



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113945819 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 18

(21) 申请号 202110799778.3

(22) 申请日 2021.07.15

(30) 优先权数据

2007423 2020.07.15 FR

17/375,450 2021.07.14 US

(71) 申请人 意法半导体(格勒诺布尔2)公司

地址 法国格勒诺布尔

申请人 意法半导体 (ALPS) 有限公司

(72) 发明人 E·奥夫雷 T·梅里斯

P·西里托-奥利维耶

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 董莘

(51) Int. Cl.

G01R 31/28 (2006.01)

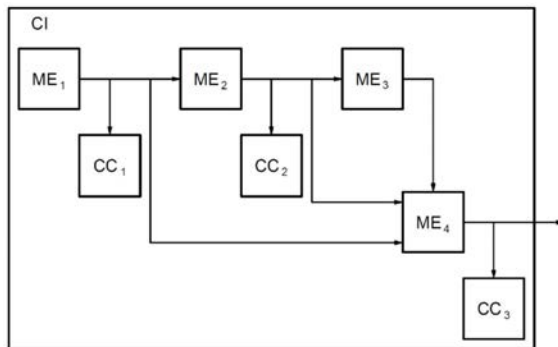
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

集成电路和用于诊断集成电路的方法

(57) 摘要

本公开的各实施例涉及集成电路和用于诊断集成电路的方法。根据一个方面，一种集成电路包括：电子模块，被配置为在输出处生成电压；以及电子控制电路，耦合到电子模块的输出，电子控制电路包括发射电子部件。电子控制电路被配置为使发射电子部件根据电子模块的输出处的电压值相对于电子模块的操作电压值来发射光辐射，并且操作电压在该电子模块的正常操作期间对于该电子模块是特定的。由发射电子部件发射的光辐射被配置为扩散到集成电路的外表面。



1. 一种集成电路,包括:
电子模块,被配置为在输出处生成电压;以及
电子控制电路,耦合到所述电子模块的输出,所述电子控制电路包括发射电子部件,所述电子控制电路被配置为使得所述发射电子部件根据所述电子模块的输出处的电压的值相对于所述电子模块的操作电压的值来发射光辐射,所述操作电压在所述电子模块的正常操作期间对于所述电子模块是特定的,其中由所述发射电子部件发射的所述光辐射被配置为扩散到所述集成电路的外表面。
2. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述电子模块包括多个电子模块,并且所述电子控制电路包括多个电子控制电路。
3. 根据权利要求2所述的集成电路,其中所述多个电子模块中的每个电子模块耦合到所述多个电子控制电路的对应的电子控制电路。
4. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述电子控制电路被配置为能够使所述发射电子部件在所述电子模块的输出处的电压的值达到所述操作电压的值时发射所述光辐射。
5. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述电子控制电路被配置为能够使所述发射电子部件在所述电子模块的输出处的电压的值低于所述操作电压的值时发射所述光辐射。
6. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述集成电路没有设置在所述发射电子部件与所述集成电路的外表面之间的、会阻挡由所述发射电子部件生成的所述光辐射的金属线。
7. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述光辐射的波长在400nm与1400nm之间。
8. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述发射电子部件是二极管。
9. 根据权利要求8所述的集成电路,其中所述二极管是N阱二极管。
10. 根据权利要求1所述的集成电路,其中所述发射电子部件是晶体管。
11. 根据权利要求1所述的集成电路,包括被配置为断开所述电子控制电路的电路。
12. 一种用于对集成电路执行诊断的方法,所述集成电路包括电子模块以及电子控制电路,所述电子模块被配置为在输出处生成电压,所述电子控制电路耦合到所述电子模块的输出,其中所述电子控制电路包括发射电子部件,所述电子控制电路被配置为使得所述发射电子部件根据所述电子模块的输出处的电压的值相对于所述电子模块的操作电压的值来发射光辐射,所述操作电压在所述电子模块的正常操作期间对于所述电子模块是特定的,并且由所述发射电子部件发射的所述光辐射被配置为扩散到所述集成电路的外表面,所述方法包括:
接通所述集成电路;以及
监控所述发射电子部件,所述发射电子部件用于发射的光辐射;以及
基于所述监控来确定所述电子模块是否具有故障。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中:
监控所述发射电子部件包括:获取所述集成电路的所述外表面的至少一个图像;以及
确定所述电子模块是否具有故障包括:基于所述至少一个图像分析所述发射电子部件的发射状态。
14. 根据权利要求13所述的方法,其中获取所述至少一个图像包括使用相机。
15. 根据权利要求12所述的方法,其中:

所述电子模块包括多个电子模块,所述电子控制电路包括多个电子控制电路;
监控所述发射电子部件包括:获取所述集成电路的所述外表面的多个序列图像;以及
确定所述电子模块是否具有故障包括:基于所述多个序列图像来分析所述多个电子模块的所述发射电子部件的多个发射状态。

16. 根据权利要求15所述的方法,还包括:使所述多个电子模块在所述监控期间执行测试序列。

17. 根据权利要求15所述的方法,还包括:基于分析所述多个发射状态来确定所述多个电子模块中的特定电子模块是否具有故障。

18. 一种操作集成电路的方法,所述集成电路包括多个可测试电子电路,每个可测试电子电路包括电子模块,所述电子模块耦合到包括发射电子部件的电子控制电路,所述方法包括:针对所述多个可测试电子电路的每个控制电路,

监控所述电子模块的输出信号;

将监控的输出信号与参考水平进行比较,

基于所述比较使所述发射电子部件发射光辐射,其中所发射的光辐射被配置为扩散到所述集成电路的外表面。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中所述输出信号是输出电压,并且所述参考水平对应于正常操作期间的所述电子模块的操作电压。

20. 根据权利要求18所述的方法,其中基于所述比较使所述发射电子部件发射光辐射包括:当监控的输出信号达到所述参考水平时,使所述发射电子部件发射所述光辐射。

21. 根据权利要求18所述的方法,其中基于所述比较使所述发射电子部件发射光辐射包括:当监控的输出信号小于所述参考水平时,使所述发射电子部件发射所述光辐射。

集成电路和用于诊断集成电路的方法

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求于2020年7月15日提交的法国专利申请第2007423号的权益,其通过引用全部并入本文。

技术领域

[0003] 实施本发明的实施例和方法涉及集成电路和用于对这种集成电路执行诊断的方法。

背景技术

[0004] 集成电路通常包括多个电子模块,每个电子模块都被配置为执行给定的电子功能。这些电子模块可能经受故障,特别是由于集成电路的制造或随时间推移的磨损而导致的故障。为了排除这些故障,可以首先识别集成电路的每个故障电子模块。

[0005] 关于这点,用于识别集成电路的故障电子模块的一种已知方法是发射显微镜,其涉及分析由该集成电路的电子模块发射的光辐射。

[0006] 更具体地,电子模块包括能够发射光辐射的电子部件,特别是在其操作期间当电流流过时。光辐射可以是可见光或红外线。特别地,这种光辐射的波长可以包括在400nm(可见光)与1400nm(近红外)之间。例如,能够发射这种光辐射的电子部件可以是MOS晶体管或二极管。

[0007] 这种由不同电子模块的电子部件产生的光辐射传播远到可以从集成电路外部观察到的集成电路的外表面。由此能够获取由电子模块的电子部件产生的光辐射的图像,以便分析集成电路。

[0008] 为了识别故障电子模块,可以将被分析的故障集成电路产生的光辐射图像和与被分析的集成电路相同的功能集成电路产生的光辐射的图像进行比较。故障集成电路的图像由于故障集成电路的故障电子模块不一定产生光辐射的事实而可以不同于功能集成电路的图像。因此,故障集成电路的图像与功能集成电路的图像之间的差异分析能够用于识别故障电子模块。

[0009] 然而,这种方法具有特定限制。更具体地,一个电子模块的故障可能意味着其他电子模块不能工作,因为虽然功能是单独作用,但该电子模块位于这些功能性电子模块的上游。因此,这些功能电子模块不能产生任何光辐射。因此,仅从光辐射的图像很难识别出有故障的电子模块。

[0010] 因此,可以测试有故障的集成电路,以分析每个潜在故障的电子模块来识别故障的电子模块。测试集成电路可能需要钻穿集成电路来到达特定潜在故障的电子模块。因此,测试集成电路来检测有故障的电子模块非常复杂,而且会非常耗时。

[0011] 此外,故障电子模块有时也能够发射光辐射,即使由这些电子模块生成的信号是不正确的。

[0012] 用于识别故障电子模块的另一种解决方案是在集成电路内包括测试系统,诸如

BIST(内置自测试)系统。这种测试系统被配置为对集成电路执行自诊断。这种测试系统的缺点是在集成电路中占用的空间方面昂贵,并且需要使用专用输出来在集成电路外传输诊断信息。

[0013] 因此,应提出一种快速并且廉价地识别集成电路的故障电子模块的解决方案。

发明内容

[0014] 根据一个方面,本发明提出了一种集成电路,包括:电子模块,每个电子模块都被配置为在输出处生成被称为操作电压的电压,该电压在该电子模块的正常操作期间对于该电子模块是特定的;至少一个电子控制电路,包括发射电子部件,每个电子控制电路设置在电子模块的输出处,至少一个电子控制电路及其发射电子部件被配置为使得发射电子部件能够根据该电子模块的输出处的电压的值相对于操作电压的值来发射光辐射,集成电路被配置为使得能够由发射电子部件发射的光辐射可以扩散到集成电路的外表面。

[0015] 因此,在集成电路的外表面上,可以从集成电路的外部观察能够由发射电子部件产生的光辐射。

[0016] 因此,至少一个电子控制电路使得可以借助于能够由发射电子部件产生的光辐射来报告位于集成电路中的该电子控制电路上游的电子模块是否具有故障。更具体地,根据与电子控制电路连接的电子模块的输出处的电压值相对于在该电子模块的正常操作期间的预期输出电压(即,操作电压)来产生光辐射。

[0017] 因此,使用至少一个电子控制电路有助于在电子模块发生故障之后对这种集成电路执行诊断。更具体地,通过至少一个电子控制电路来帮助识别故障电子模块。

[0018] 特别地,为了在电子模块发生故障之后对这种集成电路执行诊断,可以通过分析能够由发射电子部件产生的光辐射来识别故障电子模块。

[0019] 可以通过从集成电路的外表面获取由集成电路产生的光辐射的至少一个图像来执行对能够由发射电子部件产生的光辐射的分析。

[0020] 然而,集成电路中的至少一个电子控制电路的位置可以通过研究其架构来容易地确定。因此,可以从集成电路在至少一个电子控制电路的位置处产生的光辐射的至少一个获取图像来容易地研究至少一个电子控制电路的发射电子部件的发射状态。

[0021] 对至少一个电子控制电路的发射电子部件的发射状态的分析使得可以确定位于该电子控制电路上游的电子模块是否存在故障。

[0022] 因此,这种分析通过允许在集成电路的至少一个点处执行检查来检查位于该点上游的电子模块的操作而简化了故障电子模块的识别。

[0023] 此外,使用至少一个电子控制电路避免了在故障集成电路的光辐射的图像与相同但工作的集成电路的光辐射的图像之间进行比较的需要。

[0024] 此外,至少一个电子控制电路具有占用集成电路内小空间的优点。

[0025] 此外,至少一个电子控制电路还具有不影响集成电路的操作的优点。

[0026] 在一个有利的实施例中,至少一个电子控制电路及其发射电子部件被配置为当该电子模块的输出处的电压值达到操作电压值时,能够使发射电子部件发射光辐射。因此,电子控制电路的发射电子部件只有当与该电子控制电路连接的电子模块正确工作时才会发射光辐射。

[0027] 备选地,至少一个电子控制电路及其发射电子部件被配置为当该电子模块的输出处的电压值低于操作电压值时,能够使发射电子部件发射光辐射。

[0028] 在后一种情况下,电子控制电路的发射电子部件由此仅在与该电子控制电路连接的电子模块不能正确工作时发射光辐射。

[0029] 这降低了电子控制电路的功耗。更具体地,至少一个电子控制电路的发射电子部件在当集成电路中位于该电子控制电路上游的每个电子模块都正确工作时不消耗功率。

[0030] 在一个有利的实施例中,在集成电路的所述外表面与发射电子部件之间不设置能够阻挡发射电子部件的光辐射的金属线(或轨道)。

[0031] 因此,可以从集成电路的外表面容易地观察到能够由至少一个电子控制电路的发射电子部件产生的光辐射。集成电路的外表面可以是集成电路的正面或背面。

[0032] 在一个有利的实施例中,光辐射是可见光或红外光。特别地,该光辐射能够具有可以包括在400nm(可见光)与1400nm(近红外)之间的波长。

[0033] 在一个有利的实施例中,发射电子部件是二极管,例如N阱二极管。

[0034] 特别地,二极管在其导通时产生光辐射。

[0035] 优选地,电子电路由此包括相对于二极管串联设置并连接到地的电阻器。该电阻器被配置为限定流过二极管的电流。

[0036] 备选地,发射电子元件可以是晶体管,特别是MOS晶体管。

[0037] 特别地,晶体管在其导通时产生光辐射。因此,晶体管能够由与包括该晶体管的电子控制电路连接的电子模块的输出处的电压来控制。

[0038] 在一个有利的实施例中,集成电路包括被配置为断开至少一个电子控制电路的电路,这可以降低集成电路的功耗。

[0039] 根据另一方面,本发明提出了一种对上述集成电路执行诊断的方法,其中,集成电路被接通,然后使用至少一个电子控制电路的发射电子元件来识别至少一个故障电子模块。这种诊断程序的实施简单并且低廉。

[0040] 优选地,获取集成电路的外表面的至少一个图像,这种获取适于在集成电路的外表面上捕获由集成电路产生的光辐射,基于通过分析至少一个电子控制电路的发射电子部件的发射状态而获取的至少一个图像来执行至少一个故障电子模块的识别。

附图说明

[0041] 通过检查实施本发明的非限制性实施例和方法的详细描述以及附图,本发明的其他优点和特征将变得显而易见,其中:

[0042] 图1示出了根据一个实施例的集成电路;

[0043] 图2示出了根据一个实施例的电路的示意图;

[0044] 图3示出了根据一个实施例的耦合到集成电路的诊断设备的框图;以及

[0045] 图4示出了一种实施例方法的框图。

具体实施方式

[0046] 图1示出了根据本发明的一个实施例的集成电路CI。

[0047] 集成电路CI采用管芯的形式。因此,集成电路CI具有未示出的正面和背面。集成电

路CI包括电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄。每个电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄被配置为执行集成电路的给定电子功能。

[0048] 每个电子模块可以是模拟或数字的。例如,每个电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄可以从放大器、电位控制器、振荡器和模数转换器中选择。每个电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄被配置为在该电子模块的输出处生成称为操作电压的电压,该电压在该电子模块正确操作时对于该电子模块是特定的。

[0049] 然而,集成电路的电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄可能发生故障。这些故障尤其能够由集成电路CI的制造或其随时间的磨损而引起。因此,如果电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄发生故障,则该电子模块可以停止产生所述操作电压。因此,该电子模块ME₁、ME₂、ME₃、ME₄的输出处的电压为零。

[0050] 集成电路CI还包括至少一个电子控制电路CC₁、CC₂、CC₃。每个电子控制电路CC₁、CC₂、CC₃设置在集成电路的不同电子模块ME₁、ME₂、ME₄的输出处。具体地,电子控制电路CC₁连接到电子模块ME₁的输出,电子控制电路CC₂连接到电子模块ME₂的输出,并且电子控制电路CC₃连接到电子模块ME₄的输出。

[0051] 每个电子控制电路CC₁、CC₂、CC₃允许其所连接的电子模块的正确操作可以被检查。

[0052] 如图2所示,每个电子控制电路CC都包括发射电子元件EEC。该发射电子元件EEC连接到与包括该发射电子元件EEC的电子控制电路CC连接的电子模块ME的输出。

[0053] 每个电子控制电路CC及其发射电子部件EEC被配置为使得发射电子部件EEC可以根据与该电子部件连接的电子模块ME的输出处的电压的值相对于该电子模块ME的操作电压的值来产生光辐射。

[0054] 因此,每个电子控制电路CC的发射电子元件EEC能够具有两种可能的发射状态。在第一发射状态下,该发射电子部件发射光辐射。在另一发射状态下,发射电子元件EEC不发射任何光辐射。

[0055] 更具体地,在一个实施例中,每个电子控制电路CC及其发射电子部件EEC被配置为当该电子模块ME的输出处的电压达到该电子模块ME的操作电压时,允许发射电子部件EEC发射光辐射。因此,电子控制电路CC的发射电子部件EEC仅在与该电子控制电路CC连接的电子模块ME正确工作时才发射光辐射。

[0056] 备选地,至少一个电子控制电路CC及其发射电子部件EEC被配置为当该电子模块ME的输出处的电压低于操作电压时,使得发射电子部件EEC能够发射光辐射。在这种情况下,电子控制电路CC的发射电子部件EEC因此仅在与该电子控制电路CC连接的电子模块ME不能正确工作时发射光辐射。这降低了电子控制电路的功耗。更具体地,至少一个电子控制电路的发射电子部件在集成电路中位于该电子控制电路上游的每个电子模块正确工作时不消耗功率。

[0057] 能够由发射电子元件EEC发射的光辐射可以是可见光或红外光。特别地,这种光辐射可与具有包括在在400nm(可见光)与1400nm(近红外)之间的波长。

[0058] 如图2所示,发射电子元件EEC可以是二极管,例如N阱二极管。因此,电子控制电路CC包括相对于二极管EEC串联设置并连接到地GND的电阻器RES。该电阻器被配置为限定流过二极管EEC的电流。特别地,二极管在其导通时产生光辐射。

[0059] 此外,集成电路CI包括未示出的金属线(或金属轨道),用于连接集成电路CI的不

同电子部件。然而,优选地,在发射电子部件EEC与集成电路的外表面(尤其是集成电路的正面或背面)之间的集成电路CI中不设置能够阻挡来自发射电子部件EEC的光辐射的金属线。

[0060] 因此,从集成电路CI的外表面可以容易地观察到能够由发射电子元件EEC产生的光辐射。

[0061] 此外,优选地,集成电路CI包括用于断开每个电子控制电路的断开电路MHT。断开电路MHT被配置为断开其所连接的电子电路。

[0062] 具体地,如图2所示,断开电路MHT可以包括逻辑门ANDG以执行AND逻辑功能。该逻辑门ANDG在输入处接收与电子控制电路CC连接的电子模块ME的输出处的信号VME以及由反相器门INV反相的断开信号IDDQ。AND逻辑门具有连接到电子控制电路CC的输出。因此,当断开信号处于高状态以断开电子控制电路CC时,AND逻辑门生成低状态信号,而与电子模块ME的输出处的信号无关。因此,电子控制电路CC的输入处的电压为零。

[0063] 由此,这种断开电路MHT通过断开与它们连接的电子控制电路CC来降低集成电路的功耗。每个电子控制电路CC使得可以借助可由其发射电子部件EEC产生的光辐射来报告集成电路CI中位于该电子控制电路CC上游的电子模块ME是否具有故障。更具体地,根据与电子控制电路连接的电子模块的输出处的电压值相对于该电子模块的正常操作期间的预期输出电压值(即,所述操作电压)来产生光辐射。

[0064] 使用至少一个电子控制电路CC利于在电子模块ME发生故障后对这种集成电路CI执行诊断。更具体地,通过至少一个电子控制电路来帮助故障电子模块的识别。特别地,为了在电子模块ME发生故障之后对这种集成电路CI执行诊断,可以通过分析能够由每个电子控制电路CC的发射电子部件EEC产生的光辐射来识别故障电子模块ME。

[0065] 特别地,图3示出了用于对集成电路CI(诸如上面所述,包括至少一个故障电子模块)执行诊断的诊断设备DD。诊断设备DD包括被配置为接收仿真文件的输入,仿真文件尤其包括要被执行来测试设备的指令序列以及集成电路的信号响应于这些指令的预期状态。

[0066] 诊断设备DD包括测试单元UT,其被配置为能够通过由输入IN接收的仿真文件中的指令来命令集成电路CI并且响应于指令来从集成电路获取信号的状态。测试单元UT还被配置为接收由测试单元获取的、来自集成电路的信号的状态以及由仿真文件指示的信号的状态。分析单元UT还被配置为将所获取的信号的状态与由仿真文件指示的信号的状态进行比较。分析单元还被配置为基于比较结果来报告任何与预期不同的所获取的信号的状态。

[0067] 此外,诊断设备DD包括图像获取设备ACM,其被配置为捕获由集成电路CI产生的、从集成电路CI的外表面可见的光辐射。图像获取设备ACM可以是配置为捕获波长在400nm(可见光)与1400nm(近红外)之间的光辐射的相机。

[0068] 优选地,图像获取设备ACM以可以获取从集成电路CI的背面可见的光辐射的图像的这种方式来设置。

[0069] 图4示出了可以使用前述诊断设备实施的诊断方法。为了执行该诊断方法,检索关于集成电路中的发射电子部件的位置的信息,以便于识别这些发射电子部件。

[0070] 此外,当位于集成电路CI的每个电子控制电路的上游的电子模块工作或故障时,检索关于该电子控制电路的发射电子部件的预期发射状态的信息。

[0071] 还使用在诊断设备DD的输入处接收的诸如上面所述的仿真文件。

[0072] 首先,该方法包括接通集成电路CI的步骤40。该接通步骤40使得能够开始集成电路CI的启动阶段。能够通过测试单元UT根据仿真文件来控制这种接通。在该启动阶段期间,故障电子模块不输出正确电压,即其操作电压。然后,在步骤41中,测试单元UT根据仿真文件中的指令控制集成电路CI。

[0073] 该方法还包括获取步骤42,其中,图像获取设备ACM获取故障集成电路CI的光辐射的图像,同时测试单元根据仿真文件中的指令控制集成电路。

[0074] 优选地,当测试单元UT控制集成电路以获得发射部件的发射状态序列时,在不同时间获取光辐射的多个图像。

[0075] 然后,该方法包括分析步骤42,其中,对获取的图像进行分析,以识别每个电子控制电路的发射电子部件的发射状态。

[0076] 每个电子控制电路的发射电子部件的发射状态的分析使得能够确定位于该电子控制电路上游的电子模块是否工作,或者位于该发射电子部件上游的一个电子模块是否具有故障。因此,一旦识别出发射电子部件的发射状态,该方法包括识别故障电子模块的步骤43。具体地,将所识别的发射电子部件的发射状态与发射电子部件的预期发射状态进行比较。这种比较使得可以确定所识别的发射电子部件的发射状态是否不同于发射电子部件的预期发射状态。

[0077] 然后,基于这些比较的结果来识别电子模块。特别地,如果所识别的发射电子部件的发射状态与该发射电子部件的预期发射状态不同,则位于该发射电子部件上游的电子模块发生故障。

[0078] 用于分析和识别故障模块的步骤42和43可以由人执行,或者通过处理单元自动执行。

[0079] 此外,为了简化故障模块的识别,诊断设备的测试单元可以用于识别来自其的信号可能存在故障的电子模块。这减少了基于所获取的所述至少一个图像以识别一个或多个故障电子模块而进行分析的电子模块的数量。

[0080] 因此,这样的诊断方法通过允许在集成电路的至少一个点处执行检查来检查位于该点上游的电子模块的操作而简化了故障电子模块的识别。

[0081] 此外,如同已知诊断方法的情况,使用所述至少一个电子控制电路避免了在故障集成电路的光辐射的图像与相同但工作的集成电路的光辐射的图像之间进行比较的需要。更具体地,根据仿真文件中的指令的对集成电路的工作发射部件的发射状态的认知足以识别故障集成电路的故障模块。

[0082] 此外,至少一个电子控制电路具有在集成电路内占用小空间的优点。

[0083] 此外,至少一个电子控制电路还具有不影响集成电路的操作的优点。

[0084] 不言而喻,本领域技术人员可以对本发明做出各种明显的替代方案和修改。例如,作为二极管的替代,发射电子部件可以是晶体管,例如MOS晶体管。由此,晶体管在导通时产生光辐射。因此,晶体管可以由包括该晶体管的电子控制电路连接的电子模块的输出处的电压来控制。

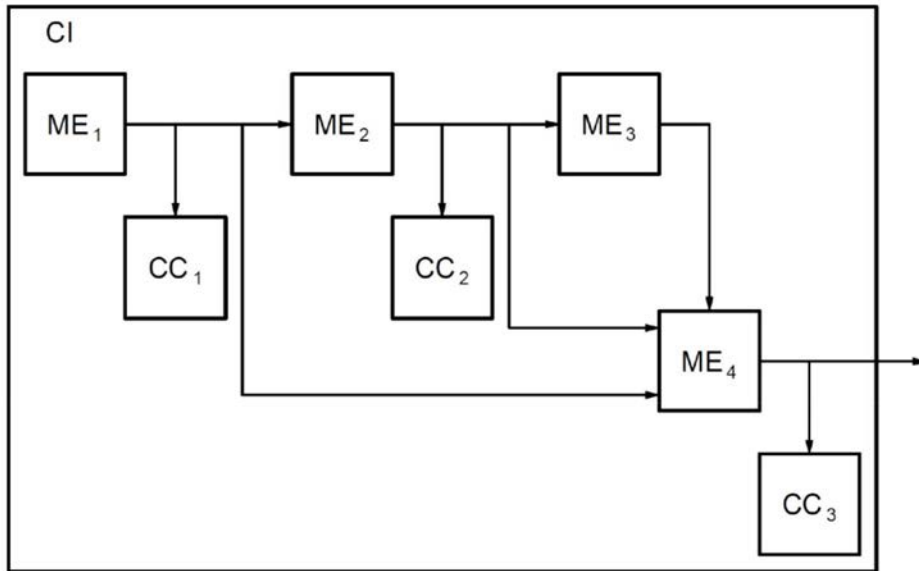


图1

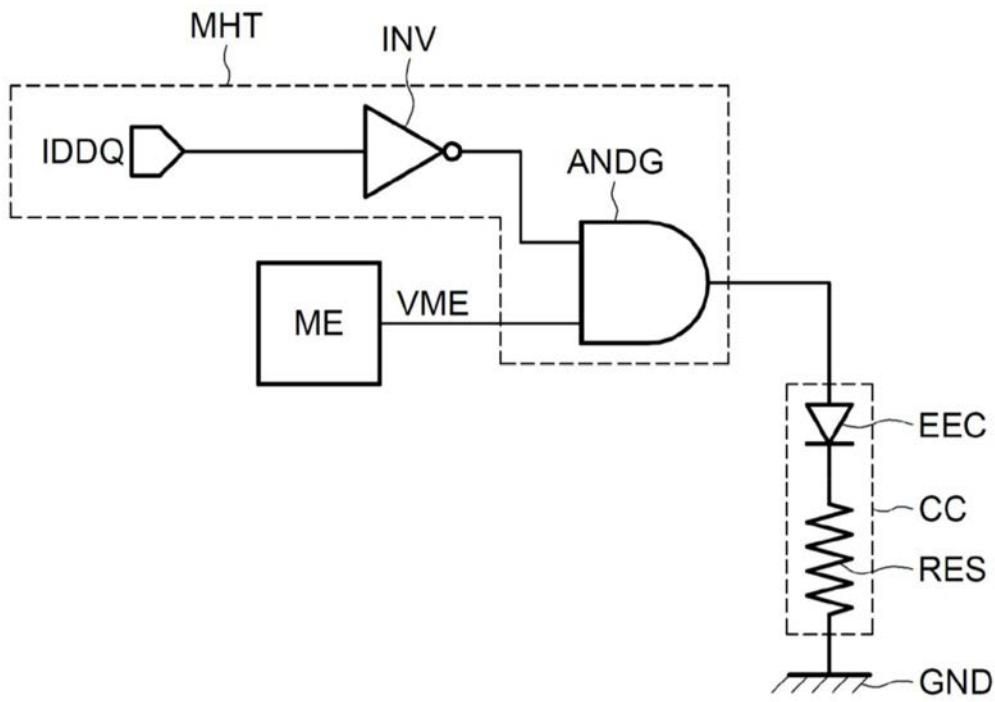


图2

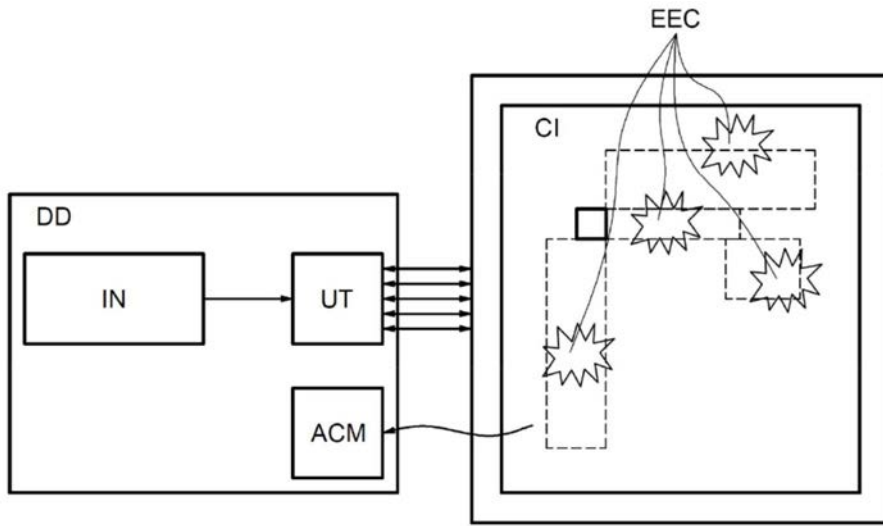


图3

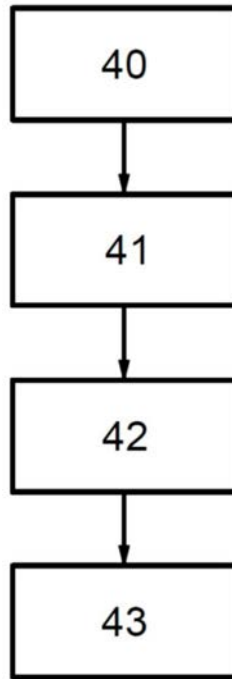


图4