量用闸极(gate)11(细节予以后述)。作为检测器4,可使用光电子倍增管或雪崩光电二极管、PIN光电二极管等。

[0038] 计算机5基于从时间测量装置10(更详细而言为控制部14)输出的测量结果,导出荧光寿命。具体而言,计算机5根据测量结果中包含的荧光的时间信息(荧光的检测时刻),导出荧光的检测时刻的频率分布,根据该频率分布求出试样S的荧光寿命。计算机5例如由CPU等运算部与RAM或闪存等存储部构成。此外,计算机5也可承担时间测量装置10的控制部14的功能。

[0039] 显示装置6为与计算机5电连接的显示器,显示上述的试样S的荧光寿命解析结果。输入装置7为键盘或鼠标等,可进行荧光寿命的解析条件或测量条件的输入、设定。

[0040] 时间测量装置10是将从输入第1触发信号至输入第2触发信号的时间,作为测量时间算出的时间测量装置。时间测量装置10可应用于根据在不同时刻输入的2个信号(第1触发信号及第2触发信号)而导出该2个信号的输入时刻的差的各种装置及系统。在本实施方式中,如上所述,时间测量装置10应用于测量从试样S发出的荧光的寿命的荧光寿命测量装置1。

[0041] 如图1所示,时间测量装置10具备:测量用闸极11(第1切换部)、TAC(Time-Analog-Converter)电路12(第1时间振幅转换器)、TAC控制部13、控制部14、基准用闸极15(第2切换部)、及TAC电路16(第2时间振幅转换器)。更详细而言,时间测量装置10,具有多个TAC电路12a~12j作为TAC电路12,具有多个TAC控制部13a~13f作为TAC控制部13,具有多个TAC电路16a、16b作为TAC电路16。多个TAC电路12a~12j相对于测量用闸极11相互并联连接,多个TAC电路16a、16b相对于基准用闸极15相互并联连接。此外,在图1中,省略时间测量装置10的结构中的、后述的数字计数器20(参照图3)的图示。该数字计数器20也可设置于TAC控制部13,也可与TAC控制部13分开设置。

[0042] TAC电路12是将从输入第1触发信号至输入第2触发信号的时间差,作为模拟信号(振幅)输出的时间振幅转换器的电路。TAC电路12例如构成为可测量10ns的时间。TAC电路12,具体而言,将检测器4中检测的检测信号作为第1触发信号,将从时钟生成电路9(参照图3)输出的时钟(clock)信号作为第2触发信号,并将与检测信号及时钟信号间的时间相对应的模拟信号(振幅)作为测量信号输出至TAC控制部13。即,TAC电路12输入有检测器4中检测的检测信号及时钟信号,并输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号。TAC电路12经由测量用闸极11,接受检测信号的输入。

[0043] TAC控制部13是将从TAC电路12输入的测量信号即模拟信号(振幅)转换成数字信号的AD转换器。TAC控制部13将AD转换后的数字信号作为测量信号输出至控制部14。如上所述,时间测量装置10具有多个TAC控制部13a~13f作为TAC控制部13。如图1所示,TAC控制部13a从TAC电路12a、12b接受测量信号的输入,TAC控制部13b从TAC电路12c、12d接受测量信号的输入,TAC控制部13c从TAC电路12e、16a接受测量信号的输入,TAC控制部13d从TAC电路12f、12g接受测量信号的输入,TAC控制部13e从TAC电路12h、12i接受测量信号的输入,TAC

控制部13f从TAC电路12j、16b接受测量信号的输入。

[0044] 测量用闸极11从检测器4接受第1触发信号即检测信号的输入,并将该检测信号输出至TAC电路12。详细而言,测量用闸极11将从检测器4输入的检测信号,仅输出至多个TAC电路12a~12j中的1个TAC电路12。图2及图3是说明多TAC测量的图。此处的多TAC测量是指,切换并利用多个TAC电路12a~12j的测量方法。

[0045] 如图2所示,测量用闸极11具有:以与多个TAC电路12a~12j以1对1对应的方式设置于TAC电路12a~12j的前级的多个闸极电路11a~11j。测量用闸极11的多个闸极电路11a~11j设为仅1个有效(接受检测信号的输入的状态)。未设为有效的闸极电路11a~11j设为待机状态(不接受检测信号的输入的状态)。测量用闸极11通过切换设为有效的闸极电路11a~11j,而仅对多个TAC电路12a~12j中的1个输入检测信号。

[0046] 测量用闸极11考虑多个TAC电路12a~12j的死区时间,切换被输入检测信号的TAC电路12a~12j。此处的死区时间是指,在TAC电路12中测量了时间之后一定时间无法再次进行时间测量的时间。各TAC电路12a~12j为彼此同等的性能,死区时间也为相同程度。此外,各TAC电路12a~12j的死区时间也可互不相同。例如在图2所示的例中,测量用闸极11首先将闸极电路11a设为有效,将其他闸极电路11b~11j设为待机状态。在该状态下,在从检测器4对测量用闸极11输入检测信号时,仅对闸极电路11a输入检测信号,并经由闸极电路11a对TAC电路12a输入检测信号。在TAC电路12a中,输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号。对于进行输出该测量信号的处理之后的一定时间,成为在TAC电路12a无法再次进行时间测量的死区时间。因此,测量用闸极11将第2个闸极电路11b设为有效,将其他闸极电路11a、11c~11j设为待机状态。在该状态下,在从检测器4对测量用闸极11输入检测信号时,仅对闸极电路11b输入检测信号,并经由闸极电路11b对TAC电路12b输入检测信号。并且,与TAC电路12a同样,对于TAC电路12b,也成为死区时间,因此,测量用闸极11接着将第3个闸极电路11c设为有效,将其他闸极电路11a、11b、11d~11j设为待机状态。如此,测量用闸极11通过依次将与各TAC电路12a~12j对应的闸极电路11a~11j仅1个设为有效,而依次切换被输入检测信号的TAC电路12a~12j。根据该方式,丢失光子的死区时间并非TAC电路12的死区时间(TAC处理中的死区时间),仅为闸极电路11a~11j的切换时间。由于TAC处理中的死区时间为例如150ns,闸极电路的切换时间为例如1ns,因此,通过本方式,可大幅缩短丢失光子的死区时间。

[0047] 测量用闸极11基于考虑死区时间而预先设定的切换信息,切换被输入检测信号的TAC电路12a~12j。该切换信息是,以不对死区时间中的TAC电路12a~12j输入检测信号的方式,规定TAC电路12a~12j的切换顺序(对闸极电路11a~11j设为有效的顺序)的信息。即,测量用闸极11以检测信号的输入目的地为非死区时间中的TAC电路12a~12j的方式,切换TAC电路12a~12j。作为可进行此种切换的前提,多个TAC电路12a~12j设置有与TAC电路12的死区时间相对应的个数。与死区时间相对应的个数是指,在以对各TAC电路12依次输入检测信号的方式进行TAC电路12的切换时,不对死区时间中的TAC电路12输入检测信号的个数。另外,多个TAC电路12a~12j设置有与检测器4所检测的信号量相对应的个数。与检测器4所检测的信号量相对应的个数是指,即便在以设想的最大的信号量输入检测信号的情况下,在以对各TAC电路12依次输入检测信号的方式进行TAC电路12的切换时,也不对死区时间中的TAC电路12输入检测信号的个数。

[0048] 控制部14,基于从数字计数器20(参照图3)输出的计数信号与从TAC电路12输出并在TAC控制部13中转换成数字信号的测量信号,将与通过检测器4检测的检测信号相关的时间信息导出并输出。如图3所示,数字计数器20是输入有来自检测器4的检测信号与来自时钟生成电路9的时钟信号的计数器。数字计数器20与时钟信号同步动作,根据时钟信号(对时钟信号进行计数)将计数信号输出至控制部14。此种数字计数器20虽可对检测信号进行长时间测量,但难以提高时间分辨率。控制部14通过将数字计数器20的时间测量结果、与时间分辨率高的TAC电路12的时间测量结果组合,而实现与检测信号相关的时间信息的高时间分辨率且长时间测量。

[0049] 图4~图6是说明上述的时间信息的导出的图。在图4~图6中,横轴表示时间轴。如图4所示,数字计数器20对时钟信号进行计数并输出计数信号。在图4中示出:数字计数器20输出表示23、24、25、26、27、28的计数信号的例子。如上所述,数字计数器20与时钟信号同步动作。并且,如图4所示,当前,TAC电路12测量了从输入来自检测器4的检测信号TRG1至输入检测信号TRG1的下个时钟信号TRG2的时间差 T 。在TAC电路12输出的测量信号中,如图5所示,从输入检测信号TRG1的时刻(时间 t_1)起,电压(振幅)与检测信号TRG1对应地开始增加,从输入时钟信号TRG2的时刻(时间 t_2)起,电压(振幅)与时钟信号TRG2对应地为恒定。

[0050] 控制部14通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间,减去测量信号所表示的时间,而导出表示直至检测信号输入TAC电路12为止的时间的时间信息。即,在图4所示的例中,控制部14通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间即23,减去测量信号所表示的时间信息即时间差 T ,而导出表示直至检测信号TRG1输入TAC电路12为止的时间的时间信息($23-T$)。通过输入数字计数器20的时钟信号、与输入TAC电路12的时钟信号相对应(输入TAC电路12的时钟信号所表示的计数值唯一确定),可实现此种时间信息的导出。

[0051] 控制部14在切换多个TAC电路12的结构中,基于来自各TAC电路12的信息而分别导出时间信息,从而在多光子的情况下也可适当进行时间测量。在图6所示的例子中,在导出首先被输入检测信号的TAC电路12(图6中记载为TAC1)的时间信息后,导出第2个被输入检测信号的TAC电路12(图6中记载为TAC2)的时间信息,进而,导出第3个被输入检测信号的TAC电路12(图6中记载为TAC3)的时间信息。即,在图6所示的例子中,控制部14通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间即23减去TAC1输出的测量信号所表示的时间信息而导出与TAC1的测量结果相关的时间信息,通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间即24减去TAC2输出的测量信号所表示的时间信息而导出与TAC2的测量结果相关的时间信息,通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间即27减去TAC3输出的测量信号所表示的时间信息而导出与TAC3的测量结果相关的时间信息。控制部14将导出的时间信息(测量结果)输出至计算机5。

[0052] TAC电路16是将从输入第1触发信号至输入第2触发信号的时间差,作为模拟信号(振幅)输出的时间振幅转换器的电路。TAC电路16输出和与检测器4中检测的检测信号相关的现象的同步信号相对应的信号。与检测器4中检测的检测信号相关的现象是指,检测器4中检测的来自试样S的荧光。现象的同步信号是指,基于脉冲发生器2对光源3及基准用闸极15在同步(例如相同)的时刻输出的脉冲信号,基准用闸极15对TAC电路16输出的同步信号。即,此处的同步信号是指,针对荧光的检测,与从光源3照射于试样S的激发光同步的信号。TAC电路16,具体而言,将从基准用闸极15输入的同步信号作为第1触发信号,将从时钟生成

电路9输出的时钟信号作为第2触发信号,并将与同步信号及时钟信号的时间差相对应的模拟信号(振幅)作为与上述的同步信号相对应的信号而输出至TAC控制部13。时间测量装置10具有2个TAC电路16a、16b作为TAC电路16。TAC电路16a将与上述的同步信号相对应的信号输出至TAC控制部13c。另外,TAC电路16b将与上述的同步信号相对应的信号输出至TAC控制部13f。TAC控制部13c、13f将从TAC电路16a、16b输入的信号转换成数字信号并输出至控制部14。并且,控制部14也可进一步考虑与上述的同步信号相对应的信号而导出时间信息。即,控制部14也可根据与上述的同步信号相对应的信号,确定现象的开始时刻(始点),更高精度地导出与由检测器4检测的检测信号相关的时间信息。

[0053] 基准用闸极15考虑TAC电路16的死区时间,切换被输入上述的同步信号的TAC电路16a、16b。基准用闸极15从脉冲发生器2接受脉冲信号的输入,并将与该脉冲信号相对应的同步信号仅输出至TAC电路16a、16b中的一个。基准用闸极15基于考虑死区时间而预先设定的切换信息,切换被输入同步信号的TAC电路16a、16b。该切换信息以不对死区时间中的TAC电路16a、16b输入同步信号的方式规定。

[0054] 接着,对本实施方式的时间测量装置10、及具备该时间测量装置10的荧光寿命测量装置1的作用、效果进行说明。

[0055] 本实施方式的时间测量装置10具备:数字计数器20,其根据时钟信号输出计数信号;多个TAC电路12(TAC电路12a~12j),其输入有检测器4中检测的检测信号及时钟信号,输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号;控制部14,其基于从数字计数器20输出的计数信号与从TAC电路12输出的测量信号,将与检测信号相关的时间信息导出并输出;及测量用闸极11,其考虑TAC电路12的死区时间,切换被输入检测信号的TAC电路12。

[0056] 在此种时间测量装置10中,设置有多个输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号的TAC电路12。并且,在本时间测量装置10中,考虑TAC电路12的死区时间,执行被输入检测信号的TAC电路12的切换。例如,在仅以1个TAC电路12测量时间的情况下,产生在TAC电路12的测量之后无法再次测量的死区时间。关于该点,通过使TAC电路12多级化,并且考虑TAC电路12的死区时间切换TAC电路12,从而可从在测量之后无法再次测量的TAC电路12切换至可测量的TAC电路12,大幅减少上述的死区时间。另外,在本实施方式的TAC电路12中,通过与时钟信号同步动作的数字计数器20输出计数信号,而进行依存于时钟的频率的大致的时间测量(低时间分辨率且长时间测量),并且通过TAC电路12输出与检测信号及时钟信号间的时间相对应的测量信号,从而进行弥补数字计数器20的测量粗糙度的精细的时间测量(高时间分辨率且短时间测量)。通过组合这些时间测量结果而导出最终的时间信息,可实现高时间分辨率且长时间测量。如以上所述,根据本实施方式的时间测量装置10,可减少死区时间而使测量效率提高,并且实现高时间分辨率且长时间测量。时间测量装置10的时间分辨率的一例为0.25ps,长时间测量的一例为24小时以上。此外,此处的时间分辨率是指测量单位,并非表示测量系统整体的时间分辨率。

[0057] 例如,在将TADF等有机EL发光材料进行光激发的情况下,可产生ns级的发光及ms级的发光。如此,在产生具有非常大的时间单位差的衰减特性的发光的情况下,为高效地进行荧光寿命测量,需要可在维持高时间分辨率的状态下进行长时间测量的测定装置。在此种荧光寿命测量等中,可有效利用本实施方式的、实现高时间分辨率且长时间测量的时间测量装置10。此外,时间测量装置10的测量对象不限于上述的TADF,可包含其他荧光体、

或发光现象以外的各种现象的对象。

[0058] 另外,上述的时间测量装置10通过切换多个TAC电路12进行时间测量,例如可在荧光寿命测量中,以比目前更高的光量(例如10倍程度的光量)进行时间测量。在试样的发光强度较强的情况下,目前使用滤波器使发光大幅衰减而进行测量,以信号损失较多的状态进行时间测量,但根据时间测量装置10,可以在抑制该信号的损失的状态下高精度地进行时间测量。

[0059] 也可以为,测量用闸极11基于考虑死区时间而预先设定的切换信息,切换TAC电路12。根据此种结构,可基于预先设定的信息(考虑死区时间的切换信息),容易且适当地切换TAC电路12。

[0060] 也可以为,控制部14通过从与计数信号所表示的计数值相对应的时间,减去测量信号所表示的时间,而导出表示直至被输入检测信号为止的时间的时间信息。由此,可基于计数信号及测量信号,高精度地导出直至被输入检测信号为止的时间。

[0061] 也可以为,测量用闸极11以对非死区时间中的TAC电路12输入检测信号的方式,切换TAC电路12。由此,可适当地避免因TAC电路12的死区时间的影响而测量效率恶化。

[0062] 也可以为,多个TAC电路12设置有与死区时间相对应的个数。由此,可通过切换TAC电路12而适当避免受到死区时间的影响。

[0063] 也可以为,多个TAC电路12设置有与检测器4所检测的信号量相对应的个数。由此,设置与信号量相对应的数量的TAC电路12,可通过切换TAC电路12而适当避免受到死区时间的影响。

[0064] 也可以为,时间测量装置10还具备:多个TAC电路16(TAC电路16a、16b),其输出与检测器4中检测的检测信号相关的现象的同步信号相对应的信号;控制部14进一步考虑与同步信号相对应的信号,而导出时间信息。从而,可考虑与检测信号相关的现象的实际时刻,更高精度地导出与检测信号相关的时间信息。

[0065] 也可以为,时间测量装置10还具备:基准用闸极15,其考虑TAC电路16的死区时间,切换被输入同步信号的TAC电路16。从而,可适当避免因TAC电路16的死区时间的影响而使基准信号的测量效率恶化。

[0066] 本实施方式的荧光寿命测量装置1是测量从试样S发出的荧光的寿命的荧光寿命测量装置,其具备:上述的时间测量装置10;光源3,其对试样S照射产生的光;检测器4,其检测来自照射有来自光源3的光的试样S的荧光,并输出检测信号;及脉冲发生器2,其控制光源3的光的输出,对光源3及时间测量装置10输出彼此同步的同步信号。根据此种荧光寿命测量装置1,可使用上述的时间测量装置10,有效地测量荧光寿命,并且对荧光寿命的测量实现高时间分辨率且长时间测量。

[0067] 以上,对本发明的一个实施方式进行了说明,但本发明并未限定于上述实施方式。例如,说明了时间测量装置10具备与同步信号相关的TAC电路16及基准用闸极15,但在可掌握时间测定对象的现象的时刻(重复时刻等)时,如图7所示,也可采用不具备TAC电路16及基准用闸极15的结构。

[0068] 另外,TAC电路12的数量也不限定于实施方式中说明的数量(8个),例如图7所示,TAC电路12也可为6个(TAC电路12a~12f)等,也可为其他数量。如果为例如荧光寿命测量,则此种TAC电路12的适当的数量优选根据测定的荧光寿命值而变化。例如,在测定的荧光寿

命值为 $5\mu\text{s}$ 以下的情况下,可将TAC电路12的数量设为8个(或其以下),在测定的荧光寿命值比 $5\mu\text{s}$ 长的情况下,设置9个以上的TAC电路12。

[0069] [符号说明]

[0070] 1…荧光寿命测量装置、2…脉冲发生器(信号产生部)、3…光源、4…检测器、10…时间测量装置、11…测量用闸极(第1切换部)、12…TAC电路(第1时间振幅转换器)、14…控制部、15…基准用闸极(第2切换部)、16…TAC电路(第2时间振幅转换器)、20…数字计数器(计数器)、S…试样(测量对象物)。

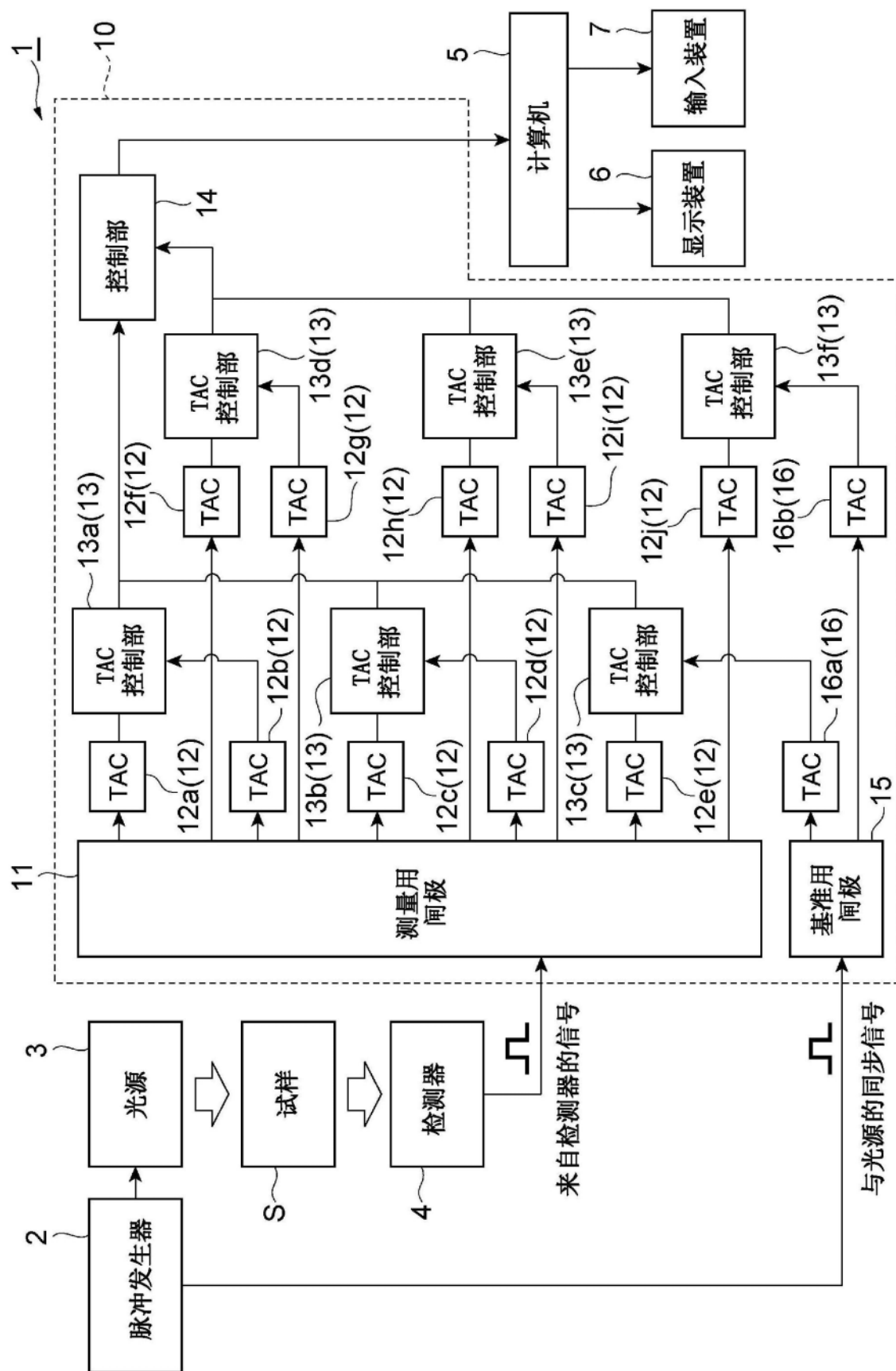


图1

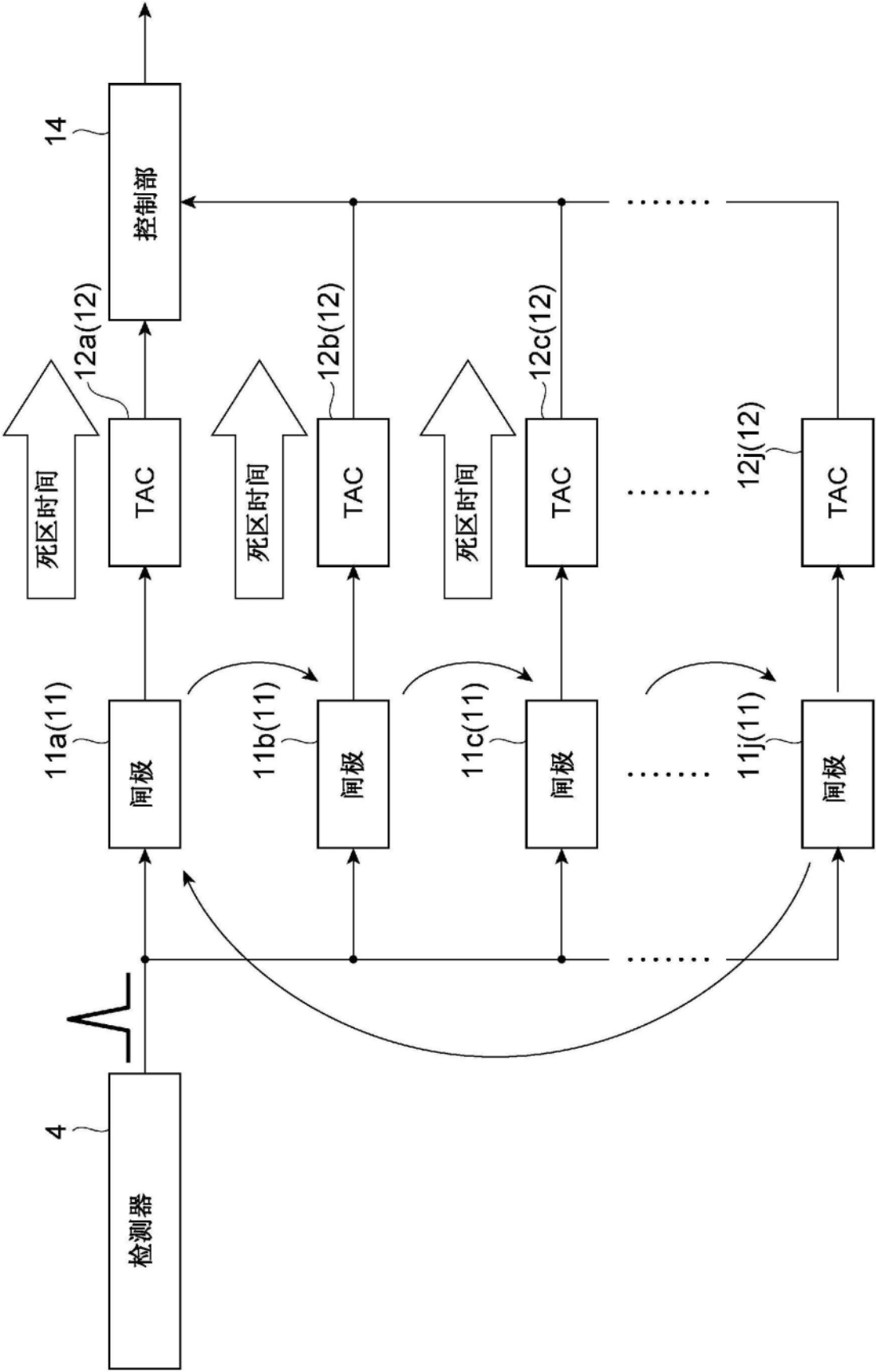


图2

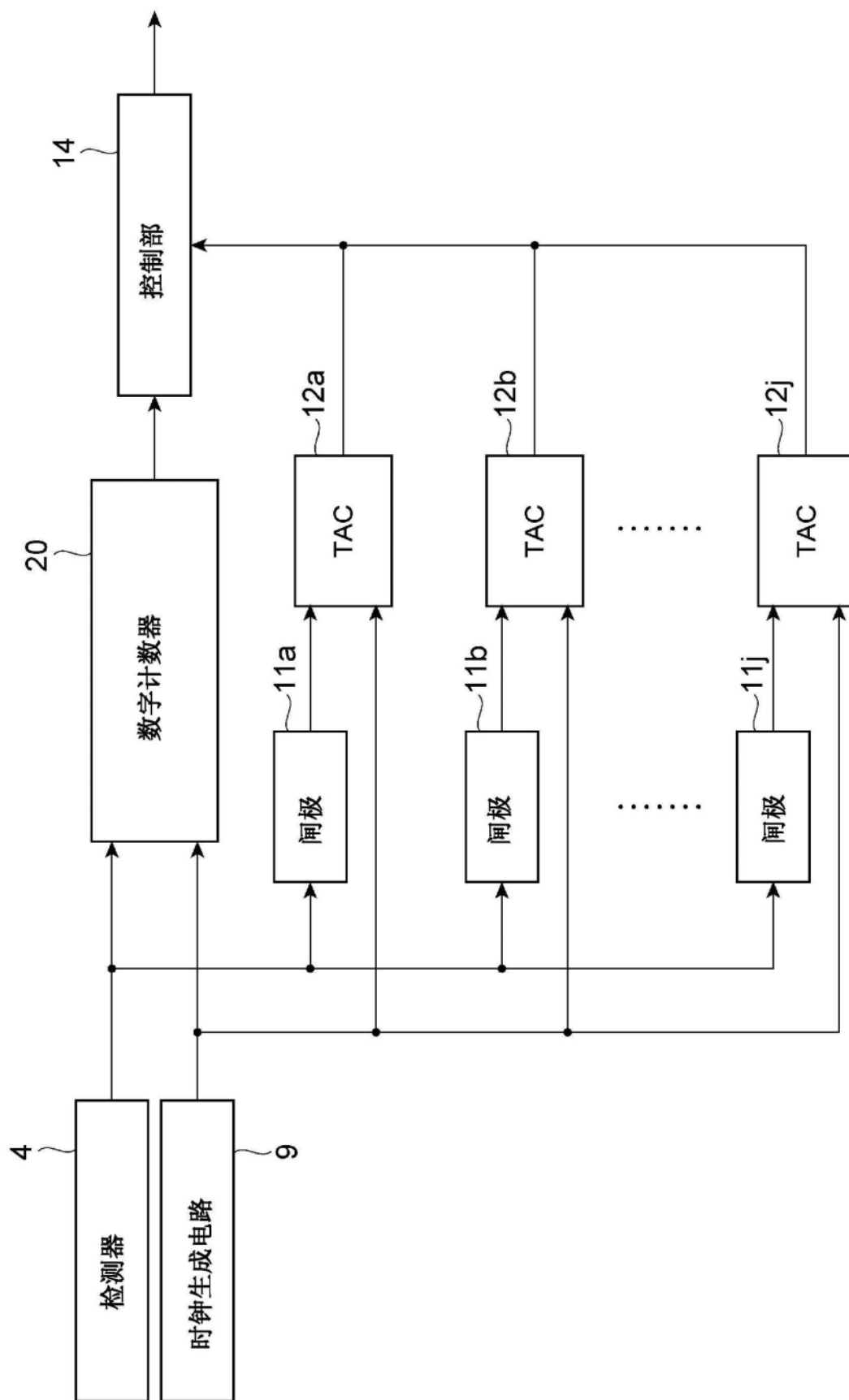


图3

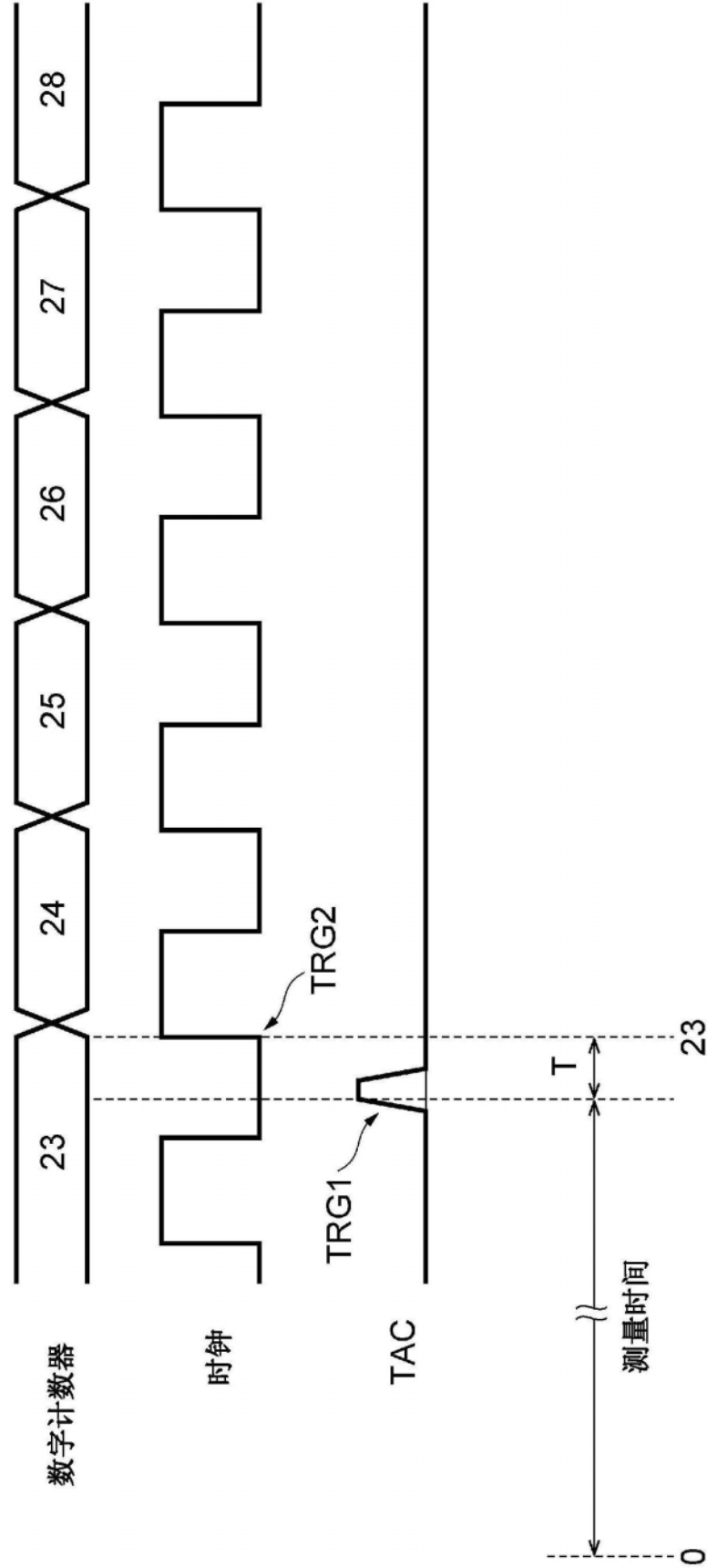


图4

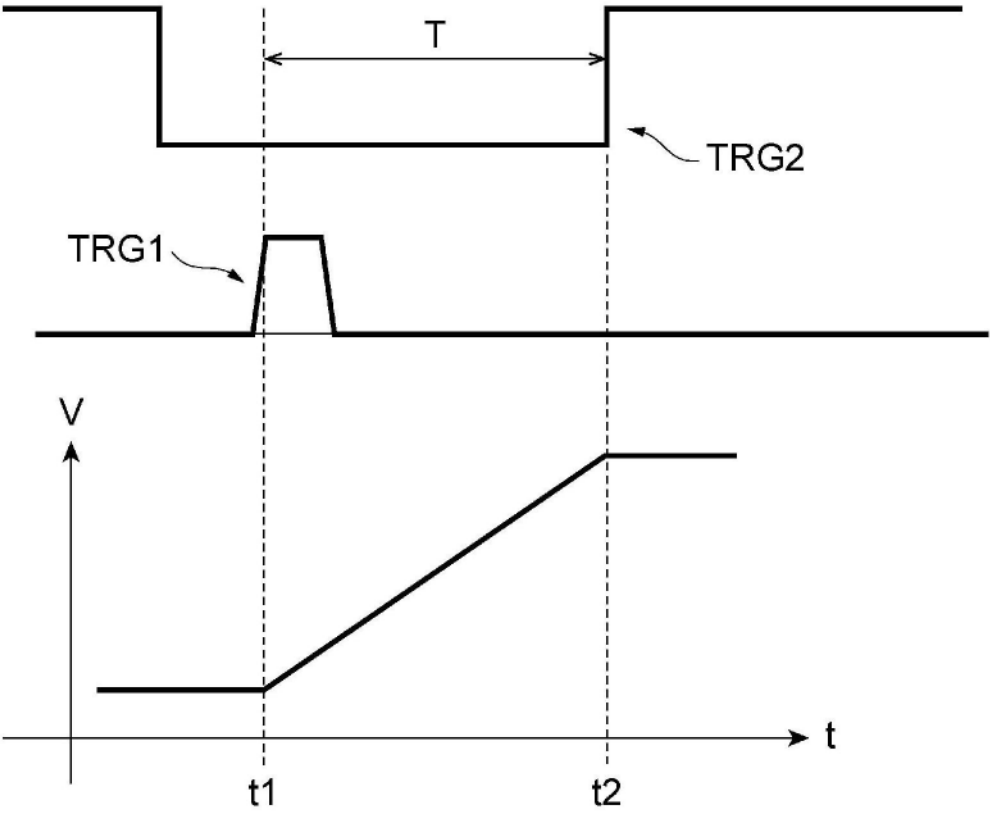


图5

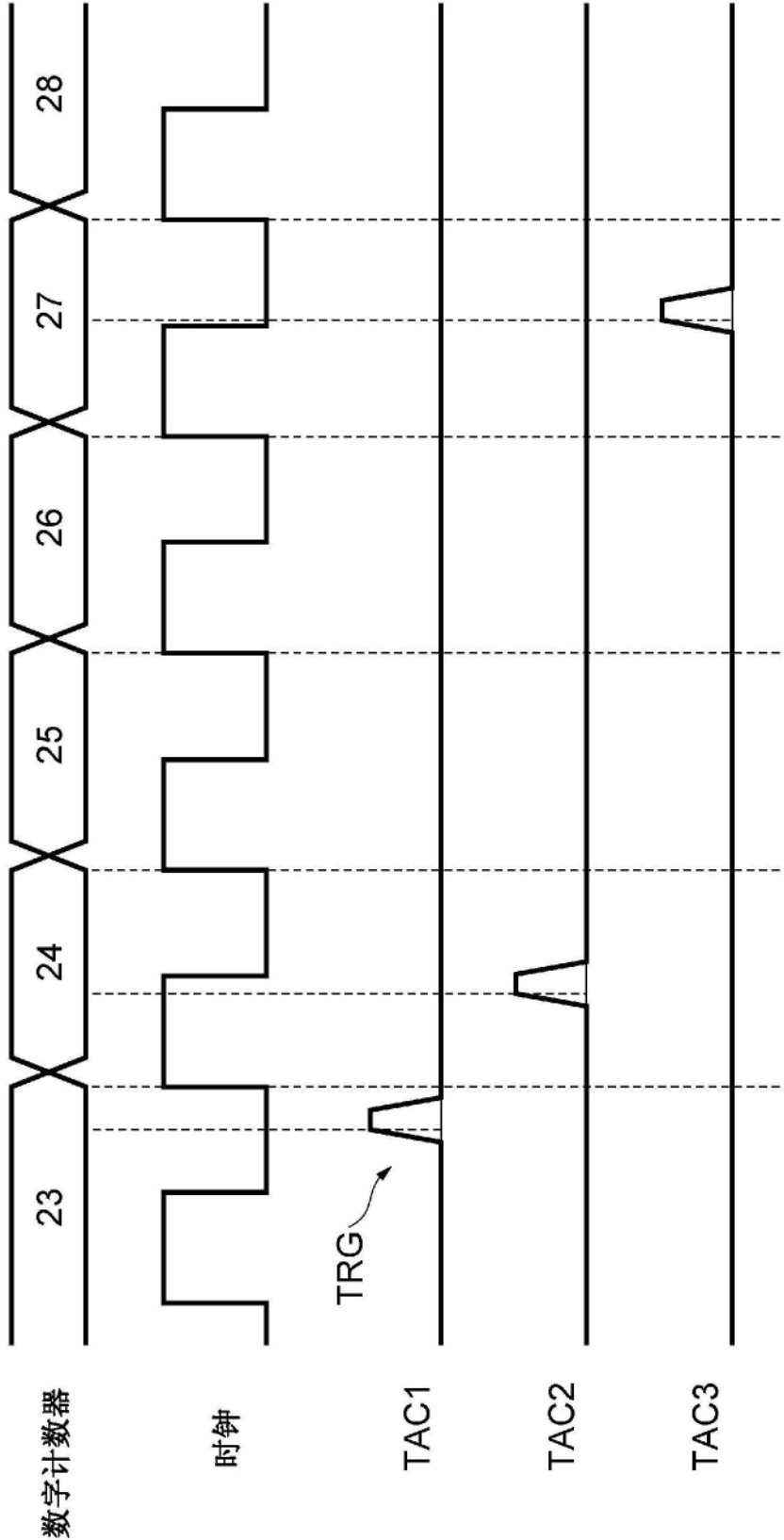


图6

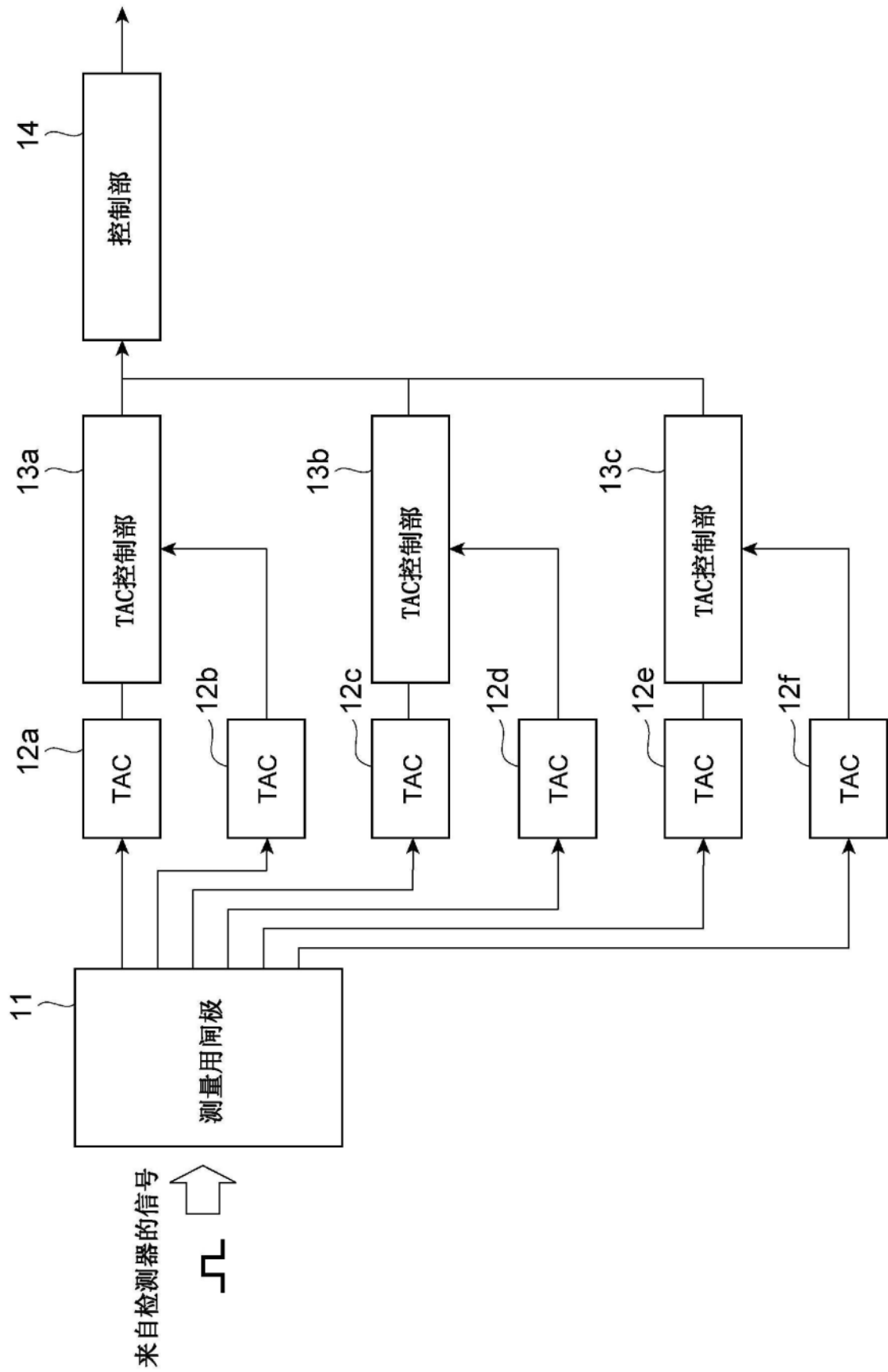


图7