



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115241838 A

(43) 申请公布日 2022.10.25

(21) 申请号 202210431627.7

(22) 申请日 2022.04.22

(30) 优先权数据

17/237,500 2021.04.22 US

(71) 申请人 力特保险丝公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 秦传芳 杜志德

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

专利代理师 谭营营 胡彬

(51) Int. Cl.

H02H 3/08 (2006.01)

H02H 3/02 (2006.01)

H02H 3/06 (2006.01)

H02H 9/02 (2006.01)

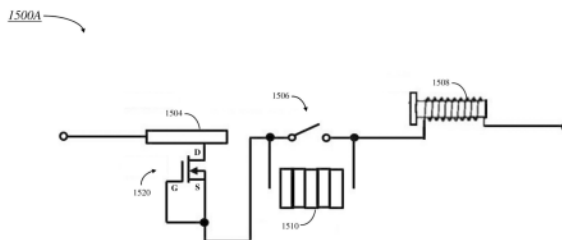
权利要求书2页 说明书12页 附图20页

(54) 发明名称

通过微型断路器中的耗尽型MOSFET或JFET及双金属温度感测开关实现过电流保护

(57) 摘要

本文公开了通过微型断路器中的耗尽型MOSFET或JFET及双金属温度感测开关实现过电流保护,具体公开了一种用于提供短路和过载保护的微型断路器。微型断路器的特征在于场效应晶体管(FET),该场效应晶体管可以是耗尽型金属氧化物半导体FET(D MOSFET)、结型场效应晶体管(JFET)或碳化硅JFET,FET连接到双金属开关,其中双金属开关充当温度感测断路器。以结合的方式,D MOSFET和双金属开关能够限制到下游电路组件的电流,从而保护组件免受损坏。



1. 一种微型断路器,包括:
通过外部杠杆手动断开或闭合的开关;
包括移动阀的磁线圈,所述移动阀用于响应于第一故障事件而与所述开关连接,从而断开所述开关;
双金属带,用于响应于第二故障事件而与所述开关连接;以及
场效应晶体管(FET),所述场效应晶体管与所述双金属带串联并热系接到所述双金属带,所述FET具有栅极端子和源极端子,其中所述栅极端子连接到所述源极端子,其中所述双金属带和所述FET在所述第二故障事件期间断开所述开关。
2. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述双金属带包括包含第一热膨胀系数的第一金属和包含第二热膨胀系数的第二金属,其中所述第一热膨胀系数不同于所述第二热膨胀系数。
3. 根据权利要求2所述的微型断路器,其中所述第一金属包括绕组,其中在所述FET热系接到所述双金属带之前,所述绕组被移除。
4. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述FET是耗尽型金属氧化物半导体FET(D MOSFET)。
5. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述FET是结型场效应晶体管(JFET)。
6. 根据权利要求5所述的微型断路器,其中所述JFET是碳化硅JFET。
7. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述第一故障事件是短路。
8. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述第二故障事件是过载事件。
9. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述双金属带耦接到所述FET的漏极。
10. 根据权利要求1所述的微型断路器,还包括电弧隔板,用于吸收所述第一故障事件或所述第二故障事件之后的电弧。
11. 根据权利要求1所述的微型断路器,所述磁线圈还包括移动阀,其中所述移动阀响应于所述第一故障事件而使所述开关断开。
12. 根据权利要求4所述的微型断路器,其中所述D MOSFET是N沟道D MOSFET。
13. 根据权利要求1所述的微型断路器,其中所述双金属带和所述FET不使得所述开关断开所述电路,直到所述第二故障事件已经发生持续了至少两秒钟。
14. 根据权利要求1所述的微型断路器,还包括电流额定值,其中当接收到所述微型断路器中的所述电流高于所述电流额定值时,所述双金属带和所述FET提供限流。
15. 一种微型断路器,包括:
双金属带,所述双金属带包括细长金属带和缠绕在所述细长金属带周围的金属绕组,其中所述细长金属带响应于所述微型断路器的电流额定值被超过而弯曲;
场效应晶体管(FET),所述场效应晶体管在从所述双金属带上移除所述金属绕组之后,与所述细长金属带串联连接并且热系接到所述细长金属带,所述FET具有连接到源极端子的栅极端子;以及
开关,用于响应于超过所述电流额定值的进入的电流而断开,其中所述开关响应于所述细长金属带的弯曲而断开;
其中所述额定电流以上的限流由所述FET提供。
16. 根据权利要求15所述的微型断路器,其中所述FET是金属氧化物半导体FET

(MOSFET)。

17. 根据权利要求16所述的微型断路器,其中所述MOSFET是耗尽型MOSFET。
18. 根据权利要求16所述的微型断路器,其中所述FET是结型FET (JFET)。
19. 根据权利要求18所述的微型断路器,其中所述JFET是碳化硅JFET。
20. 根据权利要求16所述的微型断路器,其中所述额定电流为1A,并且所述限流为5A。

通过微型断路器中的耗尽型MOSFET或JFET及双金属温度感测开关实现过电流保护

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年9月11日提交的美国申请号17/018,269的优先权,并且是该申请的部分继续。

背景技术

[0003] 过电流或过剩电流是指其中大于预期的电流流过电路的情况。过电流本质上可以是恒定的或瞬态的。电压瞬态(即电能的短持续时间浪涌)是由先前储存的或由其他方式(诸如重感性负载或闪电)引起的能量的突然释放的结果。可重复瞬态通常是由电动机、发电机的操作或无功电路组件的切换引起的。随机瞬态可能由闪电和静电放电(Electrostatic Discharge,ESD)引起。

[0004] 组件微型化导致了对电应力的增加的敏感性。例如,微处理器具有不能处理来自ESD瞬态的高电流的结构和导电路径。这种组件在非常低的电压下操作,因此将较高的优先级给予控制电压扰动,以防止器件中断和潜在或灾难性故障。

[0005] 就这些和其他考虑而言,目前的改进可能是有用的。

发明内容

[0006] 提供本概述是为了以简化的形式介绍将在下面的详细描述中进一步描述的一些概念。本概述不旨在标识所要求保护的的主题的关键特征或必要特征,也不旨在帮助确定所要求保护的的主题的范围。

[0007] 公开了一种可操作来提供由于短路或过载事件引起的保护的微型断路器的示例性实施例。微型断路器包括由外部杠杆手动断开或闭合的开关,但是该开关响应于第一故障事件或第二故障事件而自动断开。微型断路器还包括响应第一故障事件断开开关的磁线圈、双金属带和与双金属带串联连接的场效应晶体管(field effect transistor,FET),其中FET的栅极端子和源极端子彼此连接。双金属带和FET在第二故障事件期间断开开关。

[0008] 根据本公开的微型断路器的另一示例性实施例可以包括双金属带、场效应晶体管(FET)和开关。双金属带包括细长的金属带和缠绕在金属带上的金属绕组。如果超过微型断路器的电流额定值,细长金属带弯曲。在从细长金属带上移除金属绕组之后,FET与细长金属带串联连接并热系接到细长金属带上。FET具有连接到源极端子的栅极端子。当超过微型断路器的电流额定值的电流进入微型断路器时,由于细长金属带的弯曲,开关断开。FET提供超过额定电流的限流。

附图说明

[0009] 图1是示出根据示例性实施例的包括双金属开关和D MOSFET的保护电路的图;

[0010] 图2是示出根据示例性实施例的包括独立双金属开关的保护电路的图;

[0011] 图3是根据示例性实施例的用于向电路提供过电流保护的器件的图;

- [0012] 图4是根据示例性实施例的螺钉连接和螺栓连接到D MOSFET的双金属开关的图示；
- [0013] 图5是根据示例性实施例的利用图2的独立双金属开关执行的实验的响应波形；
- [0014] 图6和图7是根据示例性实施例的在图3的双金属开关和D MOSFET之间执行的实验的响应波形；
- [0015] 图8是根据示例性实施例的提供在图2和图3的电路上执行的过电流测试电流操作的结果的表；
- [0016] 图9是根据示例性实施例的比较具有独立双金属开关的电路与具有带DMOSFET的双金属开关的电路之间的跳闸响应时间的图；
- [0017] 图10是根据示例性实施例的在图2的独立双金属开关电路上执行的实验的响应波形；
- [0018] 图11是根据示例性实施例的在包括图3的双金属开关和D MOSFET的器件上执行的实验的响应波形；
- [0019] 图12A和12B是根据现有技术的微型断路器的图示；
- [0020] 图13是根据现有技术的微型断路器的图示；
- [0021] 图14是根据现有技术的微型断路器的电路图；
- [0022] 图15A和图15B是根据示例性实施例的具有D MOSFET的微型断路器的电路图；
- [0023] 图16是根据示例性实施例的具有D MOSFET的微型断路器的图示；以及
- [0024] 图17至图19是根据示例性实施例的在具有和不具有D MOSFET的微型断路器上执行的实验的响应波形。

具体实施方式

[0025] 本文公开了用于提供过电流和过电压保护的电路。该电路的特征在于耗尽型MOSFET (D MOSFET) 作为限流器, D MOSFET连接到双金属开关, 其中双金属开关充当温度感测断路器。以结合的方式, D MOSFET和双金属开关能够限制到下游电路组件的电流, 从而保护组件免受损坏。

[0026] 进一步, 本文公开了用于提供过电流和过电压保护的微型断路器 (MCB)。MCB的特征在于耗尽型MOSFET (D MOSFET) 或结型场效应晶体管 (junction field effect transistor, JFET) 作为限流器, D MOSFET或JFET连接到双金属带, 其中双金属带充当温度感测断路器。以结合的方式, D MOSFET或JFET和双金带能够限制到下游电路组件的电流, 从而保护组件免受损坏。

[0027] 金属氧化物半导体场效应晶体管器件 (被称为MOSFET) 是用于在电子器件中开关和放大电子信号的半导体器件。通过调节其栅极上的电压, 设置在MOSFET的源极和漏极之间的沟道的宽度被改变。MOSFET基于它们是利用N型衬底制造的P沟道器件、利用P型衬底制造的N沟道器件、竖直设置的半导体、侧向设置的半导体、耗尽型和增强型以多种配置出现。

[0028] 与通过在栅极上施加电压来导通的增强型MOSFET相反, 耗尽型MOSFET被称为当栅极端子处于零伏 ($V_{GS} = 0V$) 时的“常开”器件。除了在源极和漏极区之间具有薄的栅极氧化物之外, 使用离子注入在栅极氧化物层之下以及在源极和漏极区之间形成导电沟道。衬底到沟道区中的活性掺杂剂的浓度用于将MOSFET的阈值电压 (V_{Th}) 调节到期望值。尽管有这个名

字,许多现代MOSFET可能利用多晶硅栅,而不是金属制造在绝缘栅氧化层上。

[0029] 双金属开关是由接合在一起(背对背)的两个金属带组成的开关。双金属开关将被放置在两个连接点之间的电路中。第一金属带具有第一热膨胀系数,并且第二金属带具有不同的第二热膨胀系数。在对双金属开关施加热量时,一旦温度超过“断开”阈值,开关将基于这两种不同的热膨胀系数暂时变形或弯曲。在双金属开关由两个背对背的预定长度的金属带组成的情况下,施加热量将导致开关“缩短”或一个端部“抬起”,使得开关不再保持预定长度,从而与电路的两个连接点脱离,导致开路状态。在双金属开关是制造的封装件(诸如KSD-01F温度开关恒温器,下面进一步讨论)的一部分的情况下,该封装件包括两个延伸的腿,这两个延伸的腿将在加热期间改变它们的相对位置,从而导致从电路的连接点切断,从而导致开路状态。在任一配置中,一旦双金属开关再次冷却下来,开关将变直或适形回到其原始形状(其通常是平坦的),从而使开关再次附接在两个连接点之间并闭合电路。

[0030] 图1是根据示例性实施例的保护电路100的代表图。保护电路100(在此也称为“电路”)由相互串联连接的双金属开关102和耗尽型MOSFET 104(在下文中称为“D MOSFET”或“MOSFET”)组成。D MOSFET 104包括电流流过的漏极(D)和源极(S),以及在某些电压条件下将影响漏极和源极之间的电流流动的栅极(G)。作为耗尽型器件,尽管栅极(G)电压为0V,D MOSFET 104是“常开”的,其中电流在漏极(D)和源极(S)之间流动。当开关闭合时,双金属开关102提供在节点110和112之间的电路路径,并且当开关未闭合时引起开路。双金属开关102的一个端部还连接到D MOSFET 104的漏极(D)。

[0031] 保护电路100还包括电阻器106,该电阻器在第一端部处连接到MOSFET104的源极(S)并且在第二端部处连接到MOSFET的栅极(G)。电阻器106上的电压因此与MOSFET 104的栅源电压相同。电阻器106的第二端部(以及MOSFET 104的栅极)连接到要保护的附加电路元件108,该附加电路元件在已经描述的电路元件的下游并且在图1中一般性地示出。

[0032] 在示例性实施例中,D MOSFET 104是限流器,并且双金属开关102充当温度感测断路器。保护电路100的双金属开关102由背对背彼此附接的两个不同金属带组成。第一金属带具有第一热膨胀系数,并且第二金属带具有不同的第二热膨胀系数。当由双金属开关感测到的温度超过阈值温度时,这种差异导致开关102展现出暂时变形(诸如弯曲)。暂时变形导致双金属开关102不再连接到节点110和112,从而导致开路。因为阈值温度导致双金属开关102断开保护电路100,所以阈值温度在本文也被称为“断开阈值温度”和“跳闸点”或“跳闸时间”温度。

[0033] 在示例性实施例中,双金属开关102和D MOSFET 104的组合向电路100提供过电流保护。过电流状况可以被表征为1)瞬态过电流或2)恒定过电流,如图1所示。一旦存在过电流状况,D MOSFET 104生成热量,这激活了双金属开关102的热感测特性。双金属开关102的暂时变形意味着达到了断开阈值温度,使得双金属开关102无法连接到电路100的一个或多个节点110和112,从而导致开路。

[0034] 一旦故障过电流状况消退,双金属开关102的两个金属带将冷却下来,从而使得开关从暂时变形状态返回到其初始状态。这使得双金属开关102再次在电路100的两个节点110和112之间建立连接,从而导致闭合电路。双金属开关102因此提供保护电路100的断路条件,这是用于安全保护电路内的其他电子系统或器件(在图1中指示为“附加电路元件108”)的故障安全环境。

[0035] 在保护电路100内,D MOSFET 104能够对过电流和过电压事件提供快速响应和阻断能力,并且能够快速箝位浪涌电流事件。D MOSFET的过电流箝位能力吸收快速瞬态浪涌能量,这防止一些有害的瞬态浪涌到达要保护的敏感电子器件(附加电路元件108)。

[0036] 相反,双金属开关102提供高电流断路能力。然而,双金属开关102不能快速响应以防止快速瞬态事件。因此,在示例性实施例中,双金属开关102和DMOSFET 104的组合有助于利用两种器件的优点来提供过电流和过电压保护的改进。

[0037] 在示例性实施例中,D MOSFET 104是Littelfuse[®]制造的IXTH16N50D2耗尽型MOSFET(其中 $V_{DSX}=500V$ 、 $I_{D(on)}=16A$ 、 $R_{DS(on)}=300m\Omega$),以及双金属开关102是东莞市福宽源电子有限公司(fuyuanfuse.com)制造的KSD-01F温度开关恒温器。如图1所示,双金属开关102连接到D MOSFET 104的输入端漏极(D)引脚。电阻器106连接在D MOSFET 104的G-S端子之间。双金属开关102充当导电开关。在正常操作期间,如果电流不超过断开阈值温度(这也可以被认为是双金属开关102的“触发水平”),双金属开关102允许电流穿过其。

[0038] 示为 I_D 的MOSFET 104的漏极电流开始流过D MOSFET 104的D-S端子,直到栅源电压 V_{GS} 电势差($I_D \times R$)达到引起更负的 V_{GS} 的水平以阻止另外的电流穿过D MOSFET 104。在一个实施例中,随着所施加的电压增加,电流将以线性模式增加,直到达到饱和状态。实现了平衡,其中组合电路(包括双金属开关102和D MOSFET 104)将允许D MOSFET的最大饱和电流 I_{sat} 流过电路100。在这种状态下,能量也随着 $I_{sat} \times V_{DS}$ 在D MOSFET 104中被耗散为热量。

[0039] 在示例性实施例中,饱和电流 I_{sat} 是穿过D MOSFET 104的最大稳态电流。这意味着,只要不超过饱和电流,D MOSFET将保持功能性,而没有芯片故障或因过热而导致的故障。如果过载电流小于 I_{sat} ,D MOSFET 104仍然毫无问题地将能量耗散为热量。然而,如果在输入侧有非常高的短路电流[AD1]进入DMOSFET,从而超过其 I_{sat} (饱和电流)值,则D MOSFET将快速反应,并将过量电流更快地消散为热量。这又导致D MOSFET 104的外部封装的更高的温度增加,以使双金属开关102快速跳闸,这阻止了进一步的电流使得D MOSFET断路。然而,超过MOSFET的饱和电流 I_{sat} 的长时间电流将导致D MOSFET过热,从而超过其最大结温,从而导致芯片故障和MOSFET功能的丧失。因此,双金属开关也有助于保护D MOSFET免于过热故障的影响。

[0040] 在示例性实施例中,保护电路100以范围从0A高达 I_{sat} 饱和电流的所施加的电流来操作。异常状况可能导致输入电流 I_D 的突然上升。异常状况可能由例如负载上的短路、负载切换或突然过载状况引起。这些导致穿过双金属开关102和D MOSFET 104的电流的上涌。如果这个电流保持低于饱和电流 I_{sat} ,DMOSFET将由于到MOSFET的功率耗散而逐渐变热。然而,如果过电流超过饱和电流 I_{sat} ,则将存在输入电流ID的大幅增加,具有到D MOSFET($ID \times VDS$)的热量耗散,从而导致双金属开关更快地跳闸,以保护D MOSFET。这将导致双金属开关102达到其切断水平,从而在开路阈值温度下从节点110、112中的一个或多个切断。因此,双金属开关还在安全操作区域和热限制内为D MOSFET提供截止保护。

[0041] 在一个实施例中,当发生节点110和/或112处的切断时,流过保护电路100的总电流被截止,这移除了流到D MOSFET 104的电流流动,从而引起MOSFET的热量耗散,并最终通过移除持续的过电流来防止D MOSFET过热。

[0042] 保护电路100因此有利地提供了反馈机构,其在短路电流事件的严重性增加时,该反馈机构倾向于向D MOSFET 104提供更快的保护。因此,短路电流的水平越高,双金属开关

102能够更快地截止到D MOSFET 104的电流,并且因此保护D MOSFET免受过热损坏的影响。这种反馈出现,因为由D MOSFET104从过电压/过电流状况生成的高热量导致双金属开关102更快地断开,从而防止另外的电流穿过D MOSFET并移除这种自发热,并最终保护下游附加电路元件108。

[0043] 图2、图3和图4分别是根据示例性实施例的保护电路200、300和400的用于示出连续电流测试的结果的图示。在示例性实施例中,双金属开关是KSD-01温度开关恒温器(在60°C和操作电流@2A 250V下触发),D MOSFET是IXTH16N50D2耗尽型MOSFET(其中 $V_{DSX} = 500V$ 、 $I_{D(on)} = 16A$ 、 $R_{DS(on)} = 300m\Omega$),并且电阻器206是0欧姆电阻器。在图2中,双金属开关202是未耦接到MOSFET的独立器件。在图3中,双金属开关302连接到D MOSFET 304和电阻器306,其中电路元件类似于图1的保护电路100中那样布置。在图4中,双金属开关402(KSD-01F)利用螺钉412和螺栓(不可见)以背对背的方式连接到D MOSFET 404(T0247封装)。在一个实施例中,双金属开关402和DMOSFET 404使用导热环氧树脂粘合剂(未示出)进一步彼此热链接。在另一实施例中,双金属开关402和D MOSFET 404使用导电环氧树脂凝胶进一步彼此热链接。进一步,双金属开关402和D MOSFET 404经由线406、408和410彼此电连接并且电连接到电路的其他部分。KSD-01F双金属开关由双金属盘、连接器件的两条腿的金属桥、金属桥触点和与散热器隔离的塑料外壳组成。双金属盘在特定温度下将弯曲,这个使金属桥连接或切断腿,从而闭合或断开电路。

[0044] 在图2和图3中,相应的箭头204和322示出了电流的方向。在以独立双金属开关202为特征的电路200中,在开关闭合时,电流204从节点206流到节点208。当双金属开关202被断开时,没有电流流动。在以双金属开关302、D MOSFET 304和电阻器306为特征的电路300中,电流322从节点308流过闭合的双金属开关302,从节点314流到D MOSFET 304的节点316(漏极到源极),从节点318流到电阻器306的节点320,最后流到节点310。因为电阻器306连接在D MOSFET 304的源极和栅极之间,所以电流322流动时的电阻器306上的电压与D MOSFET的栅源电压 V_{GS} 相同。因此,节点314和316上的电压(灰色)是D MOSFET 304的漏源电压 V_{DS} ,而节点318和320上的电压(白色)是栅源电压 V_{GS} 。

[0045] 电路300也可以是由双金属开关302、D MOSFET 304和电阻器306组成的独立器件300。因此,过电流保护器件300可以被添加到需要过电流保护的任何电路中。

[0046] 进行过电流测试电流以评估双金属开关在以下三组条件下的跳闸时间:

[0047] • 在双金属开关202作为独立器件(图2)的情况下,具有所施加的电流(低于饱和电流 I_{sat})的100%(2A)、200%(4A)、300%(6A)、400%(8A)、500%(10A)、600%(12A)、700%(14A)、800%(16A)、1000%(20A)和1200%(24A)的测试电流。

[0048] • 在D MOSFET 204连接到双金属开关202(图3)的情况下,具有所施加的电流(低于饱和电流 I_{sat})的100%(2A)、200%(4A)、300%(6A)、400%(8A)、500%(10A)、600%(12A)、700%(14A)、800%(16A)、1000%(20A)和1200%(24A)的测试电流。

[0049] • 在双金属开关202使用螺钉和螺栓热链接到D MOSFET 204(图4)的情况下,具有所施加的电流(低于饱和电流 I_{sat})的100%(2A)、200%(4A)、300%(6A)、400%(8A)、500%(10A)、600%(12A)、700%(14A)、800%(16A)、1000%(20A)和1200%(24A)的测试电流。

[0050] 因为在这些测试中使用的双金属开关(KSD-01温度开关恒温器)具有2A(250V)的操作电流,2A输入代表其操作电流的100%。因此,进行这些测试是为了测量双金属开关在

各种操作条件下的跳闸时间。因此,除了在2A下的第一次测试之外,该器件是在其归一化电流额定值的倍数下进行测试的,其中最极端的测试在该器件的电流额定值的12倍(24A)下发生。

[0051] 图5是根据示例性实施例的图2的独立双金属开关202的响应波形500,其中10V电源向电路200供应8A电流(开关的电流额定值的400%)。即使流过双金属开关202的电流额定为器件的归一化电流额定值的四倍,其仍然需要48秒到达器件跳闸点502。这并不理想,因为双金属开关在四倍归一化电流下的长时间跳闸会对下游组件施加非常高的应力,从而增加故障的可能性。

[0052] 图6是根据示例性实施例的连接到图3的D MOSFET 304的双金属开关302的响应波形600,其中10V电源向电路300供应6A(开关的电流额定值的300%)。如波形600所示,10V 6A过电流状况被施加到保护电路300(图3)以测量其响应。相对于时间曲线监控和捕获通过D MOSFET 304的电流(I_D)(C2)以及双金属开关302和D MOSFET 304上的电压(V_{DS})(C3)。它们的刻度标记在波形600的底部处。跳闸点602是双金属开关302开始切断的点。

[0053] 图7是根据示例性实施例的连接到图3的D MOSFET 304的双金属开关302的响应波形700,其中10V电源向电路300供应12A(开关的电流额定值的600%)。在这个示例中,电阻306处于0欧姆。如波形700所示,10V 12A过电流状况被施加到保护电路300(图3)以测量其响应。在跳闸点702,从D MOSFET 304流出的电流 I_D 从12A快速下降到0A,而MOSFET上的电压 V_{DS} 从10V下降到0V。就在跳闸点702之前,MOSFET 304消耗大约 $4.27V \times 12A = 54.24W$ 的功率耗散(参见下面图8的表800)。600%12A的额定电流引起D MOSFET 304中的热量耗散,这导致MOSFET封装的温度增加并达到双金属开关202在60°C下断开的水平。在响应波形700(图7)中示出的示例中,到达双金属开关202的跳闸点702花费了大约3.7秒。因此,在示例性实施例中,如这些波形所示,截止过电流事件的响应时间不仅取决于过电流幅值,还取决于由D MOSFET 304导致的固有热量耗散。

[0054] 图8包括示出根据一些实施例的过电流测试电流操作的结果的表800。如所示出的那样,在存在和不存在D MOSFET 304的情况下,利用不同的电流进行了进一步的测试。在这些示例中,IXTH16N50D2 D MOSFET和带60°C触发器的双金属开关在低于饱和电流 I_{sat} 的额定电流下进行了测试。

[0055] 表800提供了在不同电流和双金属开关跳闸响应的情况下的测试的总结。表800的顶部提供了在八种电流状况下(6A、8A、10A、12A、14A、16A、20A和24A)连接到D MOSFET 304(图3)的双金属开关302的跳闸时间信息;表800的底部提供了在同样的八个电流状况下,没有到D MOSFET的连接(图2)的双金属开关202的跳闸时间信息。表800示出了独立双金属开关202(图2)的跳闸时间是8秒(具有12A的电流)。在将相同的12A应用于结合有双金属开关电路的D MOSFET(图3),跳闸时间缩短至仅3.7秒。因此,在示例性实施例中,对于D MOSFET+双金属开关,跳闸时间快得多/改善了3X至6X的电流范围。

[0056] 表800还示出了双金属开关在2A(100%)或4A(200%)的所施加的电流下不会跳闸。相反,由于在6A电流下有足够的能量热激活双金属开关的事实,双金属开关在6A(300%)下开始跳闸。

[0057] 如这些实验所示,在示例性实施例中,D MOSFET的存在加速了双金属开关在所有电流比下的跳闸。电阻R决定稳态下穿过D MOSFET的最大容许电流,其是 I_{sat} 饱和电流。在示

例性实施例中,与使用 $R=0.1$ 欧姆的电阻器相比,使用 0 欧姆的电阻器将允许较高的 I_{sat} 值。当电阻器306为零时,MOSFET 304的VGS也为零。但是,通过稍微增加电阻(例如, $R=0.1$ 欧姆),MOSFET 304的栅源电压VGS将变成稍微负的,并且将开始夹断并限制流过D MOSFET的电流。

[0058] 通过增加电阻 R ,饱和电流 I_{sat} 和栅源电压(V_{GS})两者将变化,使得DMOSFET上的功率变化并能够为D MOSFET提供更多的功率耗散。在示例性实施例中,这些考虑将有助于选择不同的双金属开关来与不同额定值的断路器一起工作。

[0059] 图9包括示出了两种类型的保护电路的改进的跳闸响应时间的图900:1)不带MOSFET的双金属开关(图2)和2)带MOSFET的双金属开关(图3)。图900示出了双金属开关的以秒为单位的跳闸时间(y轴)与以安培为单位的电流(x轴)。黑圈示出独立双金属开关(例如图2)的跳闸时间,而亮圈示出双金属开关加上D MOSFET(例如图3)的跳闸时间。一旦双金属开关与D MOSFET结合,跳闸时间在图900中从右向左移动,并且从顶部向下更靠近底部(意味着更短的跳闸时间),这在双金属开关跳闸时间的安全操作曲线内。因此,增加带双金属开关的D MOSFET将增加总跳闸时间,并为下游电子器件提供更快的保护。

[0060] 由D MOSFET提供的益处,在图900中是明显的。例如,由黑圈902给出的在 8A 下独立双金属开关的跳闸时间约为 57 秒,而由亮圈904给出的在相同电流下双金属开关加D MOSFET的跳闸时间约为 8 秒。类似地,由黑圈906给出的 10A 下的独立双金属开关的跳闸时间约为 19 秒,而组合电路(亮圈908)的跳闸时间约为 6 秒。只有在较高的电流下,独立双金属开关才比组合电路更有利,这是有意义的,因为已经远远超过了开关的电流额定值。因此,图900示出了使由双金属开关和D MOSFET两者组成的组合电路一起工作来防止过电流状况的益处。

[0061] 回到图2的保护电路200,根据示例性实施例,该电路包括经受浪涌测试的独立双金属开关202。测试在 $1.2/50\mu\text{sec}$ 的浪涌电流下进行,在 2 欧姆下具有 500V 的峰值电压。相比之下,图3示出了具有连接到D MOSFET 304的漏极的双金属开关302和连接在MOSFET的源极和栅极之间的电阻器306的电路300。这个电路300的一种变型将不包括电阻器。同样地,测试在 $1.2/50\mu\text{sec}$ 的浪涌电流下进行,其中在 2 欧姆下具有 500V 的峰值电压。在电路200和300两者中,双金属开关是KSD-01温度开关恒温器,而在电路300中,D MOSFET 304是IXTH16N50D2耗尽型MOSFET(其中 $V_{\text{DSX}}=500\text{V}$ 、 $I_{\text{D(on)}}=16\text{A}$ 、 $R_{\text{DS(on)}}=300\text{m}\Omega$)。

[0062] 图10包括示出了根据一些实施例的独立电路(诸如图2的电路200)中的双金属开关的浪涌响应的响应波形1000。存在 $1.2/50\mu\text{sec}$ 的浪涌波形,具有 500V 的峰值电压和 2 欧姆作为虚拟阻抗。如波形1000所示,通过双金属开关(C2)的浪涌电流具有 230.7A 峰值的响应。为了转换电压波形,峰值电压为 $230.7\text{A} \times 20\text{hm}=461.4\text{V}$ 。双金属开关(C1)上的电压在 10V 下几乎保持恒定,其中随着进入的浪涌略有上升。然而,浪涌不会触发双金属开关断开。因此,在一些实施例中,开关不会在这种浪涌状况下触发。

[0063] 图11包括响应波形1100,以示出根据一些实施例的以组合的D MOSFET和双金属开关为特征的电路(诸如图3的电路300)的浪涌响应。如波形900所示,在相同的进入的浪涌状况下,穿过D MOSFET和双金属开关组合的电流被箝位(C2)并在大约 $40\mu\text{sec}$ 时在大约 21.8A 的峰值电流处保持“饱和”。DMOSFET非常快速地对浪涌进行箝位,并使合成输出成为非常低的电流输出。这与上面利用独立双金属开关进行的浪涌测试形成对比(图10)。

[0064] 因此,在示例性实施例中,利用具有双金属热开关的D MOSFET的部署,开关的触发时间比在相同的所施加的过电流的情况下其独立触发时快得多。进一步,合成的浪涌电流处于低得多的安全水平,从而保护下游电路元件。

[0065] 在示例性实施例中,D MOSFET加上双金属开关能够在电路中紧密地一起工作,以提供相互保护。在长时间过电流保护事件下,D MOSFET发热,并在指定的触发温度下触发开关,从而产生开路电流,这既可以防止过电流经过电路的下游组件,又可以防止D MOSFET过热。一旦其外壳冷却到重置水平,开关就从其暂时变形的的位置重置回其正常位置。

[0066] 进一步,在一些实施例中,本文描述的组合电路可以成为手动复位断路器的一部分。已知这些类型的断路器具有双金属带,但是,一旦带跳闸从而导致开路,断路器只能利用人工干预来复位。本文公开的双金属带加D MOSFET可以是这种断路器的合适替代物,并且可以消除人为干预来复位它们的需要。当两个器件(双金属开关和D MOSFET)以这种方式连接时,两个器件具有自保护和自复位特征。

[0067] 除了上面给出的双金属开关示例之外,本文描述的原理可以类似地应用于其他类型的热开关、微型断路器和内部具有双金属开关的继电器型断路器,无论这些器件包括自复位功能还是手动复位功能。

[0068] 从上述测试结果来看,D MOSFET提供了附加加热效应来加速双金属开关的跳闸。已经表明,在一些实施例中,在存在D MOSFET的情况下,双金属开关能够在所有过电流水平(诸如100%、200%和400%)下更快地跳闸。因此,双金属开关和D MOSFET一起紧密工作,并且提供相互保护。

[0069] 在示例性实施例中,上述波形示出了将双金属开关放在D MOSFET之前,同时将开关一起放在D MOSFET封装件的顶部上(如图4所示)引起了用于防止过电流事件的两个器件的相互益处。在MOSFET的栅源端子中有(或没有)偏置电阻器(例如,图3中的电阻器306)的情况下,D MOSFET充当限流器。当D MOSFET具有长期限流事件时,从其主体(封装)生成的热量将加热双金属开关,从而导致开关断开并且保护D MOSFET免受过热的影响(长期电流, $I > I_{sat}$)。在示例性实施例中,一旦温度下降到双金属开关恢复水平,电路复位回到正常。在示例性实施例中,D MOSFET还充当浪涌限流器,以箝位到要保护的电路的外部浪涌。

[0070] 作为一个示例,本文描述的原理可以应用于诸如微型断路器(MCB)的电路。MCB用于保护过电流事件,诸如短路(例如,正常电流的10到100倍)、非常高的浪涌过电流事件(例如,正常电流的5到10倍)和过载情况(例如,正常电流的2到4倍),诸如在包括办公室和家庭的建筑物中。短路是指使连接到MCB的电源线或装备短路生成的过电流。术语“过电流”包括这些短路事件,但也覆盖由外部干扰引起的电流的突然上升,诸如与电源线接触的其他高电源线。MCB被设计用于跳闸或断开MCB内的内部电路,这关断电流并防止电路过热。发生得非常快(例如,不到3毫秒)的跳闸动作也防止电流被递送到MCB连接到的其他器件。MCB还利用双金属带,该双金属带可以连接到D MOSFET,以改善MCB的响应时间。

[0071] 本文描述的MCB的特征在于双金属带,即背对背设置的两个金属带,其中两个金属件由具有不同热膨胀系数的不同金属组成,从而导致双金属带在加热期间弯曲。在上面描述和示出的保护电路300中,双金属带被称为双金属开关。这是因为,在电路内,双金属带充当开关,从而断开或闭合电路。相反,作为下面描述的MCB中的特征的双金属开关弯曲以使称为主开关的分离的电路组件断开,主开关是用于断开电路的触发机构。尽管名称不同(带

与开关),下面描述的双金属带基本上与上面的保护电路300(图3)的双金属带开关302相同。

[0072] 图12A和图12B是根据现有技术的MCB 1200的图示。MCB 1200是双端子器件。MCB 1200的特征在于响应于短路或过载状况而断开的开关。MCB 1200的特征在于激活触发机制的两种不同的感测元件。第一感测元件是具有移动阀的磁线圈1208。第二感测元件是双金属带1204。触发机构是主开关1206,该主开关由外部杠杆1202手动控制并且响应于故障状况而自动断开。外部杠杆1202接通MCB 1200(闭合主开关1206,如图12A所示)或关闭MCB(断开主开关,如图12B所示)。MCB 1200的特征还在于电弧隔板1210,其也称为电弧吸收器。

[0073] 磁线圈1208是产生与穿过线圈的电流成比例的电场的电磁传感器。磁线圈1208被设计用于的短路状况可以在几毫秒内产生高达正常电流的幅值的一千倍的电流。随着电流变强,磁线圈1208周围的磁场变大。磁线圈1208的移动阀靠近主开关1206定位。随着磁场增强,阀推压主开关1206,从而导致开关断开(如图12B所示),导致开路。磁线圈1208的弹簧张力足以在正常电流流动期间不触发主开关1206断开,而是替代地在短路状况期间触发。

[0074] 在一些情况下,当存在进入MCB 1200的非常高的浪涌过电流(正常电流的5至10倍)时,磁性线圈1208进入饱和状态,并导致线圈内部的可移动磁阀非常快速地推到主开关1206。磁线圈1208的快速反应对于截止非常危险的大幅值的过电流并保持连接到MCB 1200的电路和系统不受损坏是至关重要的。

[0075] MCB 1200中的另一传感器是双金属带1204。双金属带1204传感器被设计成解决过载状况,并且比磁线圈1208更慢地作用。较慢的传感器确保被简单地接通的电器不会触发MCB 1200将它们关闭。例如,荧光灯具有约10ms的启动时间。当过载情况持续两秒或更多时,双金属带1204使MCB 1200跳闸。

[0076] 如上所解释那样,双金属带1204由两种不同类型的金属组成,其中每种金属具有不同的热膨胀系数。在示例性实施例中,双金属带1204由缠绕有作为第二金属带绕组的第一细长金属带组成,其中两个金属件串联连接在一起。当被加热时,由于过载状况发生,细长金属带收缩,从而导致双金属带1204弯曲,这又导致主开关1206的移动和MCB 1200内的电路的断开。或者,如果双金属带1204缠绕有线绕组,线绕组变热并弯曲以推动主开关1206,从而使其断开,从而从外部电源关闭MCB。双金属带1204应该在其下操作的电流值通常可以在一定范围内变化。

[0077] MCB 1200的电弧隔板1210被设计成耗散当主开关1206断开时产生的电弧电流,无论是由于磁线圈1208还是双金属带1204。电弧电流流过新断开的主开关1206端部附近的空气,从而导致巨大的温度上升,该温度上升可能损坏MCB1200。电弧隔板1210因此设置在主开关1206上方,因为高温电弧电流将向上流动。电弧隔板1210的特征在于被设计成在向上流动期间破坏电弧电流的几个平行的金属板(被称为分离器)。金属分离器将电弧电流分离成较小的电弧电流,在电弧电流继续向上流动时,这些较小的电弧电流更快地消散。

[0078] 图13是根据现有技术的第二MCB 1300的图示。该图示出了通过MCB 1300的电流路径。MCB 1300包括用于控制主开关1306的外部杠杆1302,该主开关是触发机构。如同MCB 1200一样,双金属带1304和磁线圈1308是MCB 1300的传感器机构。还示出了左端子1312和右端子1314。MCB 1300的特征不在于电弧隔板,因为这种器件在一些断路器设计中是可选的。

[0079] 电流路径在MCB 1300中被示出为虚线。电流从右端子1314行进通过磁线圈1308,也通过双金属带1304,然后通过主开关1306,并且最后经由左端子1312离开。电流也在另一个方向上行进,从左端子1312,通过主开关1306,通过双金属带1304,通过磁线圈1308,并流出右端子1314。如果主开关1306断开,在任一方向上的电流路径将被中断。

[0080] 当存在幅值为正常电流的一到四倍的过电流事件时,过电流导致缠绕双金属带1304的线绕组变热并弯曲,从而推动主开关1306直到开关断开,从而从外部电源关闭MCB 1300。当存在进入MCB 1300的非常高的浪涌过电流事件时,磁场的增加导致磁线圈1308内部的可移动磁阀非常快速地推动主开关1306,从而使MCB 1300能够截止非常危险的大幅值的过电流。

[0081] 图14是根据现有技术的MCB的电路图1400。电路图1400可以代表例如MCB 1200(图12A和图12B)。双金属带1404被示出在电路1400的左侧上,并且磁线圈1408被示出在右侧上,其中主开关1406设置在两者之间。双金属带1404由缠绕有与第一金属串联的第二金属(线)的第一金属组成。电弧隔板1410位于主开关1406附近,使得电弧电流可以在故障事件之后消散,无论是短路还是过载。

[0082] 以上描述的力(无论是来自推动阀的磁线圈1408的阀还是来自双金属带1404的弯曲)是导致主开关1406断开,从而中断电流的力。电弧隔板1410准备好通过将电弧分流为其金属界面内的较小水平来吸收过量的电弧电流,从而避免MCB内部的损坏。

[0083] 微型断路器的一个问题是具有双金属带。如上所述,双金属带具有各自具有其自己的热膨胀系数的两种不同类型的金属。过电流状况导致双金属带弯曲,从而断开电路。因为其被设计用于解决过载状况,双金属带比磁线圈更慢地作用。然而,当电流高于其额定电流时,双金属带不能提供限流。

[0084] 图15A和图15B分别是根据示例性实施例的具有D MOSFET的MCB的电路图1500A和1500B。在图1500A和1500B(统称为“电路图1500”或“MCB图1500”)中,主开关1506设置在一侧上的双金属带1504和另一侧上的磁线圈1508之间。电弧隔板1510位于主开关1506附近,用于消散电弧电流。在电路1500A中,D MOSFET 1520连接在双金属带1504和主开关1506之间。在电路1500B中,JFET 1522连接在双金属带1504和主开关1506之间。因此,MOSFET 1520或JFET 1522可以用于增强由电路图1500表示的新型MCB。

[0085] 在示例性实施例中,D MOSFET 1520热系接到双金属带1504,其中栅极G和源极S连接(G-S端子短路),其中D MOSFET与双金属带串联连接(图15A)。在示例性实施例中,JFET 1522热系接到双金属带,同样其中栅极G和源极S连接(G-S端子短路),其中JFET与双金属带串联连接。在一个实施例中,双金属带1504和D MOSFET 1520或JFET 1522使用导热环氧树脂粘合剂彼此热链接。在另一实施例中,双金属带1504和D MOSFET 1520或JFET 1522使用导电环氧树脂凝胶彼此热链接。在示例性实施例中,当进入的电流高于电路图1500表示的MCB的电流额定值时,双金属带1504结合MOSFET 1520或JFET1522能够提供限流。

[0086] 像上面介绍的MOSFET一样,结型场效应晶体管(Junction Field Effect Transistor, JFET)也是用于在电子器件中开关和放大电子信号的半导体器件。JFET和MOSFET两者是电压控制器件。因为JFET只有以耗尽型种类出现,所以当在栅极处存在0V时,它们开启并完全导通,就像本文使用的耗尽型MOSFET一样。两者具有高输入阻抗并且因此对输入电压信号很敏感,尽管MOSFET比JFET更具电阻性。进一步,由于MOSFET中的金属氧化

物绝缘体的存在, JFET制造起来更便宜且更简单, 而MOSFET更易碎。

[0087] 在示例性实施例中, 双金属带1504的第二金属(即线绕组)被移除, 并且D MOSFET 1520或JFET 1522被紧密地附接到双金属带。在一个实施例中, 在附接DMOSFET 1520或JFET 1522之后, 金属绕组没有被添加回细长金属件。D MOSFET 1520或JFET 1522能够直接向双金属带1504提供热量。因此, 移除金属绕组可以帮助最小化电源线中的串联电阻和欧姆损耗。在示例性实施例中, JFET 1522是连接在双金属带1504和主开关1506之间的碳化硅(SiC) JFET。

[0088] 在示例性实施例中, 如果超过由电路图1500表示的MCB电流额定值的电流被接收到MCB中, 则D MOSFET 1520或JFET 1522进入限流模式。因此, 例如, 如果电路图1500的MCB具有1A的电流额定值, 如果大于1A的电流被接收到MCB中, 则D MOSFET 1520或JFET 1522进入限流模式。尽管外部过电流可能高达5A, 但是D MOSFET 1520或JFET 1522结合双金属带1204有助于将电流快速向下“箝位”到1A(MCB的安全操作水平)。因此, 在示例性实施例中, 在FET(D MOSFET 1520或JFET 1522)的帮助下, 通过使双金属带1504能够直接响应于5A过电流, 使得由电路图1500表示的MCB安全。否则, 5A的过电流可能会损毁要由MCB保护的电子器件或MCB本身。

[0089] 图16是根据示例性实施例的包括D MOSFET 1620的MCB 1600的图示。外部杠杆1602将主开关1606触发机构手动激活为接通(闭合)或关闭(断开)。如本文描述的其他MCB中, 磁线圈1608被设计成响应于短路而使主开关1606跳闸, 并且双金属带1604被设计成响应于过载状况而使主开关跳闸。左端子1612和右端子1614将MCB 1600连接在负载和电源(未示出)之间。在示例性实施例中, D MOSFET 1620在G-S端子短路的情况下热系接到双金属带1604, 期中D MOSFET与双金属带串联连接。在示例性实施例中, D MOSFET 1620被紧紧地附着到双金属带1604上, 其中在附着D MOSFET之前, 双金属带的绕组线和隔热管首先被移除。

[0090] 图17至图19是根据示例性实施例的在具有和不具有连接到双金属带的D MOSFET的MCB上执行的实验的响应波形。对于实验, 使用Phoenix Contact公司的UT6-TMC 1A MCB(以下称为“PC MCB”)(由Phoenix Contact制造), 并且将具有165°C的跳闸电流 T_c 的Littelfuse公司的IXTY1R6N50D2 D MOSFET器件(以下称为“LF DMOS”)连接到MCB内的双金属带。LF DMOS是可以装配到PC MCB中的小封装件。

[0091] 当调用1.5A(正常电流的1.5倍)的过电流时, 导致响应波形1700(图17)。没有LF DMOS的PC MCB在72秒后跳闸, 而具有LF DMOS的PC MCB在15秒后跳闸。因此, 相比于没有LF DMOS的情况下, 在具有LF DMOS的情况下, PC MCB跳闸得更快。

[0092] 当调用2.0A(正常电流的两倍)的过电流时, 导致响应波形1800(图18)。没有LF DMOS的PC MCB在22秒后跳闸, 而具有LF DMOS的PC MCB在15秒后跳闸。因此, 相比于没有LF DMOS而具有LF DMOS的情况下, PC MCB跳闸得更快。

[0093] 当调用5A(正常电流的5倍)的过电流时, 导致响应波形1900(图19)。没有LF DMOS的PC MCB在3.9秒后跳闸, 而具有LF DMOS的PC MCB在15秒后跳闸。因此, 相比于没有LF DMOS而具有LF DMOS的情况下, PC MCB跳闸得更慢。进一步, 对于所进行的每个实验(1.5A、2A和5A), 具有LF DMOS的PC MCB在15秒后跳闸。

[0094] 这些实验的结果示出, 向双金属带添加D MOSFET有助于将过电流限制到1A, 无论

外部过电流有多高。D MOSFET的添加改变了时间-跳闸响应时间曲线。响应波形示出了即使当电流超过MCB的电流额定值时,双金属带也可以跳闸并安全地保护LF DMOS。LF DMOS与双金属带的组合效果使得组合电路成为限流自保护开关,这是独立的双金属带所不能实现的。

[0095] 因此,连接到双金属带的FET(D MOSFET或JFET)的存在形成了限流、耐浪涌和截止过电流保护开关,而不是具有简单的双金属带温度感测结构。进一步,在限流期间,双金属带从FET获得足够的热量耗散,以触发MCB的主开关,从而导致开路,从而保护FET免于过热或芯片故障。

[0096] 在示例性实施例中,LF DMOS是附接到双金属带的环氧树脂封装的D MOSFET。在其他实施例中,裸D MOSFET管芯或利用合适的引线框架附接到金属板的裸D MOSFET管芯用于确保更好的热传播以触发双金属带。来自图17至图19的实验的数据是从DC操作条件中导出的。在一些实施例中,当在AC操作状况下使用时,两个背靠背的D MOSFET连接到双金属带。

[0097] 将FET(D MOSFET或JFET)添加到MCB是将D MOSFET结合到保护电路300(图3)中的双金属开关302的扩展。诸如由电路图1500(图15)表示的MCB具有与保护电路300相似但更复杂的结构。将FET添加到MCB有利地提供了限流、浪涌保护和过电流保护。与FET相连的双金属带使MCB的主开关安全地断开,这有助于在外部危险过电流事件期间提供安全功率截止。因此,FET是提高截止速度的有效方法,从而为电气系统设计人员提供更安全的保护选择。

[0098] 在示例性实施例中,连接到MCB器件内的双金属带的D MOSFET还设置有适当的驱动器电路系统,以确保适当的关闭和接通时间,以及驱动D MOSFET的其他功能。

[0099] 如本文所用,以单数形式叙述并以单词“一”或“一个”开头的元件或步骤应被理解为不排除多个元素或步骤,除非明确叙述了这种排除。另外,对本公开的“一个实施例”的引用不旨在被解释为排除也结合所述特征的附加实施例的存在。

[0100] 虽然本公开参考了某些实施例,但是在不脱离如所附(多个)权利要求中定义的本公开的范畴和范围的情况下对所描述的实施例的许多修改、变更和改变是可能的。因此,本公开旨在不限于所描述的实施例,而是其具有由以下权利要求及其等同物的语言所定义的全部范围。

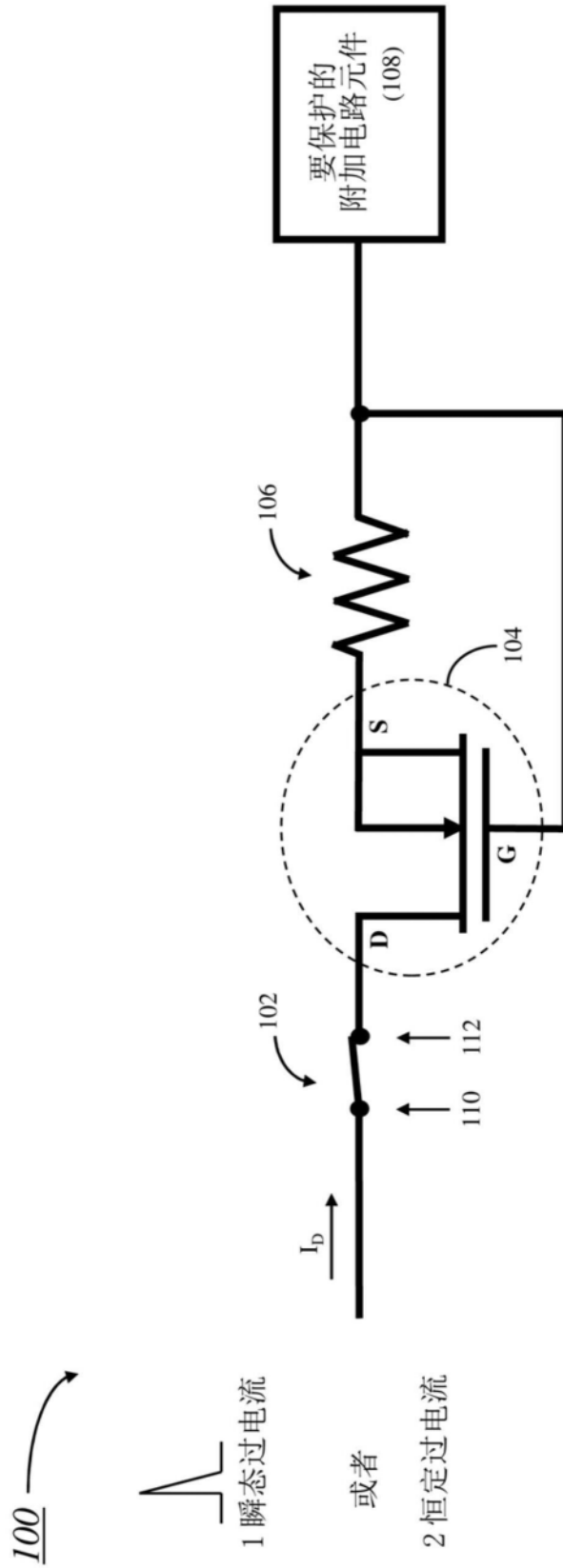


图1

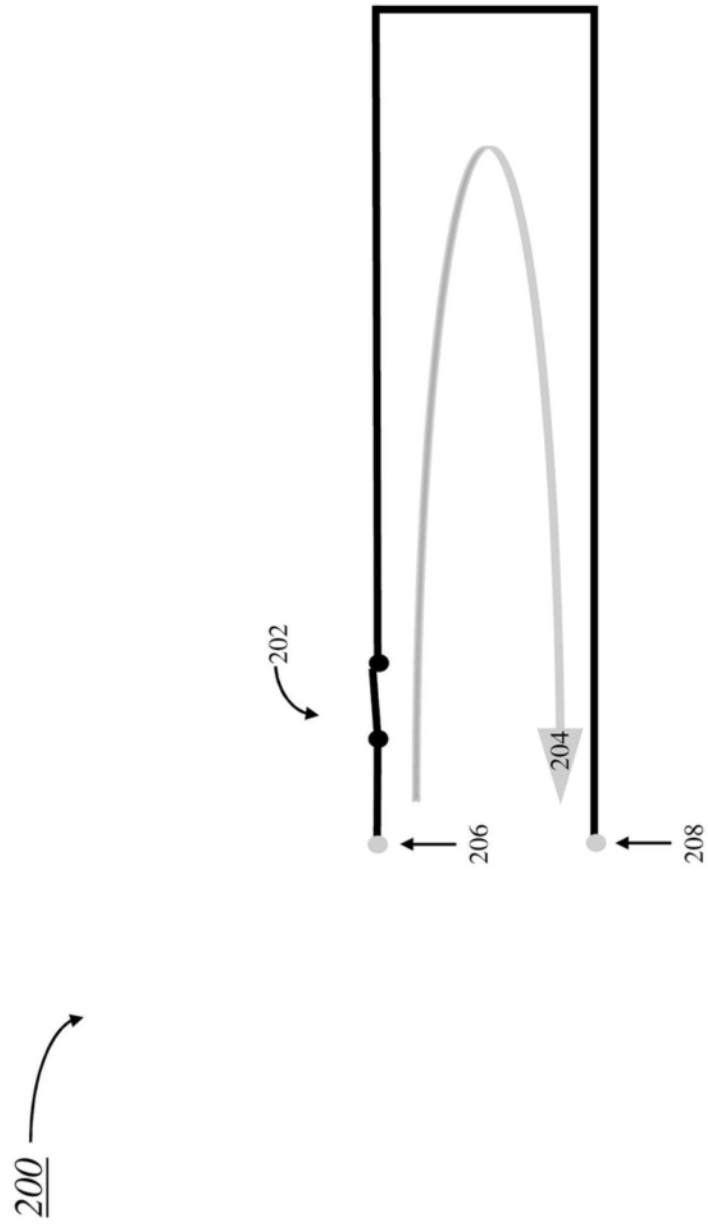


图2

300 →

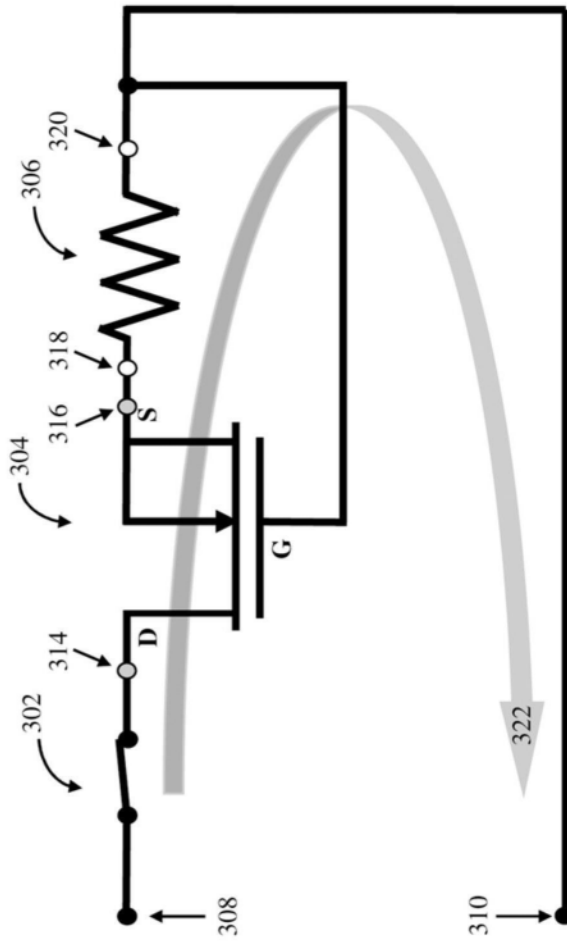
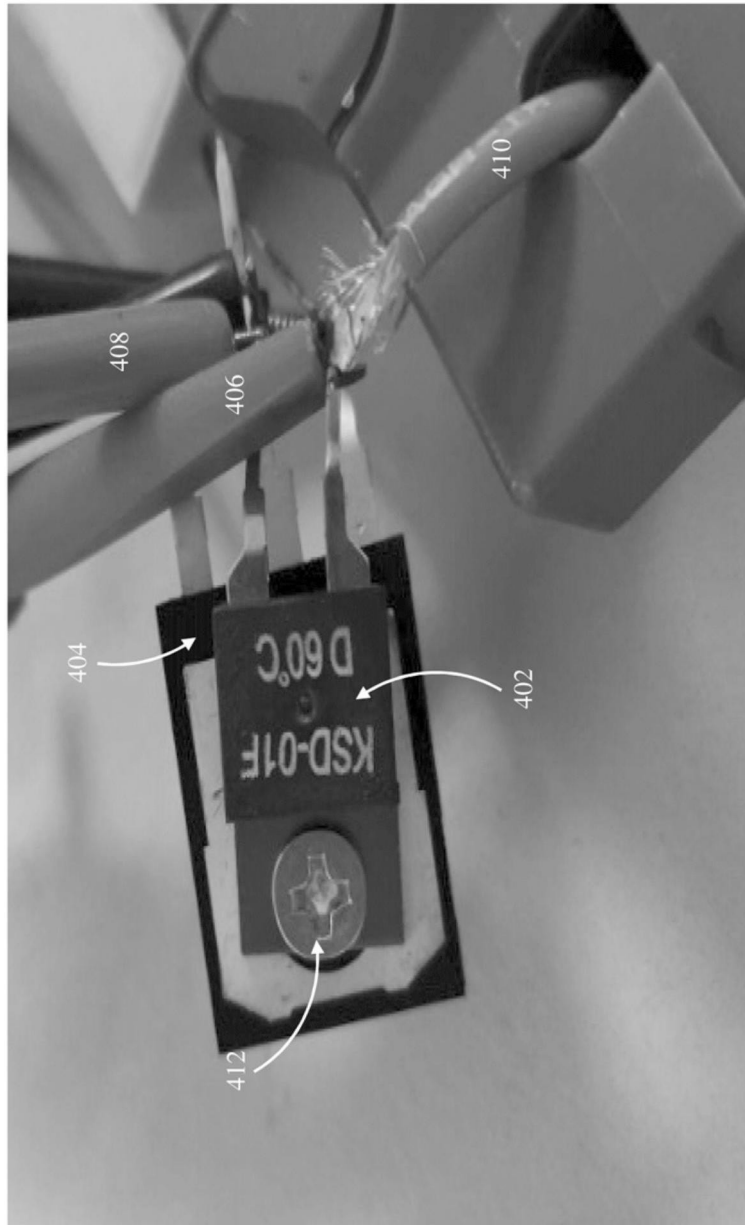


图3



400 →

图4

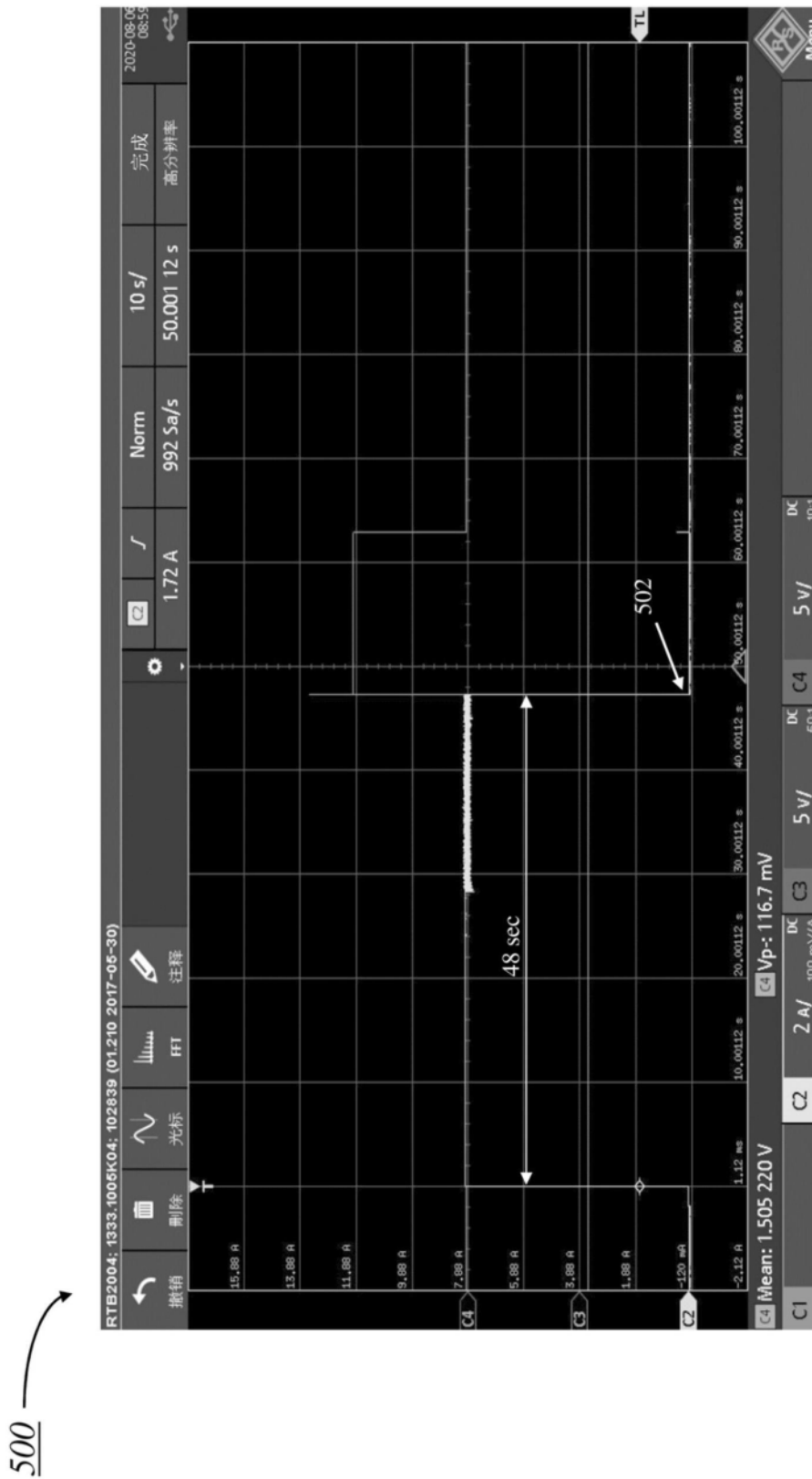


图5

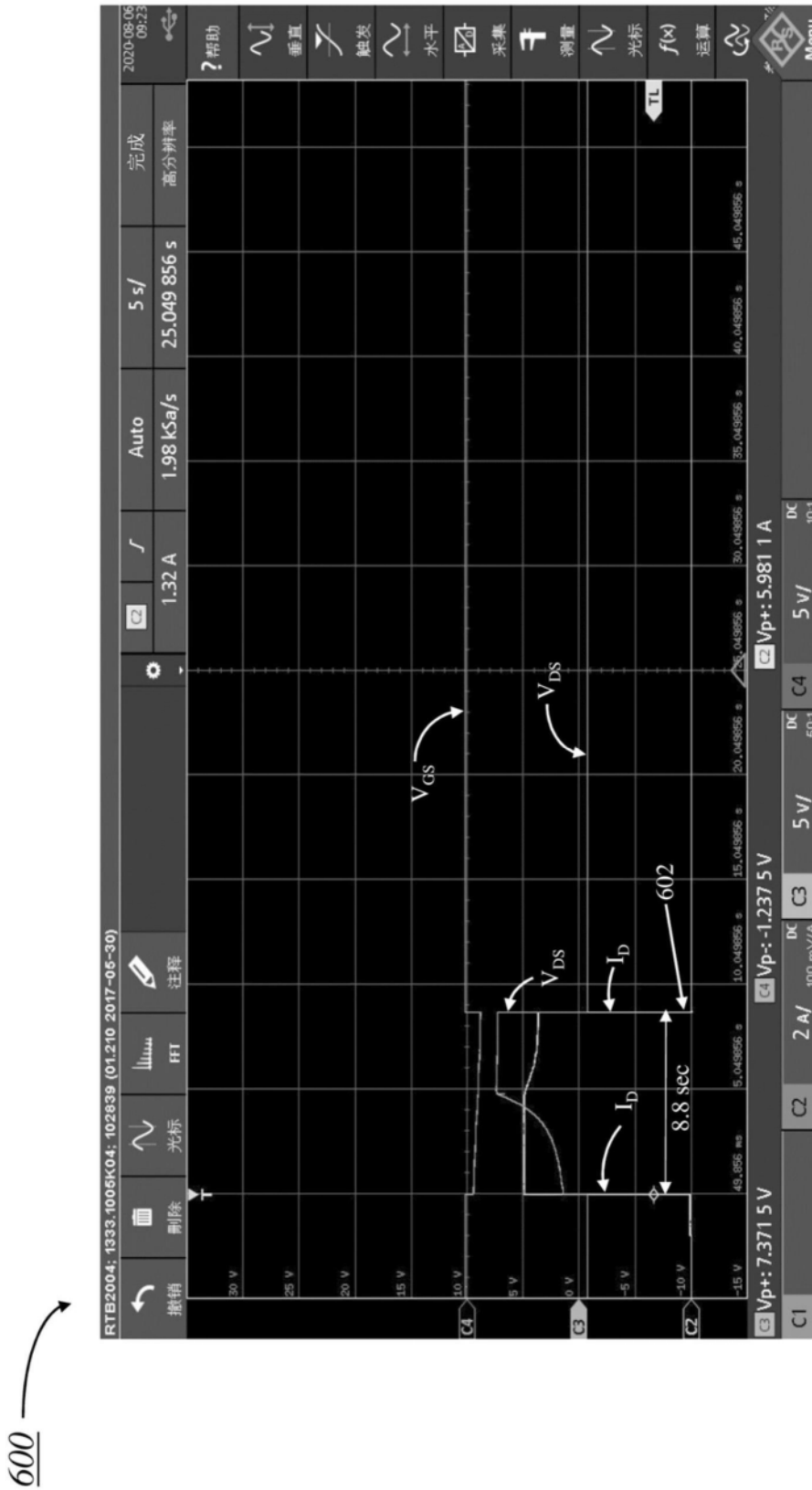


图6

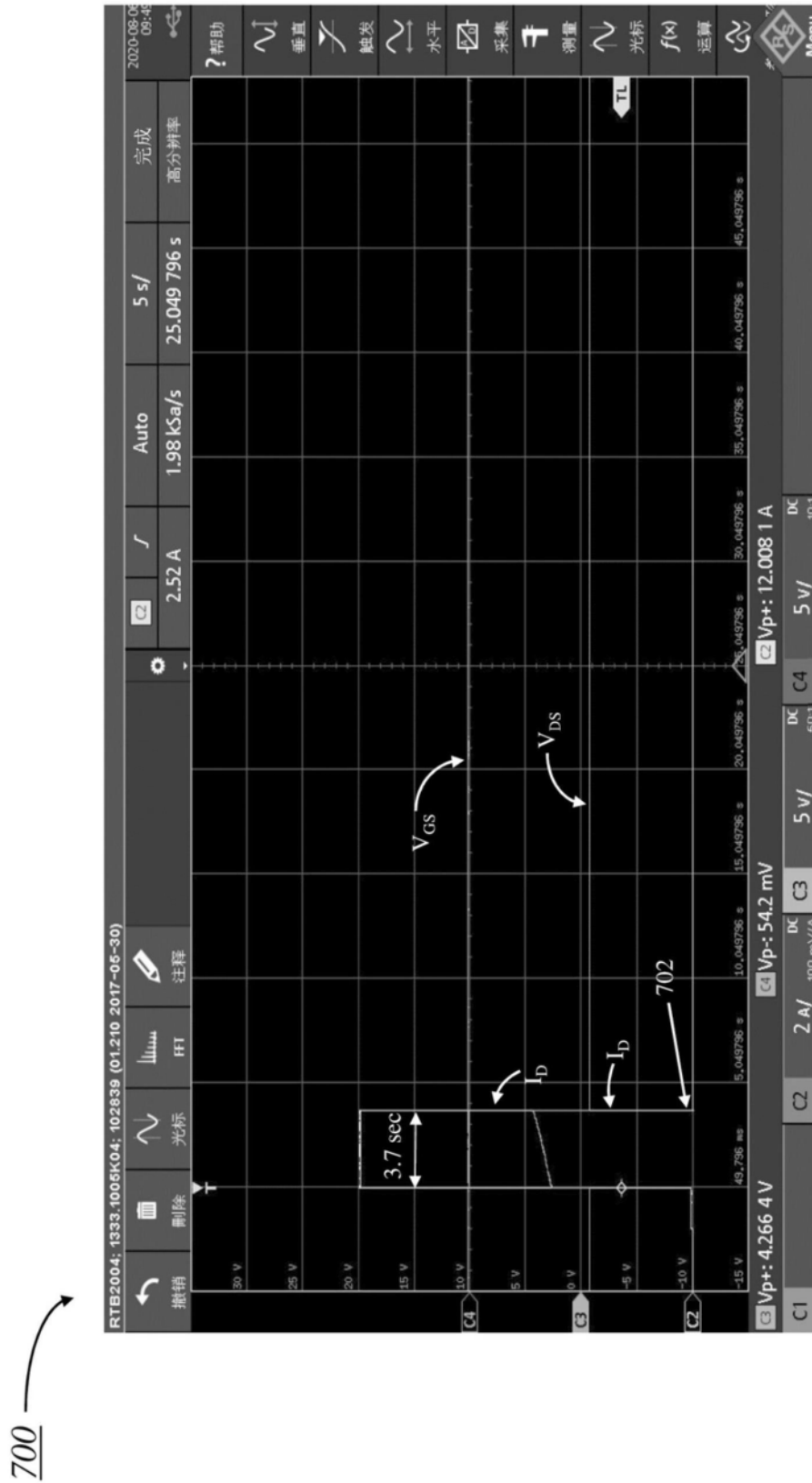


图7

800 →

DMOS	断路器	R	输入电压	电流	Vds	Vgs	跳闸时间		
IXTH16N50D2	KSD-01F(60C)	0ohm	10V	6A	1.06V	/	17.5S		
		0ohm	10V	8A	1.89V	/	8S		
		0ohm	10V	10A	2.95V	/	5.8S		
		0ohm	10V	12A	4.27V	/	3.7S		
		0ohm	10V	14A	7.2V	/	2.5S		
		0ohm	10V	16A	8.8V	/	1.75S		
		0ohm	15V	20A	13.4V	/	0.8S		
		0ohm	35V	24A	33.2V	/	0.65S		
		无	KSD-01F(60C)	/	10V	6A			无跳闸 (温度~43℃)
				/	10V	8A			48S~57S
/	10V			10A			19S		
/	10V			12A			8S		
/	10V			14A			4.5S		
/	10V			16A			2.3S		
/	10V			20A			1.4S		
/	10V			24A			0.82S		

图8

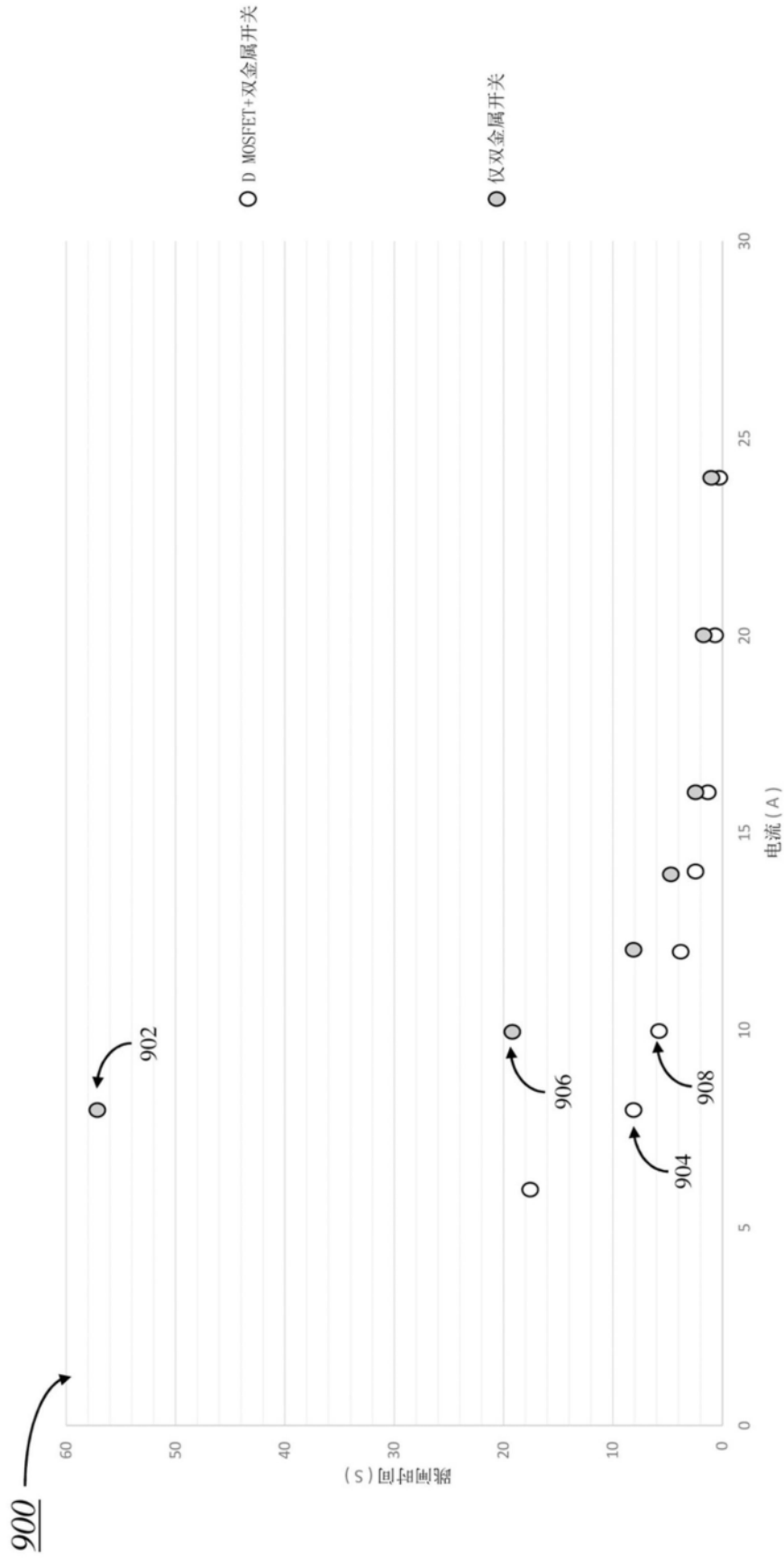


图9

1000

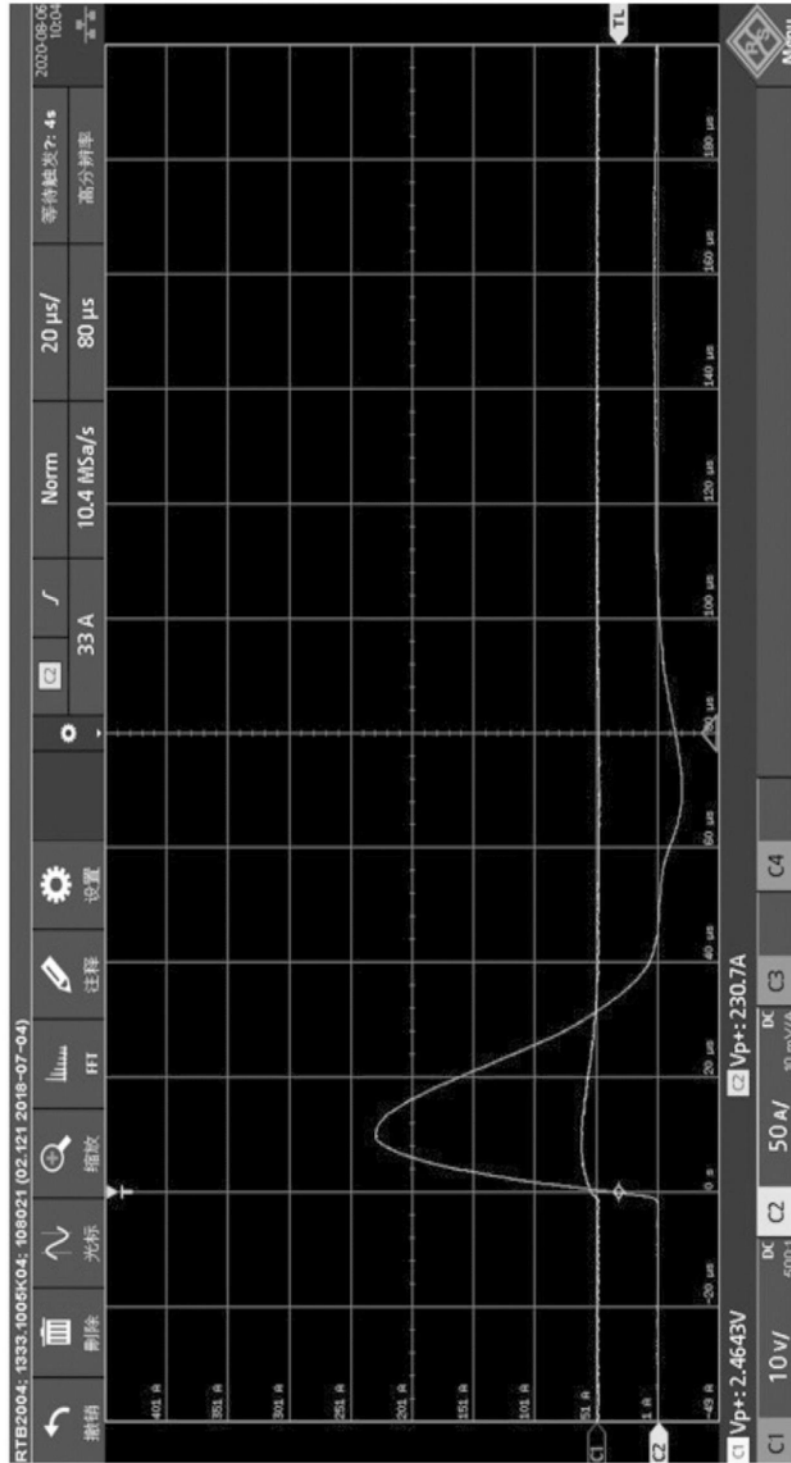


图10

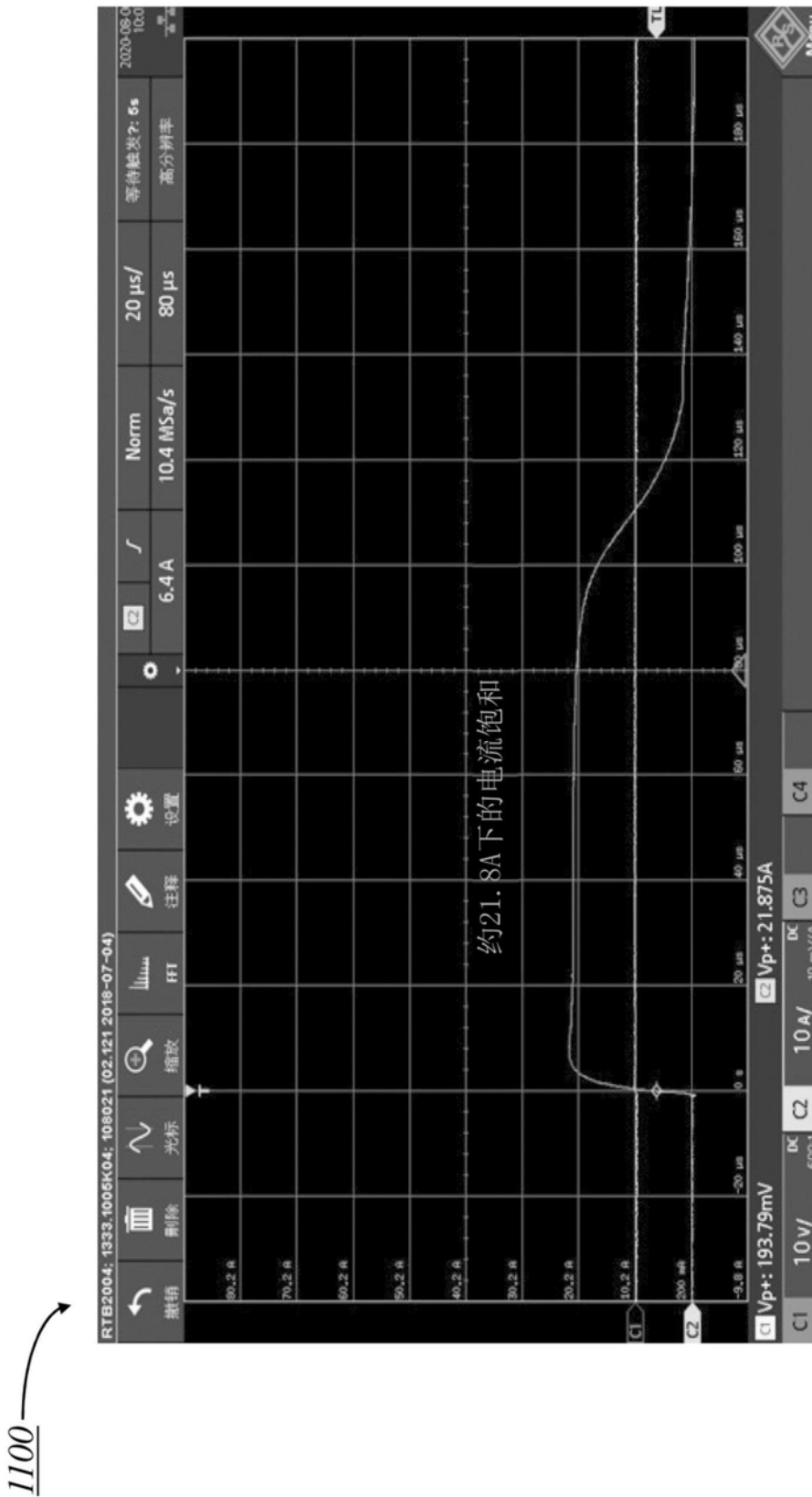


图11

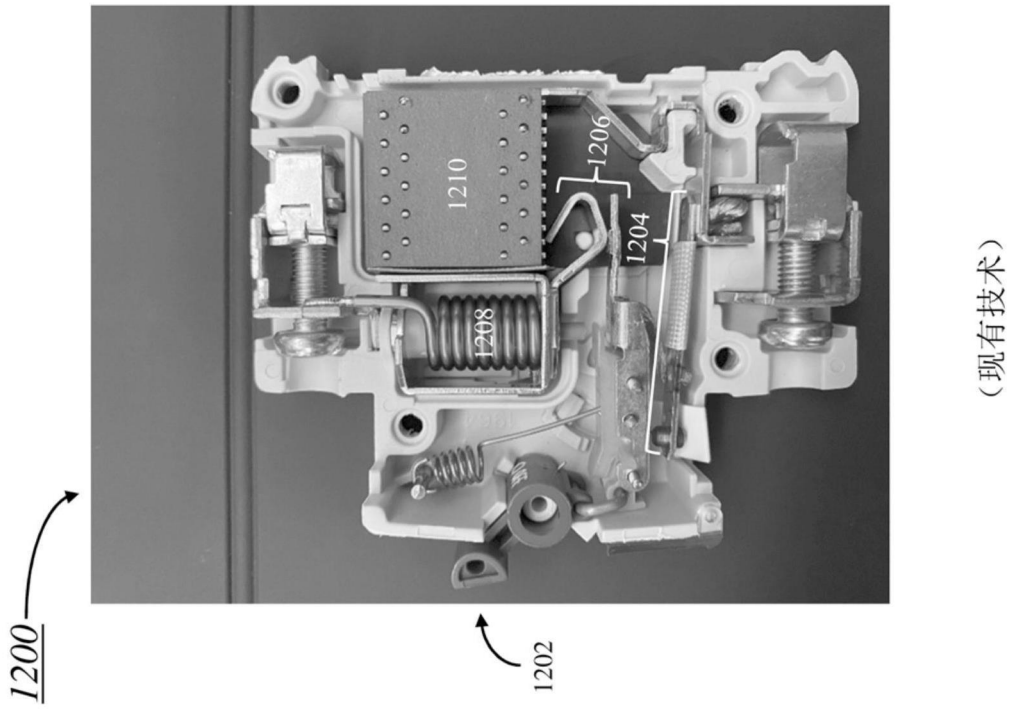


图12A

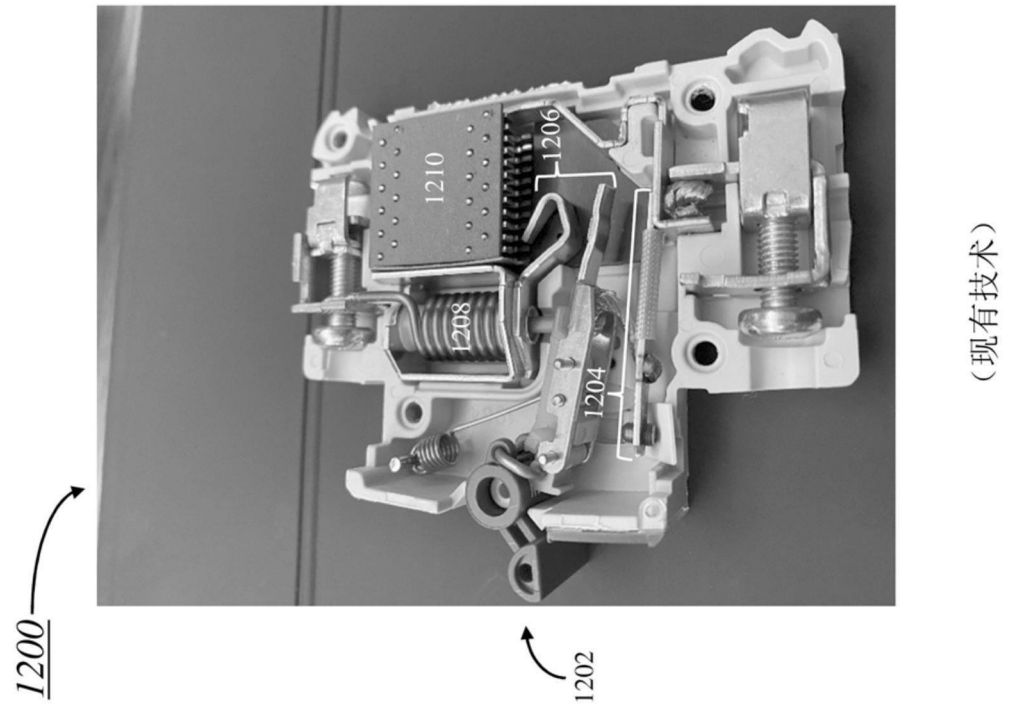


图12B

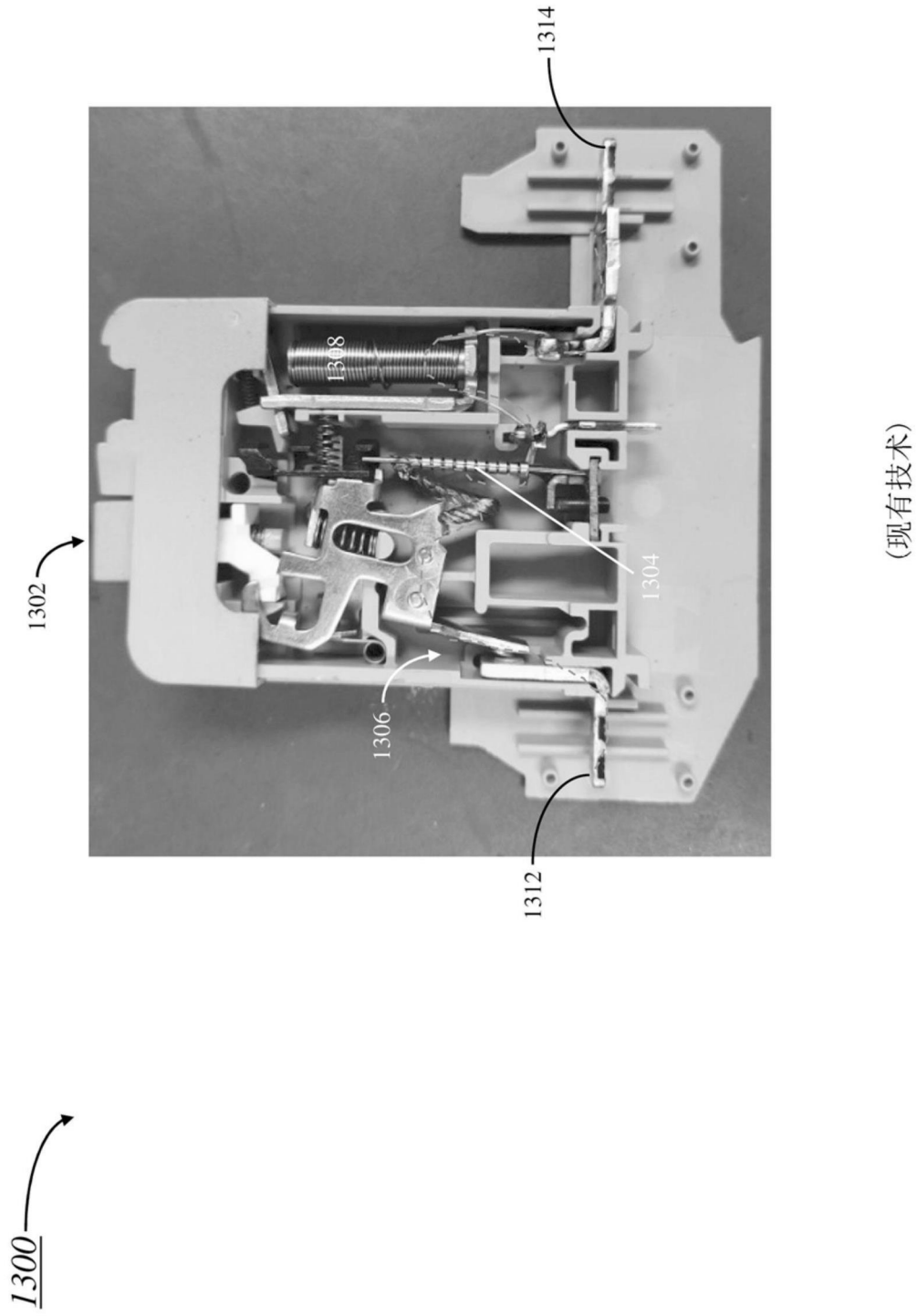


图13

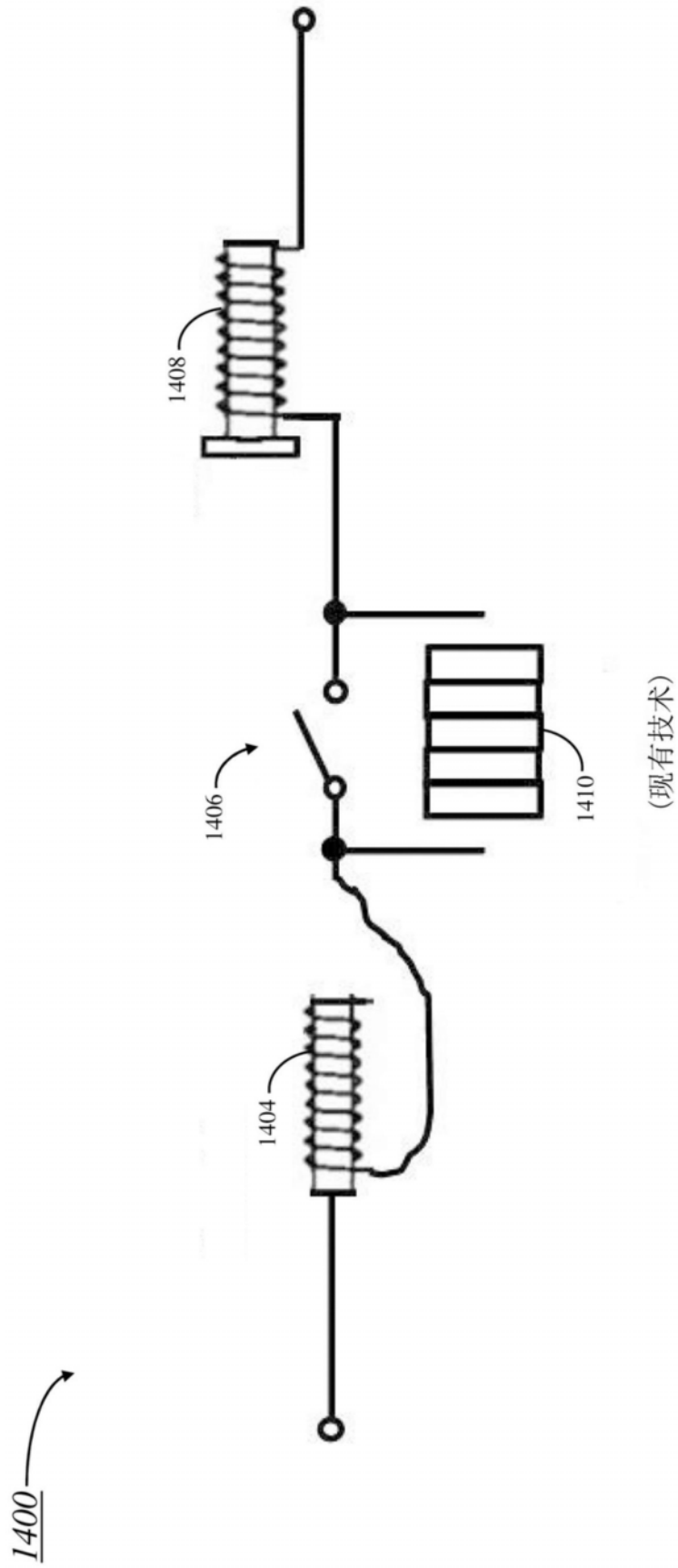


图14

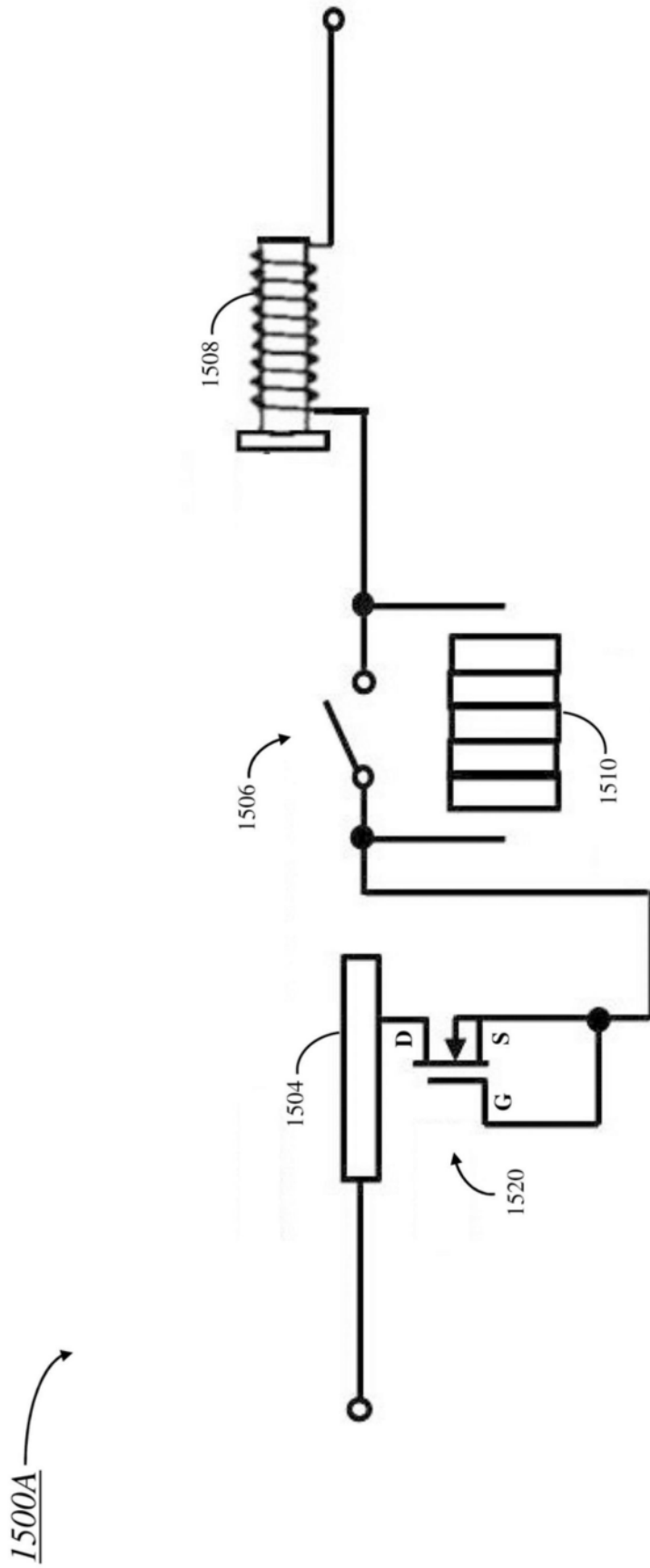


图15A

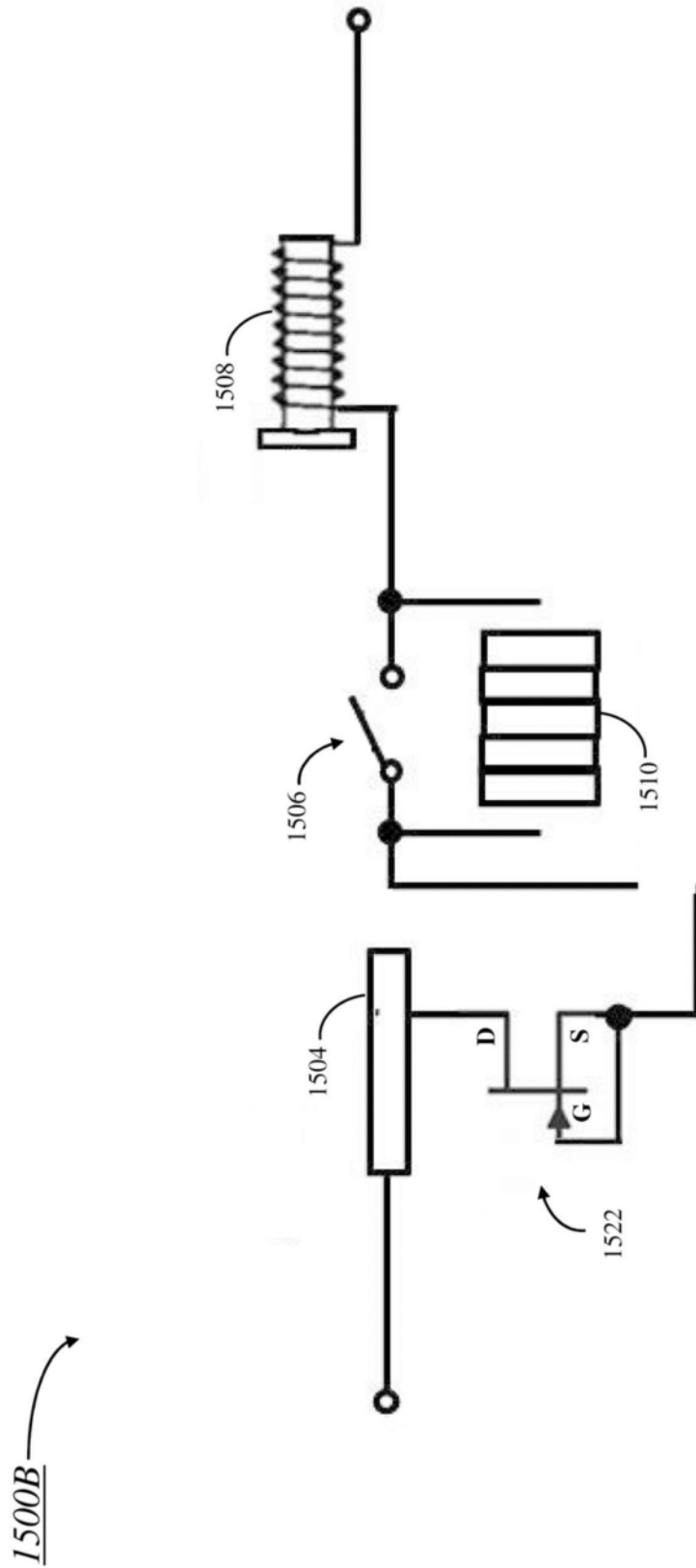


图15B

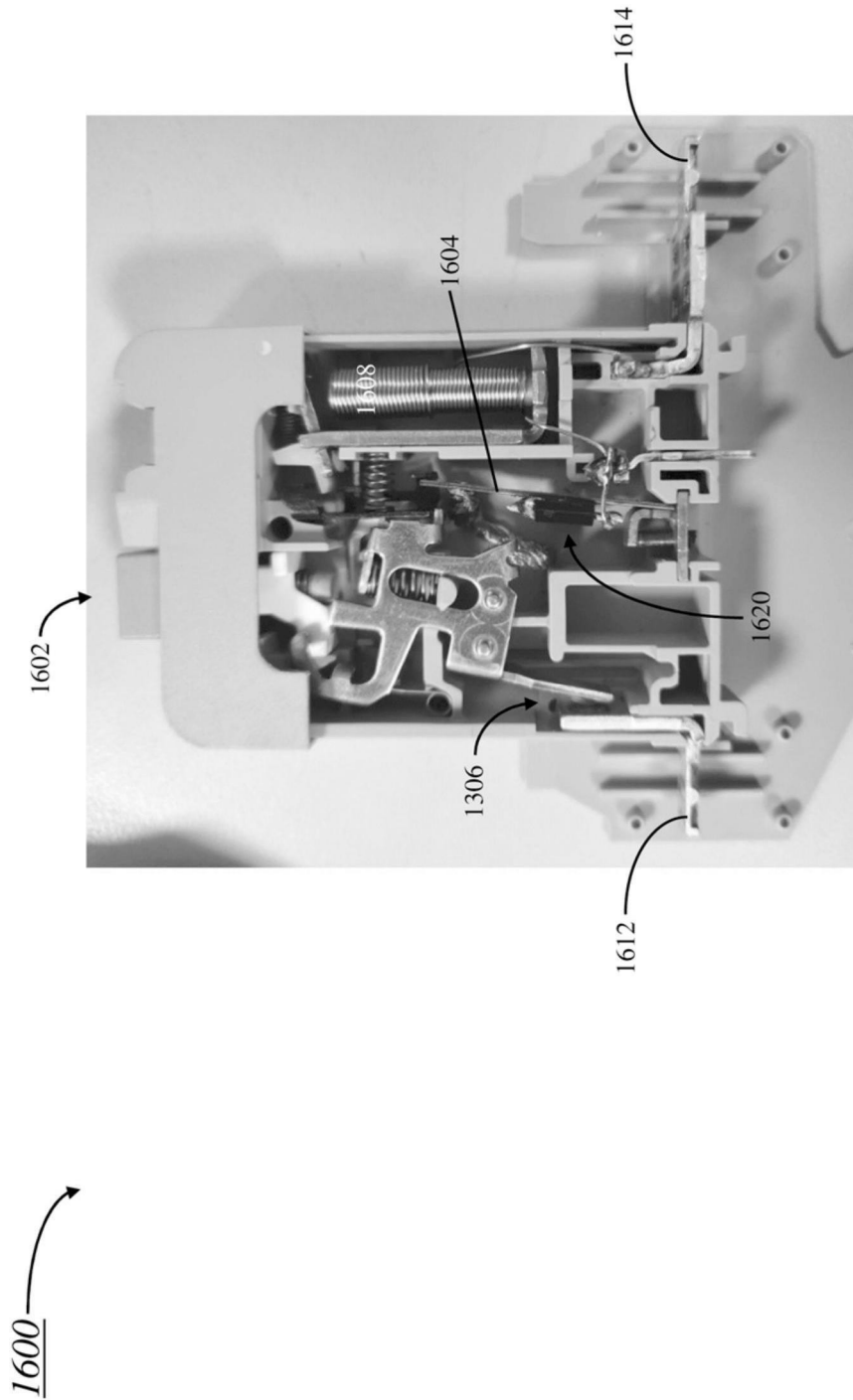


图16

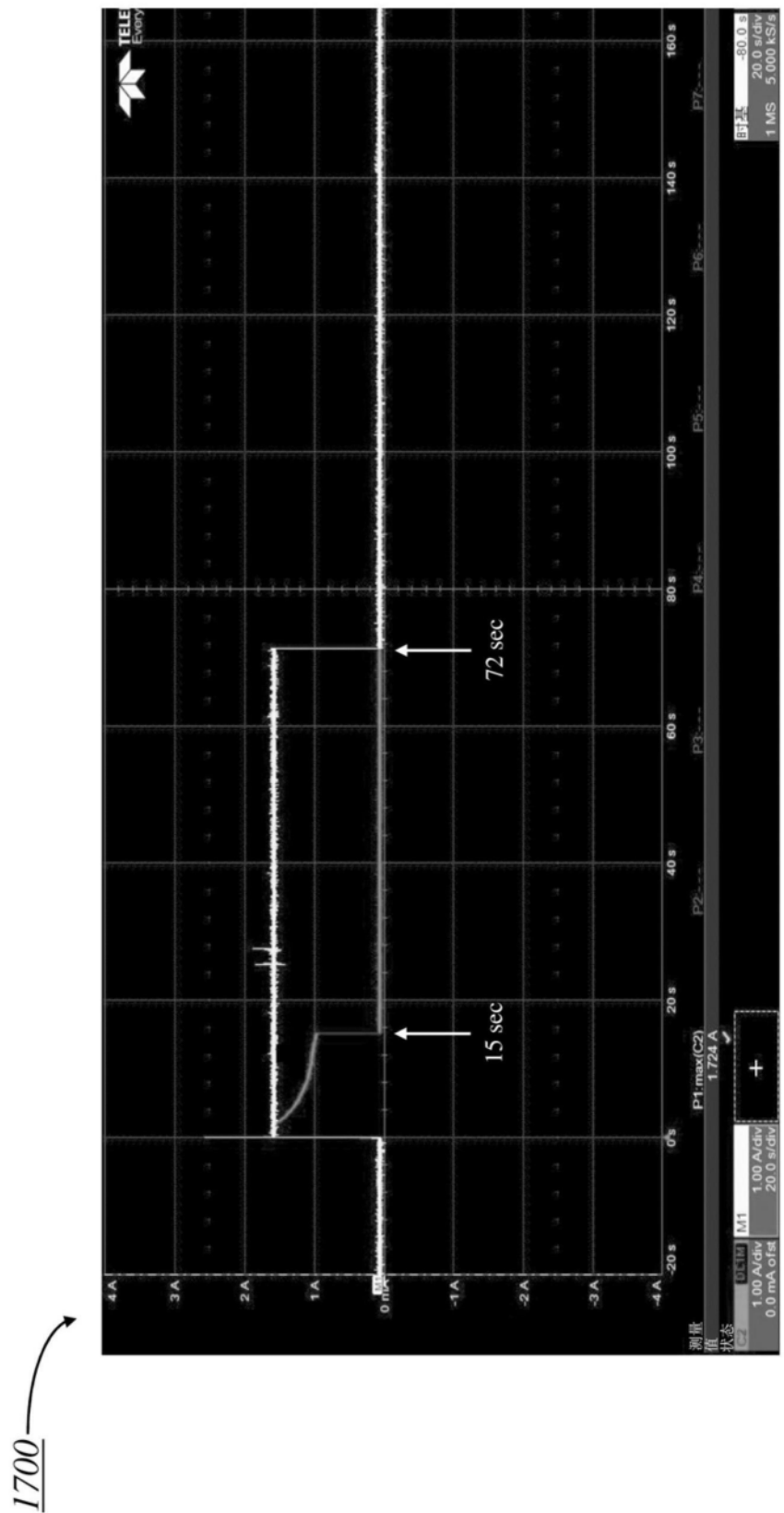


图17

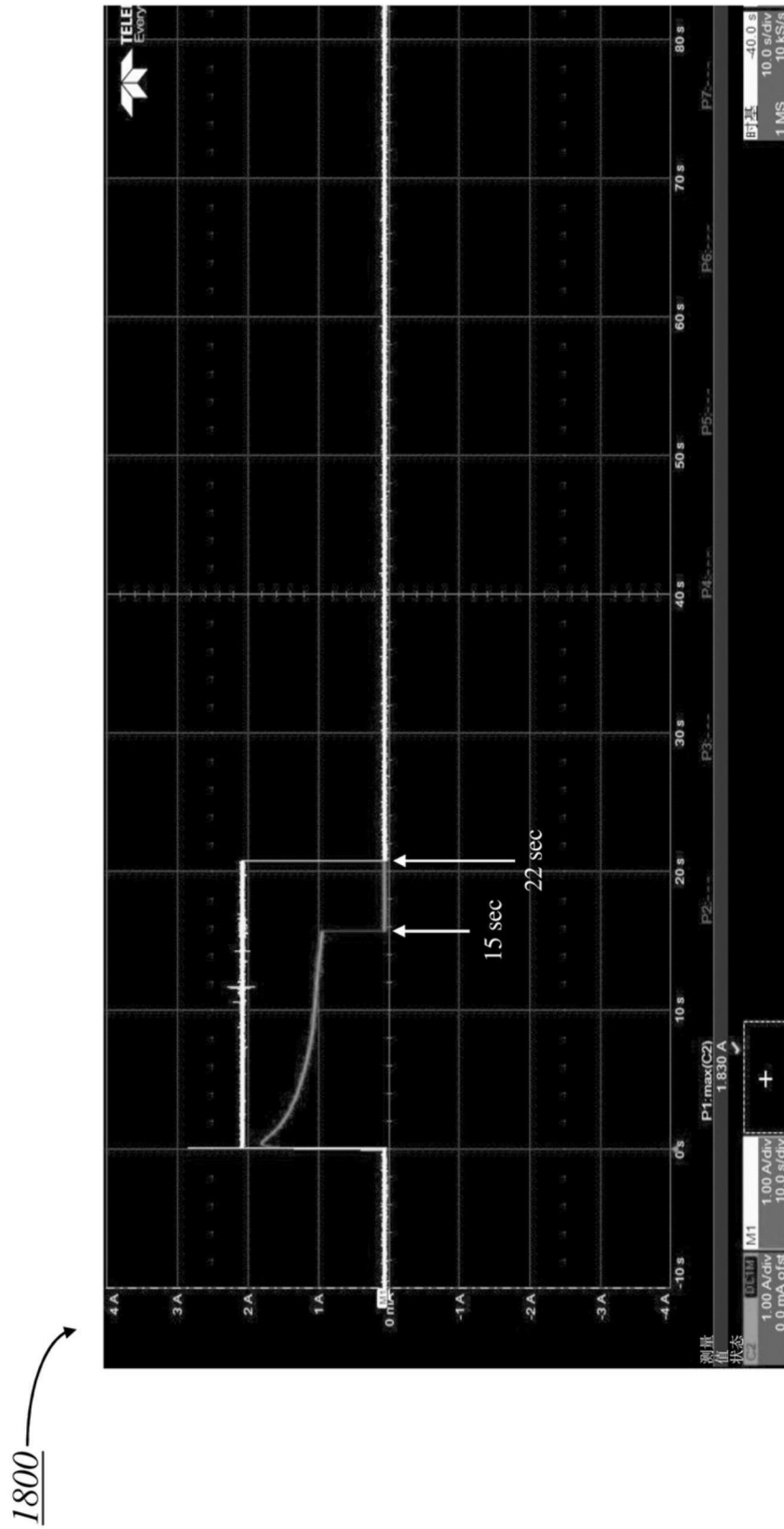


图18

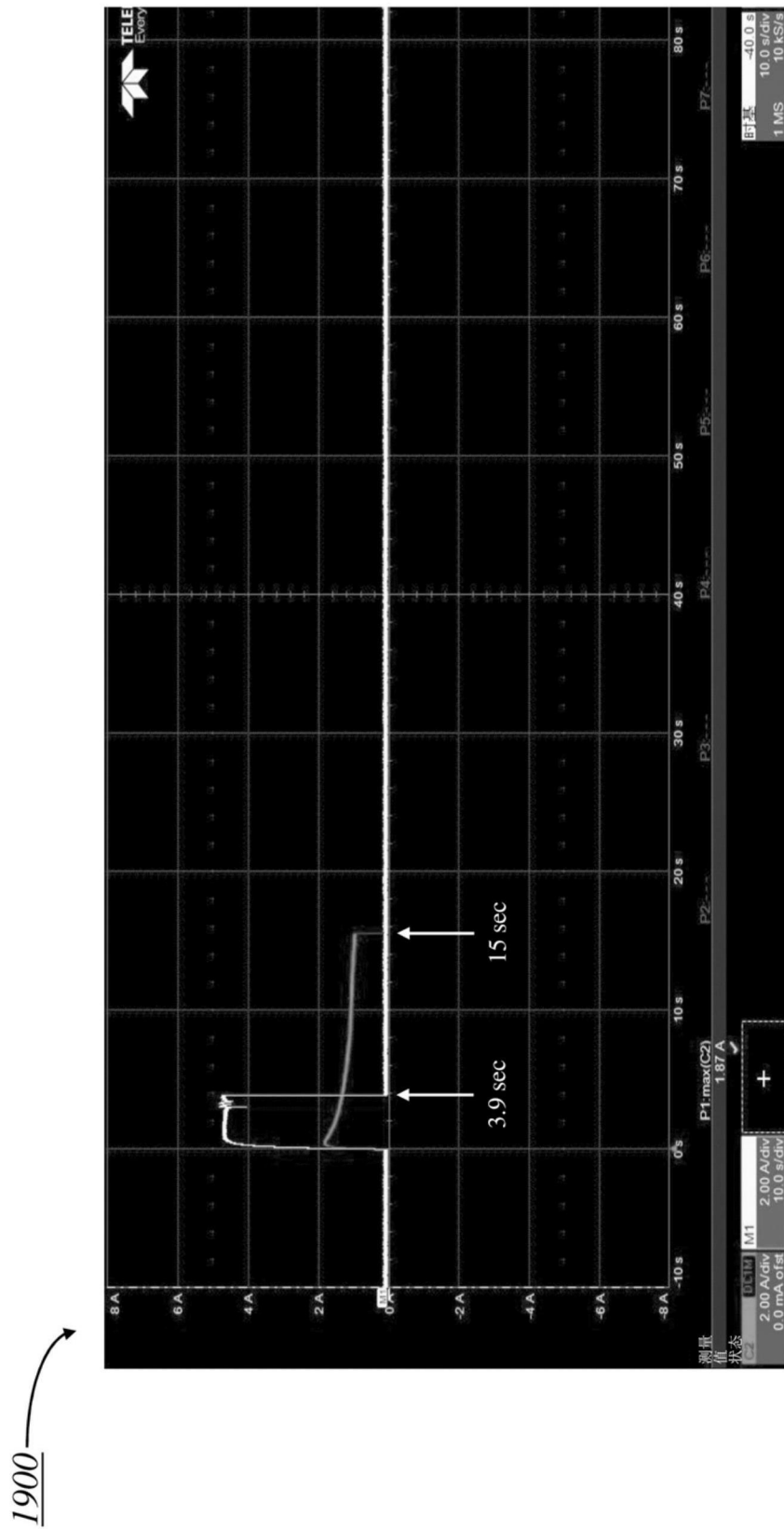


图19