



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101908848 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 08

(21) 申请号 201010196242. 4

(22) 申请日 2010. 06. 03

(30) 优先权数据

0953703 2009. 06. 04 FR

(71) 申请人 ST 微电子（鲁塞）有限公司

地址 法国鲁塞

(72) 发明人 克利斯汀·里韦罗

帕斯卡·福尔纳拉

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限

公司 11018

代理人 康泉 宋志强

(51) Int. Cl.

H02N 11/00 (2006. 01)

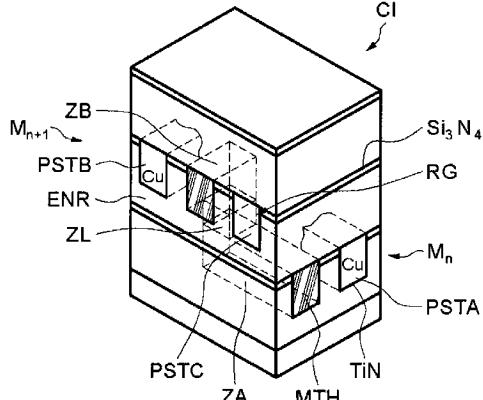
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

集成电路操作期间在其中生成电能的方法、
相应的集成电路及制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种集成电路操作期间在其中生
成电能的方法、相应的集成电路及制造方法。所述
集成电路包括：包含至少一种热电材料 (MTH) 的
至少一个区域 (RG)，被配置为承受由集成电路操
作期间所述集成电路的至少一部分 (PSTA, PSTB)
中的电流流动所产生的至少一个温度梯度；以及
导电输出装置，连接至所述区域，用于传送所述热
电材料所产生的电能。



1. 一种在集成电路中生成能量的方法,包括:

由集成电路操作期间所述集成电路的至少一部分中的电流流动,在所述集成电路的至少一个区域中产生至少一个温度梯度(22);以及

基于承受所述温度梯度的所述区域中所包含的至少一种热电材料而产生电能(23)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述集成电路包括有源部件(T)和被配置为将所述有源部件互连的导电互连网络(RICX),所述产生至少一个温度梯度由所述集成电路的至少一部分操作期间所述互连网络的至少一部分(PSTA, PSTB)中的电流流动引起,并且所述热电材料(MTH)位于在所述互连网络的一个或多个部分附近制作的一个或多个区域中。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述互连网络包括多个互连层,并且在不同的互连层(M_n, M_{n+1})上以及不同的互连层(M_n, M_{n+1})之间制作所述区域中的至少一个区域。

4. 根据权利要求2或3所述的方法,其中所述互连网络包括多个互连层,并且在同一互连层上制作所述区域(RG)中的至少一个区域。

5. 根据权利要求2至4之一所述的方法,其中以使所述区域中的至少一个区域与所述互连网络的一部分的电绝缘掩蔽物(ENR)中热扩散系数不同的至少两个区带(PAG1, PAG2)相邻的方式制作所述区域中的至少一个区域。

6. 根据权利要求2至5之一所述的方法,其中所述集成电路中包括所述互连网络中的部分,包括伪互连线的位置,并且在为所述伪互连线提供的位置中的至少一个位置处制作所述热电区域中的至少一个热电区域。

7. 根据前述权利要求之一所述的方法,其中所产生的能量被存储于在所述集成电路中制作的存储装置(CEL)中。

8. 一种集成电路,包括:

包含至少一种热电材料(MTH)的至少一个区域(RG),被配置为承受由集成电路操作期间所述集成电路的至少一部分(PSTA, PSTB)中的电流流动所产生的至少一个温度梯度;以及

导电输出装置,连接至所述区域,用于传送所述热电材料产生的电能。

9. 根据权利要求8所述的集成电路,包括:有源部件和被配置为将所述有源部件互连的导电互连网络,并且其中包含至少一种热电材料(MTH)并被配置为承受至少一个温度梯度的所述区域(RG)位于所述互连网络的一个或多个部分附近。

10. 根据权利要求9所述的集成电路,其中所述互连网络包括多个互连层,并且所述区域中的至少一个区域在不同的互连层(M_n, M_{n+1})上以及不同的互连层(M_n, M_{n+1})之间延伸。

11. 根据权利要求9或10所述的集成电路,其中所述互连网络包括多个互连层,并且所述区域(RG)中的至少一个区域在同一互连层上延伸。

12. 根据权利要求9至11之一所述的集成电路,其中所述区域(RG)中的至少一个区域与所述互连网络的一部分的电绝缘掩蔽物中热扩散系数不同的至少两个区带(PAG1, PAG2)相邻。

13. 根据权利要求12所述的集成电路,其中所述两个区带之一(Z2)包括空气袋。

14. 根据权利要求8至13之一所述的集成电路,其中所述区域(RG)中的至少一个区域在互连线的至少一些部分之间延伸。

15. 根据权利要求8至14之一所述的集成电路,进一步包括电连接至所述导电输出装

置 (MSE) 的电能存储装置 (CEL)。

16. 一种制造集成电路的方法,其特征在于,该方法包括:

制作至少一个区域 (RG),所述区域包含至少一种热电材料,并且被配置为承受由集成电路操作期间所述集成电路的至少一部分中的电流流动所产生的至少一个温度梯度;以及

制作导电输出装置 (MSE),所述导电输出装置连接至所述区域,用于传送所述热电材料产生的电能。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,包括:

制作所述集成电路的有源部分,以及在所述有源部分上制作互连部分,并且其中制作所述区域 (RG) 以及制作所述导电输出装置 (MSE) 在制作所述互连部分期间执行。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的方法,其中制作所述区域包括:在所述互连网络中位于一个或多个互连层上的互连线之间进行刻蚀,从而建立沟槽的操作;以及使用至少一种热电材料 (MTH) 填充这些沟槽的操作,

或者包括对先前形成的热电材料层进行刻蚀的操作。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中制作至少一个区域包括:

在位于不同互连层上的热电沟槽之间制作至少一个通孔 (ZL),并且使用热电材料填充所述通孔。

20. 根据权利要求 16 至 19 之一所述的方法,进一步包括:在填充有热电材料的至少一个区域的一部分附近制作空气袋 (PAG1, PAG2)。

21. 根据权利要求 16 至 20 之一所述的方法,其中在最初为所述集成电路的至少一条伪互连线的至少一部分提供的位置处制作至少一个热电区域。

22. 根据权利要求 16 至 21 之一所述的方法,进一步包括:制作连接至所述电输出装置 (MSE) 的能量存储装置 (CEL)。

集成电路操作期间在其中生成电能的方法、相应的集成电路及制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及集成电路，更具体地涉及在集成电路中生成电能，而不是由诸如电池之类的常规电源产生能量。

发明内容

[0002] 根据一种实施方式和实施例，提出可以基于集成电路的内部操作恢复电能的方法和集成电路，以便可选地存储该电能，从而能够例如对集成电路中的特定部分进行供电和 / 或对电池进行再充电。这使得可以极大地延长电池的寿命和 / 或减小电池的尺寸。

[0003] 根据一方面，提出一种在集成电路中生成能量的方法，包括：由集成电路操作期间所述集成电路的至少一部分中的电流流动，在所述集成电路的至少一个区域中产生至少一个温度梯度，以及基于承受所述温度梯度的所述区域中所包含的至少一种热电材料而产生电能。

[0004] 发明人实际上已经观察到在集成电路的至少一部分操作期间，集成电路的特定区域，特别是多个电互连层之间，会发生温度梯度，所述梯度源自于由例如逻辑门、寄存器、触发器的触发、晶体管的切换等所导致的电流流动，例如电脉冲。

[0005] 并且，依赖于这些不同部件的互连，某些时刻这些电脉冲的传播会在集成电路的某些区域中导致温度梯度。

[0006] 结果，热电材料使得可以基于其所承受的热梯度而产生电能，更确切地说是电流。

[0007] 这里应当注意的是，所实施的方法没有使用唯一功能在于导致温度梯度的任何特定加热或冷却部件。相反，使用集成电路的现有元件，例如互连网络来产生热梯度。

[0008] 按照惯例，集成电路包括本领域技术人员通常使用词语“前端线”(FEOL) 来表示的一部分，该部分顶部有本领域技术人员通常使用词语“后端线”(BEOL) 表示的第二部分。

[0009] FEOL 部分实际上是集成电路中首先被制造的部分，其中置有诸如晶体管、电阻器等惯用有源部件。FEOL 部分通常包括集成电路中到第一金属化层为止的所有各个元件。

[0010] 集成电路的上部，即 BEOL 部分是集成电路中通过互连网络将有源部件互连的部分，其中互连网络包括形成线路或互连线的金属化层以及通孔。该 BEOL 部分通常由第一金属化层开始，并且还包括通孔、绝缘层以及布置在集成电路上部的接触焊盘。

[0011] 虽然所述热电区域可以布置在集成电路中易于承受温度梯度的任意部分中，但尤其有利且简单的是，将热电材料置于在一个或多个互连网络部分，即集成电路的 BEOL 部分的附近所制作的一个或多个区域中。实际上，已经观察到，在集成电路的至少一部分操作期间，互连网络的至少一部分中的电流流动使得可以产生易于使用的温度梯度。

[0012] 集成电路中温度梯度的定位尤其依赖于集成电路的内部特性及其设想的操作方式，并且尤其依赖于有源部件的类型、有源部件的互连方式以及集成电路操作期间有源部件的使用和实施方式。

[0013] 温度梯度的这种定位，尤其是在互连网络中的定位，易于受到例如仿真的影响，该

仿真以对集成电路在可设想的操作情形下的操作进行的一个或多个仿真为基础。

[0014] 一旦执行了温度梯度的定位,就可以容易地定位即将用于容纳一种或多种热电材料的区域。

[0015] 在互连网络包括多个互连层时——通常情况就是如此——可以在不同的互连层上以及不同的互连层之间制作所述热电区域中的至少一个热电区域。

[0016] 还可以在同一互连层上制作所述热电区域中的至少一个热电区域。

[0017] 根据一种实施方式,还可以以使所述热电区域的至少一个区域与互连网络的一部分的电绝缘掩蔽物(shroud)(例如,层间电介质)中热扩散系数不同的至少两个区带相邻的方式制作所述热电区域中的至少一个区域。可以在该绝缘掩蔽物中制作例如本领域技术人员通常使用词语“空气隙”来表示的空气袋,从而使得可以建立热扩散系数低的区带。

[0018] 可以出于各种目的而使用热电材料所产生的能量。例如,可以将该能量存储于在集成电路中制作的存储装置,例如电容器中。该电容器可以是例如在BEOL部分中制作的金属-金属电容器,或者是在FEOL部分中制作的电容器。

[0019] 根据另一方面,提出一种集成电路,包括:包含至少一种热电材料的至少一个区域,被配置为承受由集成电路操作期间所述集成电路的至少一部分中的电流流动所产生的至少一个温度梯度;以及导电输出装置,连接至所述区域,用于传送所述热电材料产生的电能。

[0020] 根据一个实施例,集成电路包括有源部件和有源部件之间的导电互连网络,并且包含至少一种热电材料并被配置为承受至少一个温度梯度的所述区域位于互连网络的一个或多个部分附近。

[0021] 根据一个实施例,互连网络包括多个互连层,并且所述区域中的至少一个区域在不同的互连层上以及不同的互连层之间延伸。

[0022] 根据一个实施例,互连网络包括多个互连层,并且所述区域中的至少一个区域在同一互连层上延伸。

[0023] 根据一个实施例,所述区域中的至少一个区域与互连网络的一部分的电绝缘掩蔽物中热扩散系数不同的至少两个区带相邻。

[0024] 两个区带之一可以包括空气袋。

[0025] 根据一个实施例,所述区域中的至少一个区域在互连线的部分中的至少一个部分之间延伸。

[0026] 根据一个实施例,集成电路进一步包括电连接至导电输出装置的电能存储装置。

[0027] 根据另一方面,提出一种制造集成电路的方法,包括:制作至少一个区域,所述区域包含至少一种热电材料,并且被配置为承受由集成电路操作期间所述集成电路的至少一部分中的电流流动所产生的至少一个温度梯度;以及制作导电输出装置,该导电输出装置连接至所述区域,用于传送热电材料所产生的电能。

[0028] 根据设想制作集成电路的有源部分,并且在有源部分上制作互连网络的一种实施方式中,制作所述热电区域以及制作导电输出装置在制作互连网络期间执行。

[0029] 根据一种实施方式,制作所述区域包括:在互连网络中位于一个或多个互连层上的互连线之间进行刻蚀,从而建立沟槽的操作;以及使用至少一种热电材料填充这些沟槽的操作。

[0030] 根据一种实施方式,制作至少一个区域包括:在位于不同互连层上的热电沟槽之间制作至少一个通孔,并且使用热电材料填充所述通孔。

[0031] 根据一种实施方式,还进一步提议,在填充有热电材料的至少一个区域的一部分附近制作空气袋。

[0032] 根据一种实施方式,还进一步提议,制作连接至电输出装置的能量存储装置。

附图说明

[0033] 通过研究完全非限制性的实施方式和实施例以及附图,本发明的其它优点和特征将更明显,附图中:

- [0034] 图 1 以示意方式示出集成电路的示例性结构;
- [0035] 图 2 示出根据本发明的方法的一种实施方式的主要步骤;
- [0036] 图 3 示出根据本发明的集成电路的示例性实施例;
- [0037] 图 4 至图 8 示出根据本发明的集成电路中的热电区域的示例性实施例;
- [0038] 图 9 示意性示出根据本发明的集成电路的一部分的另一实施例;
- [0039] 图 10 示出根据本发明的集成电路的一部分的又一实施例;并且
- [0040] 图 11 示出用于存储根据本发明的集成电路所产生的能量的示例装置的电路图。

具体实施方式

[0041] 图 1 中,附图标记 CI 表示包括有源部分的常规结构的集成电路,有源部分包括例如晶体管 T 的有源部件。本领域技术人员通常使用词语“前端线”(FEOL) 来表示该有源部分。

[0042] 在该有源部分上方有互连网络 RICX,互连网络 RICX 用于将集成电路的各个有源部件彼此之间互相连接,以及将集成电路的各个有源部件与位于集成电路上部的接触焊盘互相连接。

[0043] 该互连网络 RICX 在常规方式中包括分布在多个金属化层 Mi 上的、标记为 PST 的诸如铜或铝之类的导电线路组件,图 1 中表示出 5 个金属化层。

[0044] 互连网络还包括通孔 V,通孔 V 是用于将一个金属化层的某些线路链接至相邻金属化层的某些线路的导电孔。最后,线路组件和通孔通过绝缘掩蔽物 ENR 或层间电介质 ILD 彼此电绝缘。这种电介质可以是例如二氧化硅。

[0045] 在该集成电路操作期间(图 2,步骤 20),互连网络 RICX 的至少一部分中发生电流的流动(步骤 21)。

[0046] 给定时刻的电流流动由例如逻辑触发器的触发、晶体管的切换等引起。该电流在互连网络的一部分中传播。在另一时刻可能涉及到其它部件,这也会导致电流在互连网络的另一部分中流动,或者甚至部分地在与先前相同的部分中流动。

[0047] 这种电流的流动导致在集成电路的至少一个区域中出现温度梯度(步骤 22),例如在多个电互连层 M1-M5 之间。

[0048] 因此,提议在承受这种温度梯度的这些区域的一个或甚至多个区域中布置至少一种热电材料,在实际应用中是布置同一种热电材料。

[0049] 然后,承受温度梯度的热电材料产生(步骤 23)电能(电流),从以下更详细的描

述中可以看出,所产生的电能能够被转移到例如用于存储所产生的电能的存储装置中(步骤 24)。

[0050] 应当即刻注意到,互连网络的某些部分中发生的这种或这些温度梯度仅仅由集成电路的内部操作引起。在这里并没有提议向集成电路中插入可以建立温度梯度的特定元件,例如能够使集成电路的一部分冷却下来的元件,或者能够以其本身使集成电路的一部分温度升高的元件。

[0051] 同样,热电材料不会参与集成电路的操作。热电材料在这里仅用于对集成电路操作所导致的温度梯度加以利用,从而产生电能,而不是由集成电路本身的内部电源装置提供电能。

[0052] 在实际应用中,根据一个实施例,沉积热电材料的区域与作为热源的互连线 PST 相邻。

[0053] 任何热电材料均适于由该材料所承受的温度梯度而产生能量。具体可以列举碲化铋 (Bi_2Te_3) 或者锗硅合金或者来自方钴矿族的材料。来自方钴矿族的复合物具有由 MX₃ (M 表示过渡金属,X 可以是砷、磷、锑) 型晶格形成的立方结构,在该晶格的中央具有能够插入重原子特别是稀土元素的大栅格 (cage)。

[0054] 图 3 中表示出集成电路 CI 的互连网络中包括三条线路或互连线 PSTA、PSTB 和 PSTC 的一部分。线路 PSTA 位于金属化层 n 处,而线路 PSTB 和 PSTC 位于金属化层 n+1 处。

[0055] 这里应当注意,线路 PSTA 和线路 PSTB 可以是两条完全独立的互连线,也可以通过通孔一起链接至集成电路的其它某处。

[0056] 假设在集成电路操作时,线路 PSTA 形成第一热源,线路 PSTB 形成第二热源,并且在这两条线路之间存在例如约十摄氏度数量级的温度梯度。

[0057] 因此,在由两条线路 PSTA 和 PSTB 形成的这部分互连网络附近放置热电材料 MTH,热电材料 MTH 位于包括通过链接部分或通孔 ZL 而链接的两个区带 ZA 和 ZB 的区域 RG 中。区带 ZA 位于线路 PSTA 附近,而区带 ZB 位于线路 PSTB 附近。结果,布置在该区域的热电材料 MTH 承受互连线 PSTA 和 PSTB 层中出现的温度梯度 ΔT 。

[0058] 通过这种温度梯度的出现,热电材料 MTH 会因此而产生电能。

[0059] 更具体地参见图 4 至图 8 来具体描述制作包含热电材料 MTH 的区域的示例。

[0060] 在图 4 中,以示例方式示出在集成电路的 FEOL 部分中制作的三个晶体管 T。然后以常规方式制作金属层 M1。

[0061] 更具体地说,如图 4 所示,沉积绝缘层 C1,例如二氧化硅,绝缘层 C1 将被用于在将来的线路与通孔之间形成掩蔽物 ENR。

[0062] 接着,在沉积树脂层 RS 并通过对树脂的光刻和辐照界定未来金属线路 PST 的位置之后,通过树脂掩膜 RS 对层 C1 执行本身已知的常规刻蚀,从而形成腔 CV。

[0063] 接着,沉积例如铜的金属层 C3,从而填充腔 CV(图 6)。

[0064] 然后,在机械化学抛光之后,得到图 7 中所示的结构,同时制作了包括由绝缘掩蔽物 ENR 掩蔽的金属线路 PST 的金属层 M1。

[0065] 可以通过与刚才描述的步骤类似的步骤,在金属化层 M1 上制作包含金属材料 MTH 的区域 RG 或沟槽。具体地说,在这种情况下,为了限定各个沟槽的位置,还可以对布置在线路 PST 之间的层 C1 的材料执行光刻和刻蚀新步骤,从而形成用于容纳热电材料 MTH 的腔。

[0066] 接着,执行这种热电材料层的沉积,从而对腔进行填充,并执行机械化学抛光,从而得到填充有材料 MTH 的腔。

[0067] 在刚才描述的示例中,通过刻蚀电介质材料并使用金属进行填充来形成金属线路。作为一种变体,特别是在使用铝的情况下,可以通过沉积金属,然后对金属进行刻蚀来形成这些线路。可以以同样的方法来制作热电材料区域,即形成热电材料层,然后对该材料进行刻蚀。

[0068] 例如在使用碲化铋时,可以设想以下这种解决方案。更具体地说,可以通过常规的化学气相沉积或者通过以词语 MBE(分子束外延)为本领域技术人员所知的分子外延的已知技术来执行碲化铋层的形成。然后,可以以常规方式通过光刻以及紧随其后的等离子体刻蚀来限定热电材料的图案。

[0069] 之后,使用诸如电介质材料之类的绝缘掩蔽物来覆盖金属线路和热电材料图案。

[0070] 尽管图 3 示出热电区域在多个金属化层上延伸的示例性实施例,但也可以在同一个金属化层上制作这些区域,如图 9 所示。

[0071] 更具体地说,在图 9 中,附图标记 PSTI 和 PSTJ 表示在同一个金属化层上延伸并由诸如电介质材料之类的绝缘掩蔽物掩蔽的两条金属线路,例如铜金属线路。

[0072] 然后,在该掩蔽物中,例如在两条线路 PSTI 与 PSTJ 之间,制作呈现不同的热扩散系数的两个区带 Z1 和 Z2。

[0073] 为此,可以在金属线路 PSTI 和 PSTJ 附近制作空气袋 PAG1、PAG2。

[0074] 这种空气袋及其制作工艺是常规的并且对本领域技术人员来说是公知的。这种空气袋也以词语“空气隙”为人所知。

[0075] 在两条线路 PSTI 与 PSTJ 之间制作腔或沟槽,并使用热电材料 MTH 填充所形成的腔或沟槽。那么,热电区域 RG 包括在空气袋 PAG1 与 PAG2 之间延伸的区带 Z2,区带 Z2 通过布置在线路 PSTI 与 PSTJ 之间但并不在空气袋之间的区带 Z1 得以延长。

[0076] 因此,由于空气袋的存在使区带 Z2 中掩蔽物 ENR 的热扩散系数较低,当电流在线路 PSTI 和 PSTJ 中流动时,在区带 Z1 与区带 Z2 之间建立温度梯度 ΔT ,从而允许热电材料 MTH 产生电能。

[0077] 如图 10 所示,为了制作大数目的热电区域,或者在金属化层太密集导致不允许插入热电沟槽的情况下,还可以在集成电路中例如最后的金属化层之上的互连网络中制作特定层。

[0078] 更具体地说,图 10 中示出的示例中,在该特定层上制作金属线路 PST1、PST2、PST3 和 PST4,这些金属线路当然通过通孔链接至较低层的金属线路。

[0079] 接着,在这些金属线路之间,制作与例如参考图 9 所描述的热电区域类似的热电区域 RG12、RG23、RG34 和 RG40。

[0080] 这些区域中的每一个部分地与空气袋 PAG1、PAG2、PAG3、PAG4、PAG5、PAG6、PAG7、PAG8 相邻。

[0081] 结果,当电流在线路 PST1、PST2、PST3 和 PST4 中流动时,所有这些区域都承受温度梯度 ΔT 。

[0082] 此外,在该示例中,提供由两个热电材料带形成的电输出装置 MSE,这两个热电材料带分别链接至每个热电区域 RG12、RG23、RG34 和 RG40 的两端。

[0083] 这些电输出装置 MSE 通过导电连接 CNX, 例如互连线和通孔的网络, 链接至例如在集成电路的 FEOL 部分中制作的特定存储电路 CEL。

[0084] 图 11 以示意方式示出能够存储集成电路操作期间由热电区域产生的能量的这种电路 CEL 的电路图。

[0085] 更具体地说, 在这里描述的完全非限制性的示例中, 电路 CEL 包括基于二极管的整流桥 PRD, 该整流桥 PRD 的输入区带通过连接 CNX 连接至输出装置 MSE。

[0086] 整流桥的输出端连接至存储电容器 CST 的两个端子, 存储电容器 CST 能够可选地将所存储的能量返回给集成电路的负载。

[0087] 本发明不限于刚才所描述的实施方式和实施例, 而是包括其所有变体。

[0088] 因此, 集成电路可以在其包含互连网络的上部 (BEOL) 中合并伪金属线 (或根据本领域技术人员公知的词语“哑元 (dummy) ”)。这些伪线用于在互连网络不够密集时增大集成电路上部的密度, 从而使制造方法更容易, 特别是使机械化学抛光步骤更容易。在这种情况下, 可以使用热电材料区域来取代布置在互连线附近的某些伪线或伪线的部分。例如, 在最初设想为伪互连线的位置处制作图 8 中所示的热电区域 MTH 之一。这种实施例更易于与制作集成电路的常规工艺相兼容。

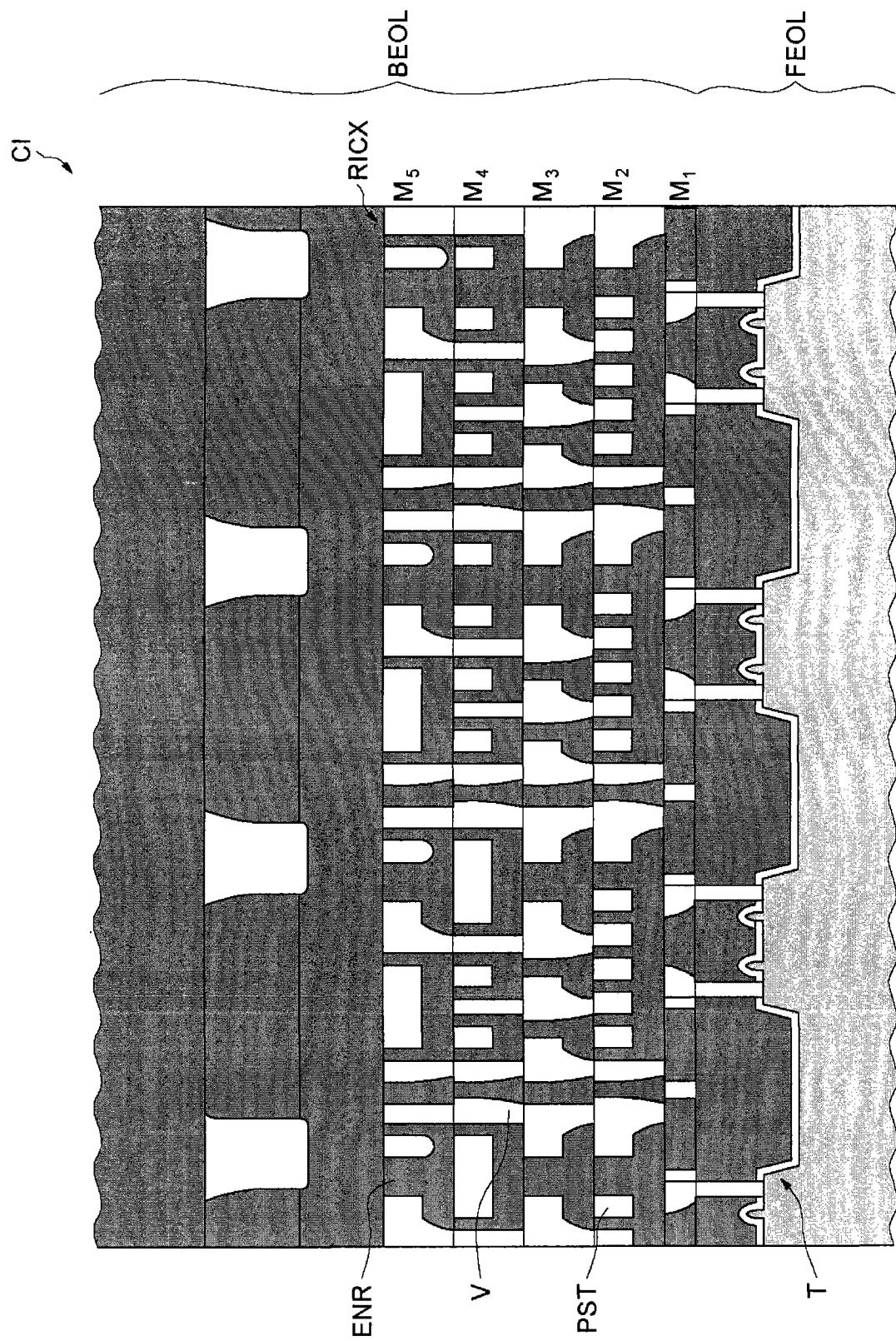


图 1

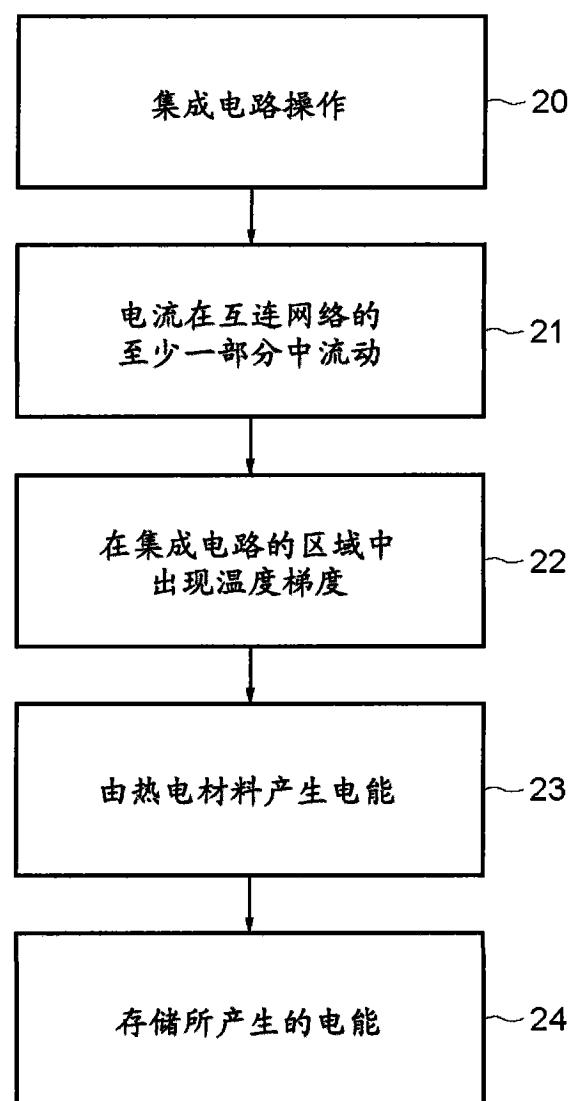


图 2

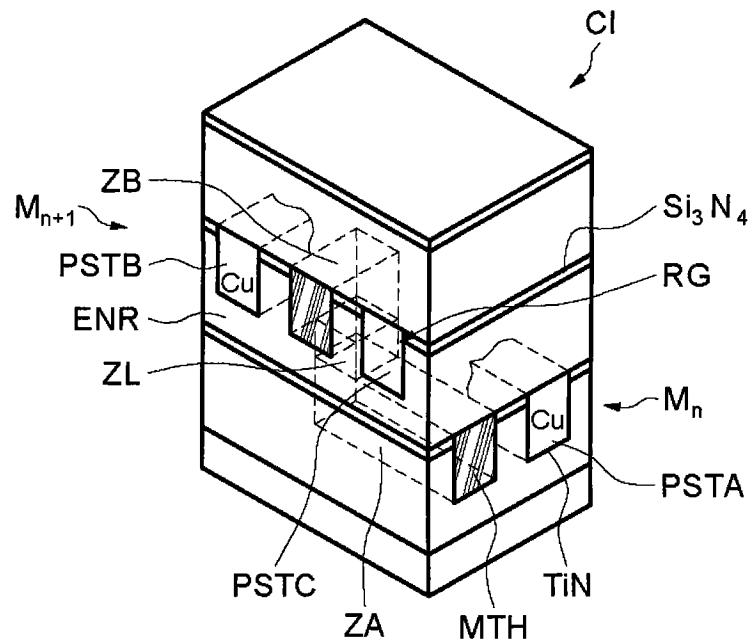


图 3

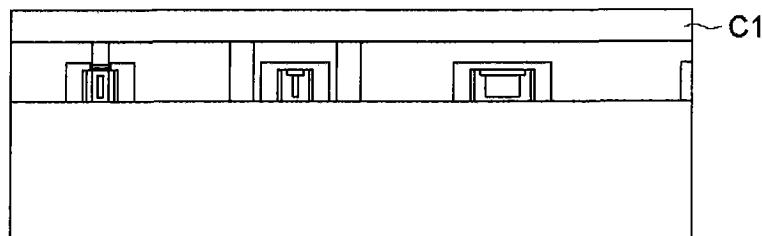


图 4

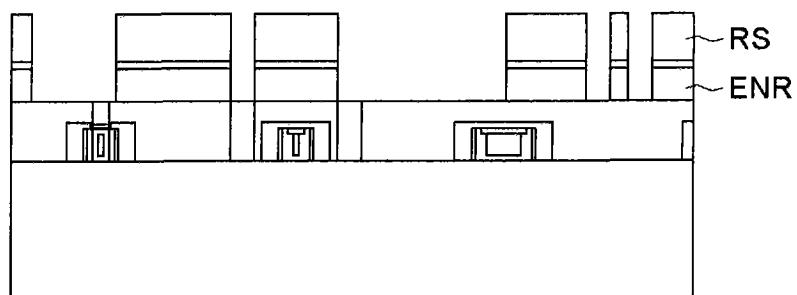


图 5

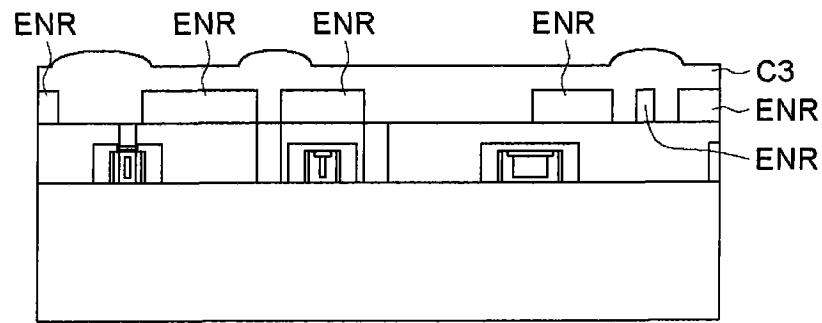


图 6

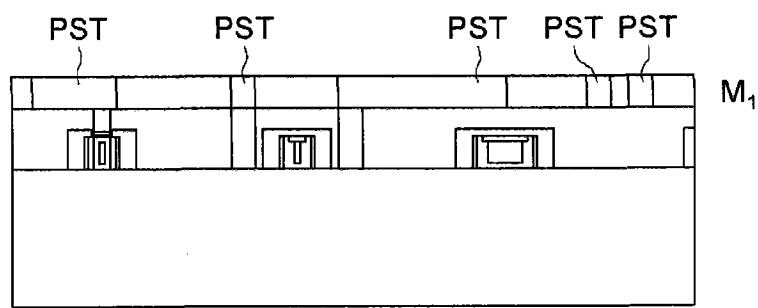


图 7

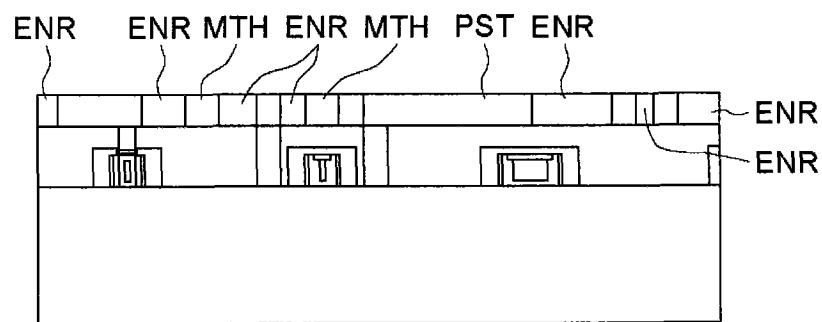


图 8

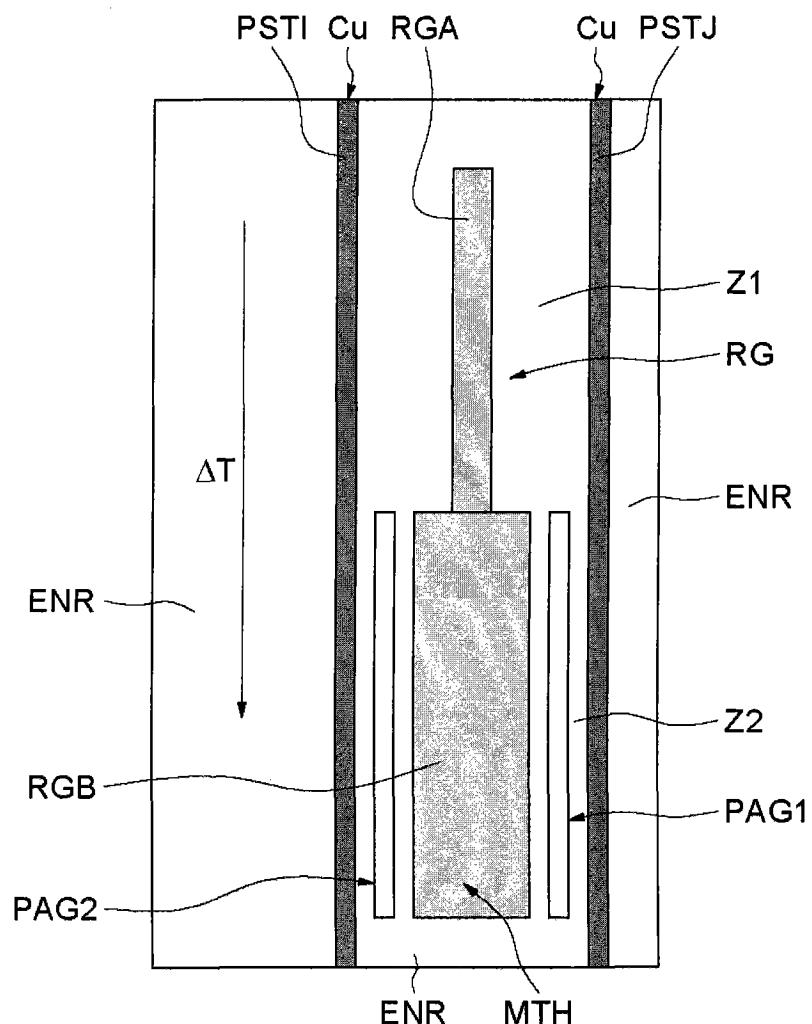


图 9

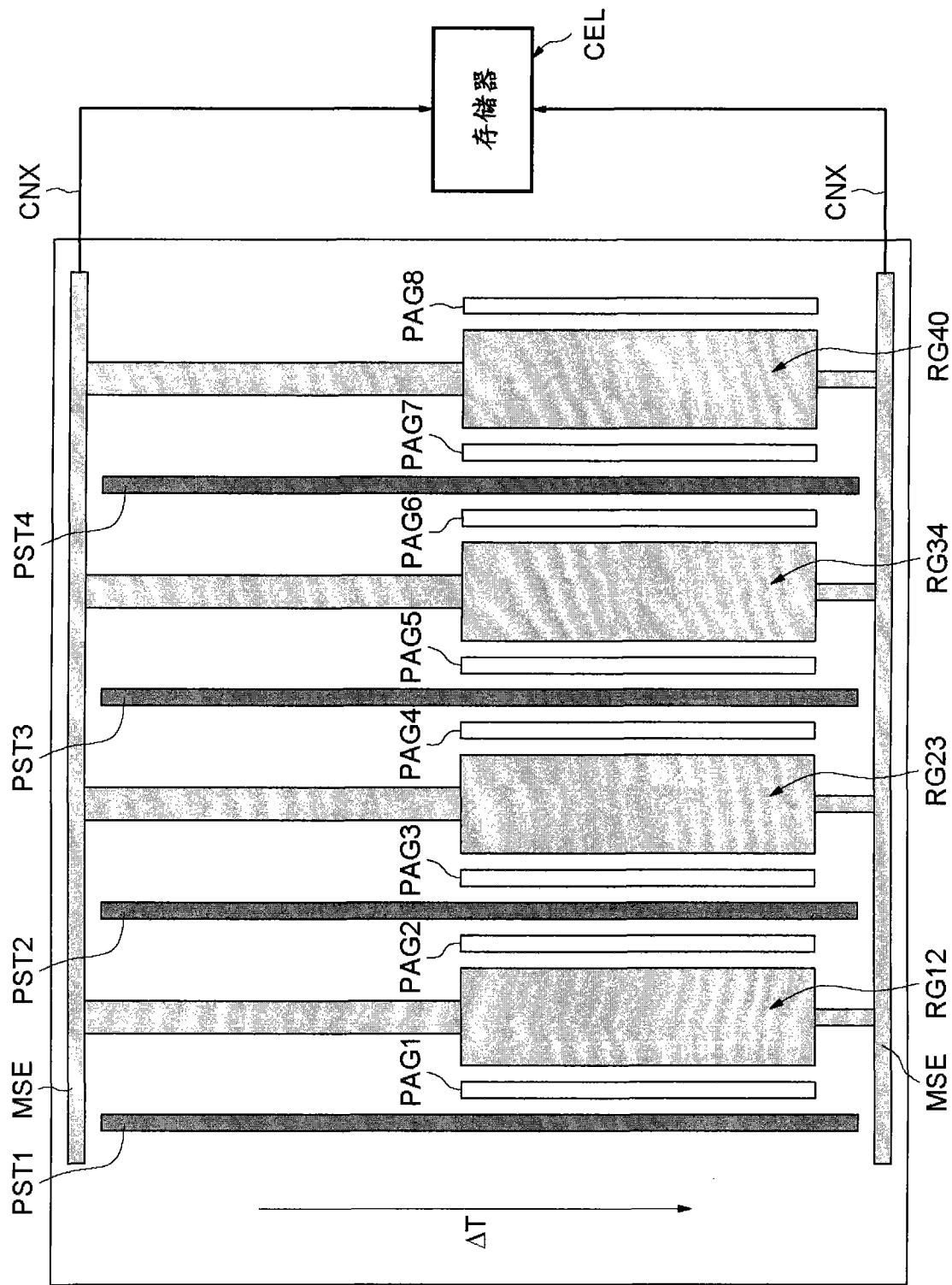


图 10

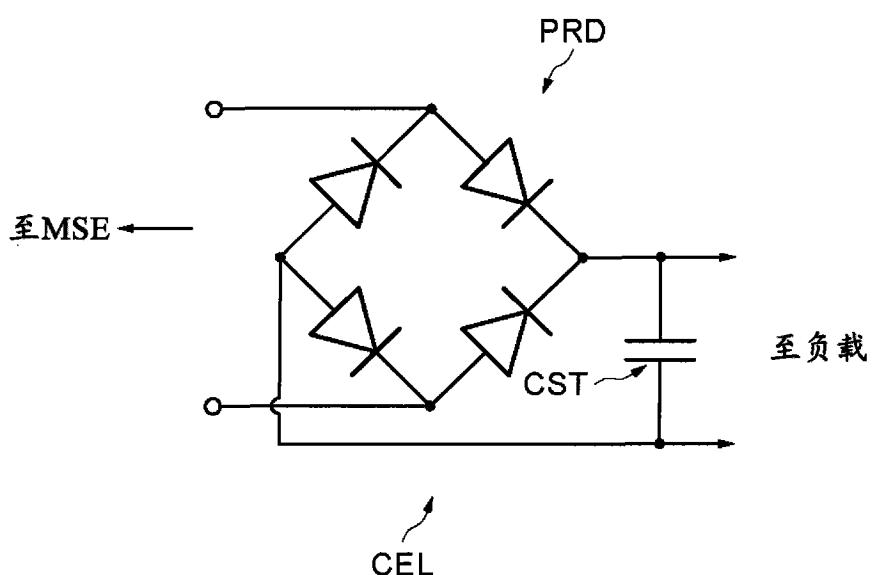


图 11