



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03808920.3

[43] 公开日 2005 年 7 月 27 日

[11] 公开号 CN 1646264A

[22] 申请日 2003.2.28 [21] 申请号 03808920.3

[30] 优先权

[32] 2002. 3. 4 [33] US [31] 10/090,869

[86] 国际申请 PCT/US2003/006373 2003. 2. 28

[87] 国际公布 WO2003/076134 英 2003. 9. 18

[85] 进入国家阶段日期 2004. 10. 21

[71] 申请人 微米技术有限公司

地址 美国艾达荷

[72] 发明人 斯科特·E·穆尔 沃恩集·李

斯科特·G·米克尔

特伦格·T·多恩

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

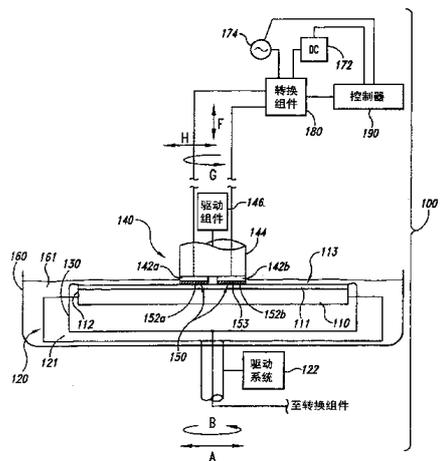
代理人 王新华

权利要求书 10 页 说明书 15 页 附图 6 页

[54] 发明名称 用于微电子工件的电化学 - 机械加工的方法和装置

[57] 摘要

一种用于微电子工件的电化学 - 机械加工的装置和方法，根据本发明的电化学加工设备包括：设置成用于容纳微电子工件的工件支架、工件电极、第一远程电极和第二远程电极，工件电极设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触，第一和第二远程电极与工件支架间隔开。设备还包括：AC 交流电源、DC 直流电源和转换组件。转换组件与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源以及 DC 直流电源相连接。在操作中，转换组件使 AC 交流电源和/或 DC 直流电源与工件电极、第一远程电极和/或第二远程电极相连接，用于电镀、去镀层和/或机械地去除材料。



1. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：  
设置成用于容纳微电子工件的工件支架；  
5 设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触的工件电极；  
第一远程电极和第二远程电极，所述第一和第二远程电极与工件支架间隔开；  
具有面向工件支架的支撑表面以及面向第一和第二远程电极的背  
10 面的机械介质；  
AC 交流电源；  
DC 直流电源；以及  
与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源、以及  
DC 直流电源相连接的转换组件，其中转换组件设置成可选择地将 AC 交  
15 流电源和/或 DC 直流电源与工件电极、第一远程电极和/或第二远程电极相连接。
2. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述第一电极由工件支架承载。
3. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于：  
20 所述第一电极由工件支架承载；以及  
所述第一远程电极和第二远程电极由与工件支架间隔开的远程电极组件承载。
4. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于：  
所述工件支架包括：具有设置成能够固定工件的夹盘以使加工面朝  
25 下的基片托架；以及与基片托架相连接用于使基片托架移动的驱动组件；以及  
所述工件电极由工件支架承载。
5. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于：  
所述工件支架包括：具有设置成能够固定工件的夹盘以使加工面朝  
30 上的基片托架；以及与基片托架相连接用于使基片托架移动的驱动组

件；以及

所述工件电极由工件支架承载。

6. 根据权利要求1所述的设备，还进一步包括：

5 与工件支架间隔开的电极组件，以及其中第一远程电极和第二远程电极由电极组件承载。

7. 根据权利要求1所述的设备，其特征在于：

所述设备还进一步包括与工件支架间隔开的可移动电极组件，所述电极组件可相对工件支架移动；以及

第一远程电极和第二远程电极由电极组件承载。

10 8. 根据权利要求1所述的设备，其特征在于：

所述设备还进一步包括与工件支架间隔开的可移动电极组件，所述电极组件可相对工件支架移动；

第一远程电极和第二远程电极由电极组件承载；以及

15 机械介质包括由第一远程电极承载的第一抛光衬垫和由第二远程电极承载的第二抛光衬垫。

9. 根据权利要求1所述的设备，其特征在于：

所述设备还进一步包括工作台；

机械介质包括由工作台承载的抛光衬垫；

20 工件支架位于抛光衬垫的上方，并且工件电极由工件支架承载；以及

第一远程电极和第二远程电极由工作台承载。

10. 根据权利要求1所述的设备，还进一步包括：

25 控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，其中所述过程包括步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电化学加工溶液相接触，(b) 给工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，(c) 给至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加交流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，以及 (d) 至少同时施加交流电时，在机械介质上压紧工件的加工面。

30 11. 根据权利要求1所述的设备，还进一步包括：

控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，其中所述过程包括步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电化学加工溶液相接触，(b) 给工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，(c) 给第一远程电极和第二远程电极施加交流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，以及 (d) 至少同时施加交流电时，在机械介质上压紧工件的加工面。

12. 根据权利要求 1 所述的设备，还进一步包括：

控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，其中所述过程包括步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电化学加工溶液相接触，(b) 给工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，(c) 给第一远程电极和第二远程电极施加交流电，同时施加直流电。

13. 根据权利要求 1 所述的设备，还进一步包括：

控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，其中所述过程包括步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电化学加工溶液相接触，(b) 给工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，(c) 给第一远程电极和第二远程电极施加交流电，同时工件与电化学加工溶液相接触，(d) 至少同时施加交流电时，在机械介质上压紧工件的加工面，以及 (e) 移动至少工件和/或第一和第二远程电极中之一，以使第一和第二远程电极在工件的第一区域比在第二区域具有更长的停留时间。

14. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：

设置成用于容纳微电子工件的工件支架；

设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触的工件电极；

第一远程电极和第二远程电极，其中当工件容纳于工件支架中时，第一、第二远程电极与工件支架并置，从而与工件的加工面间隔开；

AC 交流电源；

DC 直流电源：以及

与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源、以及 DC 直流电源相连接的转换组件，其中：转换组件设置成可选择地将 AC 交流电源和/或 DC 直流电源与工件电极、第一远程电极和/或第二远程电极相连接。

5 15. 根据权利要求 14 所述的设备，其特征在于：

所述工件电极由工件支架承载，并且其中设备还进一步包括具有面向工件支架的支撑面以及面向第一和第二远程电极的背面的机械介质。

16. 根据权利要求 15 所述的设备，其特征在于：

所述工件电极由工件支架承载；以及

10 第一远程电极和第二远程电极由与工件支架间隔开的远程电极组件承载。

17. 根据权利要求 15 所述的设备，还进一步包括：

与工件支架间隔开的电极组件，并且其中第一和第二远程电极由电极组件承载。

15 18. 根据权利要求 15 所述的设备，其特征在于：

所述设备还进一步包括与工件支架间隔开的可移动电极组件，其中电极组件可相对工件支架移动；以及

第一远程电极和第二远程电极由电极组件承载。

19. 根据权利要求 15 所述的设备，其特征在于：

20 所述设备还进一步包括与工件支架间隔开的可移动电极组件；

第一远程电极和第二远程电极由电极组件承载；以及

机械介质包括由第一远程电极承载的第一抛光衬垫和由第二远程电极承载的第二抛光衬垫。

20. 根据权利要求 15 所述的设备，其特征在于：

25 所述设备还进一步包括工作台；

机械介质包括由工作台承载的抛光衬垫；

工件支架位于抛光衬垫的上方并且工件电极由工件支架承载；以及第一远程电极和第二远程电极由工作台承载。

21. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：

30 设置成用于容纳微电子工件的工件支架；

设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触的第一电极；

第二电极和第三电极，所述第二和第三电极是从工件支架间隔开的远程电极；

5 位于工件支架和各第二和第三电极之间的机械介质；

AC 交流电源；

DC 直流电源；以及

与第一电极、第二电极、第三电极、AC 交流电源、以及 DC 直流电源相连接的转换组件，其中转换组件设置成可选择地将 AC 交流电源和/或 DC 直流电源与第一、第二和/或第三电极相连接。

10 22. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于，所述第一电极由工件支架承载。

23. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于：

所述第一电极由工件支架承载；以及

15 第二电极和第三电极由与工件支架间隔开的电极组件承载。

24. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于：

所述工件支架包括：具有设置成能够固定工件的夹盘以使加工面朝下的基片托架；以及与基片托架相连接用于使基片托架移动的驱动组件；以及

20 所述第一电极由工件支架承载。

25. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于：

所述工件支架包括：具有设置成能够固定工件的夹盘以使加工面朝上的基片托架；以及与基片托架相连接用于使基片托架移动的驱动组件；以及

25 所述第一电极由工件支架承载。

26. 根据权利要求 21 所述的设备，还进一步包括：

与工件支架间隔开的电极组件，并且其中第二和第三电极由电极组件承载。

27. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于：

30 所述设备还进一步包括与工件支架间隔开的可移动电极组件；以及

所述第二和第三电极由电极组件承载。

28. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于：

所述设备还进一步包括与工件支架间隔开的可移动电极组件；

所述第二和第三电极由电极组件承载；以及

5 机械介质包括由第二电极承载的第一抛光衬垫和由第三电极承载的第二抛光衬垫。

29. 根据权利要求 21 所述的设备，其特征在于：

所述设备还进一步包括工作台；

机械介质包括由工作台承载的抛光衬垫；

10 工件支架位于抛光衬垫的上方，并且第一电极由工件支架承载；以及

第二和第三电极由工作台承载。

30. 根据权利要求 21 所述的设备，还进一步包括：

15 控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，所述过程包括下述步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电解溶液相接触，(b) 给第一电极和至少第二电极和/或第三电极之一施加直流电，同时工件与电解溶液相接触，(c) 给至少第二电极和/或第三电极之一施加交流电，同时工件与电解溶液相接触，以及 (d) 至少同时施加交流电时，在机械介质上压紧工件的加工面。

20 31. 根据权利要求 21 所述的设备，还进一步包括：

控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，所述过程包括下述步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电解溶液相接触，(b) 给第一电极和至少第二和/或第三电极之一施加直流电，同时工件与电解溶液相接触，(c) 给第二和第三电极施加交流电，  
25 同时工件与电解溶液相接触，以及 (d) 至少同时施加交流电时，在机械介质上压紧工件的加工面。

32. 根据权利要求 21 所述的设备，还进一步包括：

30 控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，所述过程包括下述步骤：(a) 使微电子工件的加工面与电解溶液相接触，(b) 给第一电极和至少第二和/或第三电极之一施加直流

电，同时工件与电解溶液相接触，(c)给第二和第三电极施加交流电，同时施加直流电。

33. 根据权利要求 21 所述的设备，还进一步包括：

5 控制器，其具有包括指令用于根据下述过程以操作设备的计算机可操作介质，所述过程包括下述步骤：(a)使微电子工件的加工面与电解溶液相接触，(b)给第一电极和至少第二和/或第三电极之一施加直流电，同时工件与电解溶液相接触，(c)给第二和第三电极施加交流电，同时工件与电解溶液相接触，(d)在机械介质上压紧工件的加工面，至少同时施加交流电，以及(e)移动至少工件和/或第二和第三电极之一，  
10 以使第二和第三电极在工件的第一区域上比在第二区域上具有更长的停留时间。

34. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：

设置成用于容纳微电子工件的工件支架；

15 设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触的工件电极；

第一远程电极和第二远程电极，所述第一和第二远程电极与工件支架间隔开；

位于工件支架和各第一和第二远程电极之间的机械介质；

AC 交流电源；

20 DC 直流电源：以及

与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源、以及 DC 直流电源相连接的转换组件；以及

与转换组件相连接的控制器，所述控制器包括包含指令用于根据下述过程以操作转换组件的计算机可操作介质，其中所述过程包括下述步  
25 骤：(a)将工件电极和至少第一和第二远程电极之一与 DC 直流电源相连接，和/或(b)将第一和第二远程电极与 AC 交流电源相连接。

35. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：

设置成用于容纳微电子工件的工件支架；

30 设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触的工件电极；

第一远程电极和第二远程电极，所述第一远程电极和第二远程电极与工件支架间隔开；

位于工件支架和各第一和第二远程电极之间的机械介质；

AC 交流电源；

5 DC 直流电源：以及

与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源、以及 DC 直流电源相连接的转换组件，其中转换组件设置成可选择地将工件电极和至少第一和/或第二远程电极之一与 DC 直流电源相连接，并且其中转换组件设置成可选择地将至少第一和第二远程电极与 AC 直流电源相连接。

10

36. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：

设置成用于容纳微电子工件的工件支架；

由工件支架承载的工件电极，所述工件电极设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触；

15 材料去除装置，其包括：面向工件支架的电极组件、由电极组件承载的第一远程电极、由电极组件承载的第二远程电极、以及由第一和第二远程电极承载的机械介质，其中第一和第二远程电极与工件支架间隔开；

AC 交流电源；

20 DC 直流电源：以及

与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源、以及 DC 直流电源相连接的转换组件，其中转换组件设置成可选择地将 AC 交流电源和/或 DC 直流电源与工件电极、第一远程电极和/或第二远程电极相连接。

25 37. 一种用于微电子工件的电化学-机械加工的设备，包括：

设置成用于容纳微电子工件的工件支架；

由工件支架承载的工件电极，所述工件电极设置成当工件容纳于工件支架中时能与工件的加工面相接触；

30 材料去除装置，其包括：面向工件支架的电极组件、由电极组件承载的第一远程电极、由电极组件承载的第二远程电极、以及由第一和第

二远程电极承载的机械介质，其中电极组件是可移动的以使第一和第二远程电极相对工件支架产生运动；

AC 交流电源；

DC 直流电源：以及

- 5        与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电源、以及 DC 直流电源相连接的转换组件，其中：转换组件设置成可选择地将 AC 交流电源和/或 DC 直流电源与工件电极、第一远程电极和/或第二远程电极相连接。

38. 一种电化学-机械加工微电子工件的方法，包括步骤：

- 10        使微电子工件的加工面与电解溶液相接触；

给与工件的加工面相接触的工件电极和第一远程电极施加直流电，所述工件电极和第一远程电极与电解溶液进行电连通；

给第一远程电极和第二远程电极施加交流电，所述第一和第二远程电极与电解溶液进行电连通；以及

- 15        使工件的加工面与机械介质相接触，至少同时给第一和第二远程电极施加交流电。

39. 一种电化学-机械加工微电子工件的方法，包括步骤：

使微电子工件的加工面与电解溶液相接触；

- 20        给与工件的加工面相接触的工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，所述工件电极、第一远程电极和第二远程电极与电解溶液进行电连通；

给第一和第二远程电极施加交流电；以及

使工件的加工面与机械介质相接触，至少同时给第一和第二远程电极施加交流电。

- 25        40. 一种电化学-机械加工微电子工件的方法，包括步骤：

使微电子工件的加工面与电解溶液相接触；

与工件的加工面相接触的工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，其中所述工件电极、第一远程电极和第二远程电极与电解溶液进行电连通；以及

- 30        给第一和第二远程电极施加交流电，同时施加直流电。

41. 一种电化学-机械加工微电子工件的方法，包括步骤：

使微电子工件的加工面与电解溶液相接触；

给与工件的加工面相接触的工件电极和至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，所述工件电极、第一远程电极和第二远程  
5 电极与电解溶液进行电连通；

给第一和第二远程电极施加交流电，同时施加直流电；以及

使至少微电子工件和/或第一和第二远程电极之一彼此相对移动，同时施加直流电和交流电，以使第一和第二远程电极在工件的第一区域上比在第二区域上具有更长的停留时间。

10 42. 一种电化学-机械加工微电子工件的方法，包括步骤：

使微电子工件的加工面与电解溶液相接触；

给与工件的加工面相接触的工件电极以及至少第一远程电极和/或第二远程电极之一施加直流电，所述工件电极、第一远程电极和第二远程  
15 电极与电解溶液进行电连通；

给第一和第二远程电极施加交流电，同时施加直流电；以及

使至少微电子工件和/或第一和第二远程电极之一彼此相对移动，同时施加直流电和交流电，以使第一和第二远程电极在工件具有较厚电镀材料层的区域上停留较长的时间。

20

## 用于微电子工件的电化学-机械加工的方法和设备

### 5 技术领域

本发明涉及一种用于采用电化学-机械加工工艺在微电子工件上电镀和去除材料的方法和设备。

### 背景技术

10 典型的微电子工件包括具有多个元件的基片，诸如用导线和其他部件内部连接的存储单元。导线可以通过在工件上形成电缆沟或一些凹槽，然后将导电材料或一些化合物放置在电缆沟内而构成。然后，将在电缆沟上方作为导电材料一部分的导电材料的覆盖层去除，从而在电缆沟内留下不连续的导电材料导线。

15 电化学加工既可以用于放置金属层，也可以用于去除金属层。典型的电化学电镀加工涉及到采用化学气相沉积（CVD）和物理气相沉积（PVD）或其他合适的加工方法将种子层（seed layer）放置在工件的表面。种子层形成后，通过在种子层和电加工溶液（例如电解溶液）中的电极之间施加合适的电势，可以将金属的覆盖层或图案层电镀在工件  
20 上。对大多数材料而言，阴极与种子层相连接，而阳极浸入在电解溶液中，从而在种子层和阳极之间可以建立起电场。

电加工技术同样也能用于从微电子工件中去除金属层。例如，阳极与工件上的金属层相连接，而阴极浸入在电解溶液中，从而将金属从工件表面上去除。在另一实例中，将交流电通过电解液施加在导电层上，  
25 从而去除金属部分。例如，图 1 显示出采用交流电去除金属的传统设备 60，其包括与电流源 21 相连接的第一电极 20a 和第二电极 20b。第一电极 20a 直接连接到半导体基片 10 上的金属层 11 上，并且第二电极 20b 至少部分浸入在放置于金属层 11 的表面的电解液 31 中。例如，第二电极 20b 可以向下移动，直到其与电解液 31 相接触。隔板 22 保护第一  
30 电极 20a 避免与电解液 31 直接接触。电流源 21 通过第一电极 20a、第

二电极 20b 和电解液 31 给基片 10 施加交流电,以便从金属层 11 上去除导电材料。交流信号可以具有各种波形,诸如 Frankenthal et al 在‘硅集成电路上钛-铂-金金属化的铂的电蚀刻’(贝尔实验室)公开的那些波形,在此,其整体作为参考。

5 图 1 中所示系统的缺点在于,在将第一电极 20a 安装于基片 10 的区域中不可能将材料从金属层 11 中去除,因为隔板 22 阻止电解液 31 与在此区域中的基片 10 相接触。可选择地是,如果第一电极 20a 是与电解液相接触的自耗电电极,电解加工可能会使第一电极 20a 分解。还有一个缺点就是电解加工可能会不均匀地去除基片 10 上的材料。例如,不与第  
10 一电极 20a 直接电气连接的剩余电导材料的不连续区域(例如,“岛状物”)可能会在导体层 11 中逐步扩展。剩余电导材料的不连续区域可能会干涉导线的形成和/或工作,并且可能很难用电解加工去除这些剩余材料,除非第一电极 20a 重新定位以与这些“岛状物”相连接。

减轻如前所述一些缺点的方法是将多个第一电极 20a 安装在基片 10  
15 的周围,以便提高去除导电材料的均匀性。然而,尽管有附加数目的电极与基片 10 相接触,但剩余导电材料的不连续区域还仍然存在。另一种方法是用诸如碳之类的惰性材料构成电极 20a 和 20b,这样就不需要隔板 22。虽然这可能使得金属层 11 的更多区域能与电解液 31 相接触,但惰性电极不可能与更多的反应电极(例如,自耗电电极)在去除导电材  
20 料上一样有效。结果,惰性电极可能会仍将剩余导电材料留在基片 10 上。

图 2 显示出减轻如前所述的一些缺点的另一种方法,其中两片基片  
10 部分浸入在包含电解液 31 的容器 30 中。第一电极 20a 连接到一片基片 10 上,而第二电极 20b 连接到另一基片 10 上。这种方法的优点在于  
25 第一电极 20a 和第二电极 20b 不与电解液相接触。然而,在电解加工完成后,导电材料的岛状物可能仍然保留,并且很难将导电材料从电极 20a 和 20b 连接到基片 10 的地方上去除掉。

国际专利申请 PCT/US00/08336(如 WO/00/59682 所公布的)公开了具有用于在半导体晶片上加上电导材料的第一室以及用于通过电解  
30 法抛光或化学机械抛光将导电材料从半导体晶片上去除的第二室的装

置。第二室包括具有与圆柱形机械衬垫同样结构的涂料辊，当阳极和晶片绕垂直轴转动时，涂料辊与电解溶液和晶片表面都接触。包括有与电解液槽隔离的导电液体的阴极与晶片的一边缘进行电气连接。这种装置的缺点在于其也会将剩余电导材料的岛状物留在晶片上。

- 5 加利福尼亚州的 Nutool 拥有的美国专利 No.6,176,992 B1 中公开了另一种现有装置。该专利公开了具有与晶片加工面相接触的第一电极、与晶片加工面的另一部分结合的抛光衬垫、以及在抛光衬垫下面的第二电极。电解液通过与第一电极、第二电极、以及晶片表面相接触的抛光衬垫。在电镀循环期间，直流电通过第一和第二电极，以便将金属离子
- 10 电镀在晶片的表面上。在去镀层或整平循环期间，当抛光衬垫与晶片表面摩擦时，直流电的极性转换，从而从晶片上去除金属。

在美国专利 No.6,176,992 所公开的装置中值得关注的一点在于去镀层或整平循环期间从晶片周围比从晶片中心可以更快地去除材料。更具体地说，在进行去镀层或整平循环的过程期间，晶片的覆盖层变得非常薄，这样在晶片的周围和中心之间会出现显著的电压降。电压降可能

15 引起从晶片的周围比从晶片的中心去除更多的镀层。此外，直流电可能会在金属层表面形成可以加剧电压降的钝化层。这种现象对于加工较大的晶片（例如，300mm）特别成问题，因为这些晶片的直径大，从而产生较大的电压降。因此，需要从晶片表面更加均匀地去除材料。

20

## 发明内容

本发明旨在提供一种微电子工件的电化学-机械加工的方法和设

备。在全文中所用的术语“微电子工件”包括由在其上和/或其中装配有微电子电路或一些其他元件（例如，数据存储元件、互连部件、晶体

25 管、和/或微机械元件等等）的基片形成的工件。根据本发明的电化学加工设备的一个实施方式包括：设置成用于容纳微电子工件的工件支架、工件电极、第一远程电极以及第二远程电极。工件电极设置成当工件容纳于工件支架中时其能与工件的加工面相接触。第一和第二远程电极与工件支架间隔开。设备还包括 AC 交流电源、DC 直流电源以及转换

30 组件。转换组件与工件电极、第一远程电极、第二远程电极、AC 交流电

源、以及 DC 直流电源相连接。操作中，转换组件可选择地将 AC 交流电源和/或 DC 直流电源与工件电极、第一远程电极和/或第二远程电极的任何组合相连接。

5 该设备的不同实施方式还包括在工件支架与第一和第二远程电极之间的机械介质。例如，机械介质可以包括由第一电极承载的第一衬垫，以及由第二电极承载的第二衬垫。在其他实施方式中，机械介质包括由转动台板或固定工作台承载的衬垫。机械部件可能是不磨损的衬垫或用于化学-机械整平加工的固定磨损衬垫。

10 在另一实施方式中，设备还包括与工件支架间隔开的可移动远程电极组件。第一和第二远程电极由电极组件承载，并且机械部件还包括由第一远程电极承载的第一抛光衬垫和由第二远程电极承载的第二抛光衬垫。可移动电极组件能够相对工件支架移动，以（a）能够摩擦在工件表面上的第一和第二抛光衬垫，并且（b）能够使第一和第二远程电极相对工件表面的不连续区域进行定位。

15 工件支架包括具有设置成能够固定工件的夹盘的基片托架，这样可以使工件的加工面朝下。在任一实施方式中，工件支架可能包括与基片托架相连接的驱动组件，其附加或代替第一和第二远程电极相对工件的移动，使基片托架移动。在另一实施方式中，工件电极还由工件支架承载，以使当工件容纳于支架中时，工件电极可能与在工件加工面上的种子层或另一类型的层相接触。

20 在另一实施方式中，设备包括与转换组件相连接的控制器。控制器包括计算机，其具有包括指令用于操作转换组件以控制施加给工件的直流、交流、和/或机械磨损的计算机可操作介质。更具体地说，控制器可以使转换组件同时或在整个加工循环中的独立阶段给工件施加直流、  
25 交流、和/或机械介质，从而进行电镀、去镀层、和/或从工件的加工面机械地去除材料。通过计算机可操作介质执行的方法的一个实施方式包括步骤：使工件的加工面与电解溶液相接触，以及给工件电极和至少第一远程电极施加直流电。在该实施方式中，工件电极和第一远程电极在电解溶液中产生电场。该方法中的实施方式还包括步骤：在给工件电极  
30 施加直流电的同时，或在停止施加直流电以后，给第一远程电极和第二

远程电极施加交流电。方法还进一步包括步骤：将工件的加工面与机械介质相接触，至少同时给第一和第二远程电极施加交流电。

本发明还包括用于电化学和/或机械加工工件方法的几种其他的或不同的实施方式。在一个实施方式中，在不连续的电镀阶段，将直流电施加给工件电极和第一远程电极，然后在不连续的去镀层/整平阶段，当机械介质与工件的加工面相摩擦时，仅将交流电施加给第一和第二远程电极。在此特定实施方式中在电镀阶段结束时以及去镀层/整平阶段之前，直流电也相应停止。可选实施方式包括步骤：在给工件电极和第一远程电极施加直流电时，使机械介质与工件的加工面相摩擦。在另一可选择的实施方式中，直流电仍施加给工件电极和第一远程电极，同时施加交流电给第一和第二远程电极，并且同时使机械介质与工件相摩擦。此外，第一和第二远程电极在工件不连续区域的停留时间可能变化，同时施加交流电以便从工件的所选区域中去除更多的材料。例如，第一和第二远程电极的停留时间在具有较厚导电材料覆盖层的晶片区域可能增加，从而更加均匀地去除这些覆盖层。

#### 附图说明

图 1 是根据现有技术的用于从微电子工件上去除导电材料的设备的侧视图；

图 2 是根据现有技术的用于从多个微电子工件上去除导电材料的另一设备的侧视图；

图 3 是根据本发明的一个实施方式中用于对微电子工件进行电化学-机械加工的设备的侧视截面图，图 3 中示意地显示出所选部件；

图 4A-4C 是根据本发明的几个实施方式中用于电化学-机械设备的远程电极组件的侧视截面图，在这些图中示意地显示出远程电极组件的几个部件；

图 5A-5E 是根据本发明的几个实施方式中用于电化学-机械设备的远程电极组件的侧视截面图，在这些图中示意地显示出远程电极组件的几个部件；

图 6 是根据本发明的另一个实施方式中用于对微电子工件进行电化

学-机械加工的设备的侧视截面图，图 6 中示意地显示出所选部件；

图 7 是根据本发明的某些实施方式中用于电化学-机械加工设备的工件托架和远程电极组件的侧视截面图。

## 5 具体实施方式

本发明公开从用于半导体装置、微机械装置和其他类型装置的制造中的微电子工件中去除材料的几种方法和设备。在下文中，以及在图 3-7 中将给出本发明的某些实施方式的一些详细说明，从而有助于完全理解这些实施方式。然而，可以认为理解本领域的熟练技术人员可能实现其他实施方式，或本发明可以在脱离下述的一些详细说明的情况下实现。

图 3 显示出根据本发明的一个实施方式中用于对微电子工件 110 进行加工的电化学-机械 (ECM) 加工设备 100 的实施例。电化学-机械加工设备 100 可以用于在工件 110 的加工面 113 上电镀材料层面 111，和/或从层面 111 上去除材料。电化学-机械加工设备 100 可以采用各种 DC 电源、AC 电源以及机械磨损的组合，从而形成导线或工件 110 中的其他部件。

电化学-机械 (ECM) 加工设备 100 包括设置成可以容纳工件 110，并将其固定在所需位置上的工件支架 120。工件支架 120 可以包括基片托架 121，其具有固定工件 110 的卡盘，这样加工面 113 可以朝上或朝下。在如图 3 所示的实施方式中，工件支架 120 就是具有设置成用于固定工件 110 的卡盘的基片托架 121，这样加工面 113 可以朝上。工件支架 120 可以不动，以便将工件 110 固定在确定的位置，或其可以与驱动系统 122 相连接，从而转动或平移工件 110 (如箭头 A 和 B 所示)。

ECM 设备 100 还包括设置成当工件 110 容纳于工件支架 120 中时，可以与工件 110 的加工面 113 相接触的工件电极 130。工件电极 130 由工件支架 120 承载。在可选实施方式中，工件电极 130 可以由与工件支架 120 间隔开的支架 (未示出) 承载。工件电极 130 可以是与工件 110 的外围相接触的环形触点或多点触点。在电化学电镀技术中，用于给层面 111 提供电流的许多合适的工件电极都是众所周知的。工件电极 130 一般由浸入在或由电化学加工溶液覆盖的金属组成。在操作中，工件电

极 130 给工件 110 上的层面 111 提供阳极或阴极电荷取决于具体的加工过程和应用。

5 电化学-机械加工设备 100 还进一步包括与工件电极 130 间隔开的远程电极组件 140。在一个实施方式中，远程电极组件 140 具有由电极托架 144 支撑的多个远程电极 142。远程电极组件 140 可以包括单根远程电极 142 或多个不连续的远程电极。在如图 3 所示的实施方式中，远程电极组件 140 包括第一远程电极 142a 或与第一远程电极 142a 相间隔开的第二远程电极 142b。远程电极 142 同样也与工件支架 120 相间隔，这样远程电极 142 在加工过程循环中不与层面 111 相接触。

10 远程电极组件 140 还包括使远程电极 142 相对工件 110 移动，用于控制高度（箭头“F”所示）、转动（箭头“G”所示）、和/或电极的平移（箭头“H”所示）的驱动组件 146。在其他的实施方式中，远程电极组件 140 静止不动，并且不需要包括驱动组件 146。当远程电极组件 140 仍保持不动时，与工件支架 120 相结合的驱动系统 122 可以在工件 110  
15 和远程电极 142 之间提供相对运动。

ECM 设备 100 还包括在工件支架 120 和远程电极 142 之间用于与工件 110 进行机械摩擦的机械介质 150。在如图 3 所示的特殊实施方式中，机械介质 150 包括安装于第一远程电极 142a 的端部的第一抛光衬垫 152a，以及安装于第二远程电极 142b 的端部的第二抛光衬垫 152b。机械介质 150 可以是没有磨粒的非研磨元件，或具有固定磨粒的研磨元件。  
20 此外，机械介质 150 的表面图案可以具有不连续的凸起特征或有凹槽，或实质上为平面。整平衬垫 152a-b 可以限定用于与层面 111 相接触的支撑面 153。美国明尼苏达州圣保罗的 3M 公司和特拉华州的罗德公司可以生产安装于远程电极 142 上的合适类型的机械介质 150。

25 工件支架 120、工件电极 130、以及远程电极组件 140 可以位于容纳有电化学加工溶液 161 的容器 160 中。在可选实施方式中，电化学加工溶液 161 可以通过采用喷嘴或与分配装置相似的其他类型装置分配给工件 110，这种分配装置在化学机械整平过程中，可用于将整平溶液沉积在抛光衬垫上。在这种可选实施方式中，相应地可以不需要容器 160。

30 电化学加工溶液 161 可以是具有能够从工件 110 的层面 111 上电镀和/

或去镀层材料的混合物的液体或凝胶体。例如，电化学加工溶液 161 可以是具有金属离子或适合将金属离子电镀到层面 111 上的其他成分的电解液。例如，电化学加工溶液 161 可能具有用于将铂、钛、金、铜或其他金属电镀到层面 111 上的金属离子。

- 5 ECM 设备 100 可以电镀、去镀层、和/或机械地从在工件 110 上的层面 111 去除材料。工件电极 130 和至少一根远程电极 142 可以与电化学加工溶液进行电连通，这样电流流过层面 111，此时在工件电极 130 和任意一根远程电极 142 之间具有电势。离析电流同样可以流过层面 111，此时在第一远程电极 142a 和第二远程电极 142b 之间也会产生电势。
- 10 相应地，ECM 设备 100 可以包括 DC 直流电源 172、AC 交流电源 174 和转换组件 180。转换组件 180 与工件电极 130、远程电极 142、DC 直流电源 172、以及 AC 交流电源 174 相连接。在操作中，转换组件 180 可选择地将 DC 直流电源 172 和/或 AC 交流电源 174 与工件电极 130 和远程电极 142 所选结合相连接或断开连接，从而电镀或从工件 110 上去
- 15 除材料。

- ECM 设备 100 还进一步包括具有包含指令用于操作转换组件 180 运行的计算机操作介质的控制器 190。控制器 190 同样也可操作地连接于 DC 直流电源 172 和 AC 交流电源 174 上，从而调节施加于工件电极 130 和远程电极 142 上的电流的电学参数。计算机操作介质可以是软件
- 20 或硬件，其 (a) 能导致转换组件 180 可选择地使 DC 直流电源 172 和 AC 交流电源 174 与工件电极 130 和/或远程电极 142 的所选结合相连接，；和/或 (b) 导致控制器 190 在层面 111 的表面上压紧机械介质 150。例如，在控制器中的计算机操作介质包含用于控制转换组件 180、DC 直流电源 172、AC 交流电源 174、以及驱动系统 122 的指令，以便在层面
- 25 111 上电镀材料，和/或去镀层/整平层面 111。

- 由包含在计算机操作介质中的指令实现的方法的一个实施方式包括不连续的电镀阶段，和与电镀阶段分开的不连续去镀层/整平阶段。在控制器 190 中的计算机操作介质通过使工件 110 的加工面 113 与电化学加工溶液 161 相接触，并且施加直流电给工件电极 130 和至少一根远程电
- 30 极 142，从而使该实施方式的电镀阶段初始化。工件 110 的加工面 113

可以通过在容器 160 中添加电化学加工溶液 161 或通过直接将电化学加工溶液 161 分配在层面 111 上，从而能与电化学加工溶液 161 相接触。直流电可以通过将工件电极 130 与 DC 直流电源 172 的端子相连接，以及将一根或两根远程电极 142 与 DC 直流电源 172 的另一端子相连接，

5 从而施加在工件 110 上。AC 交流电源 174 可以与远程电极 142 和工件电极 130 断开连接，这样在该实施方式的电镀阶段只有直流电施加在工件 110 上。在用于将金属电镀到层面 111 上的多个实施方式中，工件电极 130 是阴极，而远程电极 142 是阳极。然而，用于电镀其他类型材料的极性可以转换，这样工件电极 130 是阳极，而远程电极 142 是阴极。

10 在将足够量的材料电镀到层面 111 上之后，在控制器 190 中的计算机操作介质通过使 DC 直流电源 172 与工件电极 130 和远程电极 142 断开连接，可以使去镀层/整平阶段初始化。控制器 190 还可能引起 (a) 转换组件 180 使 AC 交流电源 174 与第一和第二远程电极 142a 和 142b 相连接；和/或 (b) 引起驱动组件 146 在层面 111 的表面上压紧整平衬垫 152a-b 的支撑面 153。控制器 190 也会引起驱动组件 146 和/或驱动系统 122 在工件 110 和远程电极组件 140 之间产生相对运动，从而摩擦横跨在层面 111 表面上的整平衬垫 152a-b。

15

在去镀层/整平阶段的一个实施方式中，给第一和第二远程电极 142a-b 施加交流电，同时机械介质 150 摩擦该表面。可以预期在第一和第二远程电极 142a-b 之间的交流电以使层面 111 的表面交变，这样可以使机械去除更加容易些。例如，交流电使铂、铜、以及一些金属的表面氧化，从而形成容易受到机械磨损的表面层。交流电也同样可以从各种层面上去除电镀材料。结果，由于由交流电引起的电化学加工溶液 161 和层面 111 之间的电化学相互作用，并且同样由于由机械介质 150 引起的机械磨损，在去镀层/整平阶段可以将材料从层面 111 的表面中去除。

20

25

通过包含在控制器 190 的计算机操作介质中的指令实现的方法的另一实施方式包括通过给工件电极和至少一根第一和第二远程电极施加直流电，并同时给第一和第二远程电极施加交流电，从而同时实现电镀和去镀层/整平。该实施方式还包括至少一个微电子工件和/或远程电极组件 140 彼此相对移动，同时施加直流和交流以便从工件 110 的表面机

30

械地磨损材料，在该实施方式中，交流明显小于直流，这样直流可以有效地传送交流。远程电极组件 140 和工件 110 在该过程中仍然保持静止不动，或至少远程电极组件 140 或工件 110 可以相对另一个移动，以便使远程电极 142 相对层面 111 的表面定位。例如，如下文中进行地更详细  
5 说明，远程电极 142 可以在工件 110 的选择区域停留较长的时间。

控制器 190 的计算机操作介质同样也包含用于导致在加工循环的各阶段从层面 111 上去除材料的指令。例如，或同时 (a) 将直流电施加于工件电极 130 和远程电极 142 上，从而将材料电镀在工件 110 上，(b) 将交流电施加于第一和第二远程电极 142a-b 上，或 (c) 没有电流施加  
10 于任何工件电极 130、第一远程电极 142a 或第二远程电极 142b 上，控制器 190 可以指挥驱动组件 146 将整平衬垫 152a-b 的支撑面 153 压紧在层面 111 上。由此，只在电化学加工溶液 161 和机械介质 150 中采用化学反应的化学机械整平过程可以在或不在层面 111 的电加工过程中予以实现。

15 在方法的另一实施方式中，远程电极组件 140 的停留时间可以调节，这样远程电极 142 并置于加工面 113 的第一区域一段与第二区域不同的时间间隔。例如，当层面 111 的厚度在工件 110 的周围比在其中心要大得多时，电极组件 140 在去镀层/整平阶段在周围的停留时间比在中心的停留时间要长，以便从工件上去除更多的材料。在去镀层/整平阶段，电  
20 极组件 140 的停留时间一般要多于工件上层面上较厚的区域。应当理解，远程电极组件 140 的停留时间可以在工件 110 的表面上均匀分布，或可以根据本发明的其他实施方式中的其他参数而发生变化。

ECM 设备 100 的几个实施方式被认为可以在工件 110 上提供很平的表面。通过给远程电极 142 施加交流电，用机械介质 150 摩擦层面 111，  
25 使材料从层面 111 上去除的主要原因为 (a) 在层面 111 表面上的材料氧化，并且 (b) 氧化材料的机械去除。此外，因为通过不与层面 111 相接触的远程电极 142 将电流施加给层面 111，所以远程电极 142 能够相对工件 110 移动 (或者工件 110 可以相对远程电极 142 移动)，从而当层面 111 的覆盖层在去镀层/整平循环的后期变得很薄时，可以避免在层面 111  
30 上产生稳定的电压降。这将可以在层面 111 上提供很平的表面。

图 4A-4C 显示出几种不同的远程电极组件，其容纳在电化学-机械加工过程中产生的气体，并且从工件 110 和/或远程电极上引导出气体。参照图 4A，ECM 设备 200 的一个实施方式包括具有由电极托架 244 承载的第一和第二远程电极 242a 和 242b 的远程电极组件 240。远程电极组件 240 还进一步包括机械介质 250（可看成与第一远程电极 242a 相邻的第一机械介质 250a 以及与第二远程电极 242b 相邻的第二机械介质 250b）。在该实施方式的一方面，机械介质 250 一般可以是无孔材料，其覆盖小于各远程电极 242a-b 的整个向下表面。各远程电极 242a-b 的暴露表面 245 相应地直接面向工件 110。这些暴露表面 245 可以包括由通道表面 248 限定的用于收集和引导来自工件 110 和/或远程电极 242a-b 的最近区域中的气体的通道 247。

在该实施方式的另一方面，远程电极 242a-b 能够通过间隔 249 彼此分开，其可以减少或消除在远程电极 242a-b 之间的直接电气耦合。结果，电流从远程电极 242a 或 242b 之一通过微电子基片 110 的层面 111，并且接着流向远程电极 242a 或 242b 的另一根上。此外，间隔 249 能够附加或代替通道 247 工作，以便引导气体从远程电极 242a-b 和/或微电子工件 110 离开。在该实施方式的另一方面，电极托架 244 还可以以能够满足用离心力迫使气体径向向外的转速旋转（如箭头“G”所示）。

如图 4A 所示的 ECM 设备 200 的另一特征是机械介质 250a-b 的类型和布置可以控制远程电极 242a-b 和工件 110 之间的电气耦合。例如，机械介质 250a-b 一般可以是无孔衬垫，这样只有电极 242a-b 的暴露部分通过电化学加工溶液 161 与工件 110 电气相连。在可选实施方式中，机械介质 250a-b 可以是有孔的或部分有孔的衬垫，用以在电极 242a-b 和工件 110 之间产生些电气耦合，在此区域机械介质 250a-b 设置在工件 110 和第一和第二远程电极 242a-b 之间。通过机械介质 250a-b 进行的电气耦合程度可能小于在第一和第二远程电极 242a-b 的暴露部分和工件 110 之间的电气耦合程度。

图 4B 显示出 ECM 设备 200 的另一实施方式，其包括具有第一和第二远程电极 242a-b 的远程电极组件 240b，以及承载第一和第二远程电极 242a-b 的电极托架 244。在该实施方式中的 ECM 设备 200 还包括由

各第一和第二远程电极 242a-b 支撑的第一和第二机械介质 250a-b。各机械介质 250a-b 是包括孔 251 和从孔 251 向上延伸到远程电极 242a-b 的通道 252 的多孔衬垫。远程电极 242a-b 可以包括面向下，与通道 252 液体相通的通道 247。相应地，通道 252 可以使气体从工件 110 上升，并在将其收集在通道 247 中的位置穿过机械介质 250。此外，当通道 252 中充满溶液 161 时，通道 252 可以在电极 242a-b 和工件 110 之间提供电气连接。

图 4C 显示出 ECM 设备 200 的另一实施方式，其具有包括第一和第二远程电极 242a-b 的远程电极组件 242c，以及相应的第一和第二机械介质 250a-b。在该实施方式的一方面，机械介质 250 可以是有孔的材料，以便将气泡从工件 110 中引导出。该实施方式的另一方面可以包括在电极 242a-b 中面向下的通道 247，用以收集和引导从电极 242a-b 产生出来的气泡。远程电极组件 240c 还包括具有能够使通道 247 以可选角度定位的斜置下表面 270 的电极托架 244。在该实施方式的一方面，各电极 242a-b 的向下表面 272 同样倾斜。倾斜角度一般较小，以用于减少在工件 110 和电极 242a-b 之间从远程电极组件 242c 的中心到外围的距离差。在可选实施方式中，倾斜角比较大，用以有意减少电极 242a-b 的外围和工件 110 之间的电气耦合。在另一实施方式中，通道 247 可以向上倾斜（如图 4C 所示），虽然电极 242a-b 的下表面可以是水平的（如图 4C 中参考数字 245 所示的虚线）。

图 5A-5E 显示出根据本发明的另一实施方式中几种用于 ECM 设备的远程电极组件 340。参照图 5A，图中显示出包括电极托架 341、由电极托架 341 承载的第一和第二远程电极 342a-b、以及由第一和第二远程电极 342a-b 承载的机械介质 350 的远程电极组件 340 的实施方式。机械介质 350 包括多个具有不同电气特性的区域 352a-d。例如，在一实施方式中，区域 352a-d 可以环形设置在中心区域 352a 的周围，或在一些实施方式中具有其它图案或排列的区域（例如，网格）。区域 352a-d 可以具有不同的介电常数和/或传导率，从而可以改变在空间上跨过面层 111 的第一和第二远程电极 342a-b 和工件 110 之间的电气耦合程度。相应地，由第一和第二远程电极 342a-b 和层面 111 形成的电路的阻抗在工件 110

的表面会发生变化，从而提供了电去除材料速率的变化或其他改变。可选择地是，空间变化的电气特性可能修正有可能在其他方面导致空间非均匀的材料去除率的因素（例如，工件 110 和机械介质 350 之间相对速度的固定差值）。

5 图 5B 显示出根据本发明的另一实施方式中具有多孔机械介质 350 的远程电极组件 340。在该实施方式的一方面，机械介质 350 可以包括孔 353 和通道 354，其中在通道中包含有电化学加工溶液 161 用以将远程电极 342a-b 与工件 110 的层面 111 电气连接。在该实施方式的另一方面，机械介质 350 的多孔率可以从一个区域到另一区域以连续的方式变  
10 化。例如，多孔性在径向朝外的方向上可能减少，从而降低工件 110 周围的电气耦合。在其他实施方式中，多孔性可能以其他方式发生变化，从而在工件 110 的不同区域提供不同的电气耦合度。

图 5C 显示出包括具有三个各具有不同多孔率的同心区域 355a-c 的远程电极组件 340。例如，第一区域 355a 具有贯穿整个第一区域 355a  
15 的第一均匀多孔率，第二区域 355b 具有贯穿整个第二区域 355b 的第二均匀多孔率，第三区域 355c 具有贯穿整个第三区域 355c 的第三均匀多孔率。在该实施方式的一方面，机械介质 350 的多孔率可以在径向朝外的方向上减少，或在其他实施方式中，多孔率可以以其他方式进行变化。在另一实施方式中，机械介质 350 具有比这三个不同区域 355a-c 要多或  
20 少的区域。

图 5D 显示出根据本发明的另一实施方式具有有孔和无孔区域的机械介质 350 的远程电极组件 340。例如，机械介质 350 可以包括中心有孔区域 356a 和外部无孔区域 356b。外部无孔区域 356b 同心地位于中心有孔区域 356a 的周围。相应地，远程电极 342a-b 可以只在远程电极组  
25 件 340 的中心区域与工件 110 电气连接，并且机械介质 350 可以从较大的接触面上机械地去除材料。图 5E 显示出一种可选排列，其中远程电极组件 340 包括具有均匀孔率的机械介质 350。机械介质 350 可以连接到用于防止或至少限制远程电极 342a-b 和工件 110 之间电气耦合的面罩 357 上，其中在此区域面罩 357 位于工件 110 和电极 342a-b 之间。

30 图 6 是根据本发明的另一个实施方式中用于对微电子工件 110 进行

电化学-机械加工的 ECM 加工设备 600 的侧视截面图。图 6 中示意地显示出 ECM 设备 600 的一些部件，并且具有相同参考数字的部件与图 2-6 中的部件一样。在该实施方式的一方面，ECM 加工设备 600 具有压盘或工作台 610，工件托架组件 620、由工件托架组件 620 支撑的工件电极 630、以及具有由工作台 610 支撑的第一和第二远程电极 642a-b 的 640。ECM 加工设备 600 还包括由工作台 610 支撑的机械介质 650。驱动系统 612 产生旋转（箭头 G）和/或在工作台 610 上往复运动（箭头 H），并且驱动组件 622 能够转动（箭头 I）或平移工件托架 620（箭头 J）。工作台 610 和工件托架 620 的运动可以协调，以便在机械介质 650 的支承面 653 上压紧工件 110 的加工面 113。

在加工循环过程中，一种或多种加工溶液 660 可以沉积在机械介质 650 的支承面 653 上。对机械介质 650 和加工溶液 660 可以被选择以提供用于加工工件 110 的合适的电气、化学和机械特性。例如，机械介质 650 可以是具有固定磨粒的抛光衬垫或无磨粒衬垫。加工溶液 660 可以是用于电镀工件 110 或从工件 110 上去镀层材料的电解溶液，和/或用于从工件 110 上用化学和/或机械方法去除材料的整平溶液。加工溶液 660 可以相应地包括电解液和/或磨粒，还有选来用于与工件 110 进行特定反应的化学物。

ECM 加工设备 600 还包括转换组件 180、DC 直流电源 172、AC 交流电源 174 和控制器 190。工件电极 630 和远程电极 642a-b 与转换组件 180 相连接，用于可选择地施加直流和/或交流给各种电极。如图 6 所示的 ECM 加工设备 600 可以相应地实现参照图 3 如上所述的许多相同的方法。

图 7 是如上所述更详细地显示设备部分的 ECM 加工设备 600 的实施方式的侧视图。在该实施方式的一方面，ECM 加工设备 600 还包括多个在机械介质 650 下面和/或与其成一整体的第一和第二远程电极 642a-b。例如，远程电极 642a-b 可以成对排列，并由工作台 610 支撑。各远程电极 642a-b 可以具有面向工件 110 的表面 643，并且各远程电极 642a-b 与使第一和第二远程电极 642a-b 相互电气隔离的间隔物 644 相邻。第一和第二远程电极 642a-b 还由多个液体导管 663 分隔成不连续的

几组，由此加工溶液 661 可以流到机械介质 650 的底面。机械介质 650 可以相应地具有通过其加工溶液 661 可以流到支承面 653 上的孔或通道（图 7 中未示出）。机械介质 650 还包括多个在支承面 653 上的通道 654。其（a）将加工溶液 661 传送到机械介质 650 的表面，并且（b）收集并移动来自工件 110 的气泡。

进一步参照图 7，ECM 加工设备 600 可选地包括非接触能量源 699，其在加工循环过程中与加工溶液 661 最接近。非接触能量源 699 可以是能将超声能传送给加工溶液 661 的超声能量源发送器。可以理解，将超声能传送给加工溶液 661 能够增加气泡从工件 110 的最接近区域去除的速度和效率。

从上所述，应当理解在此进行说明的本发明的上述具体实施方式仅为示例性目的进行了说明，本领域的熟练技术人员可能在此基础上做出各种变更而不会脱离由权利要求所限定的保护范围和主题精神。本发明的保护范围仅由权利要求及其等同物的范围所限定。

15

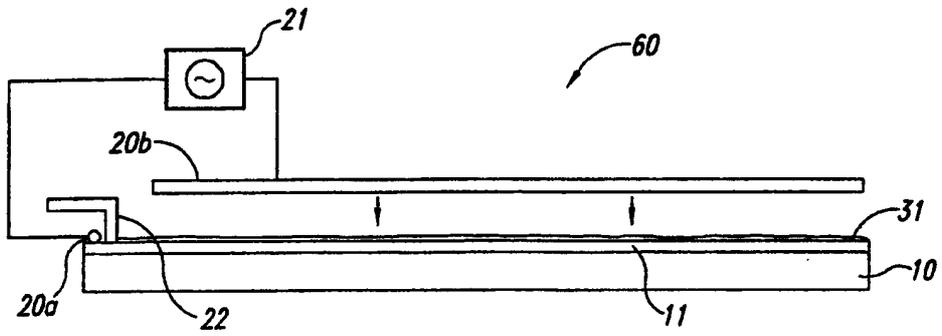


图 1

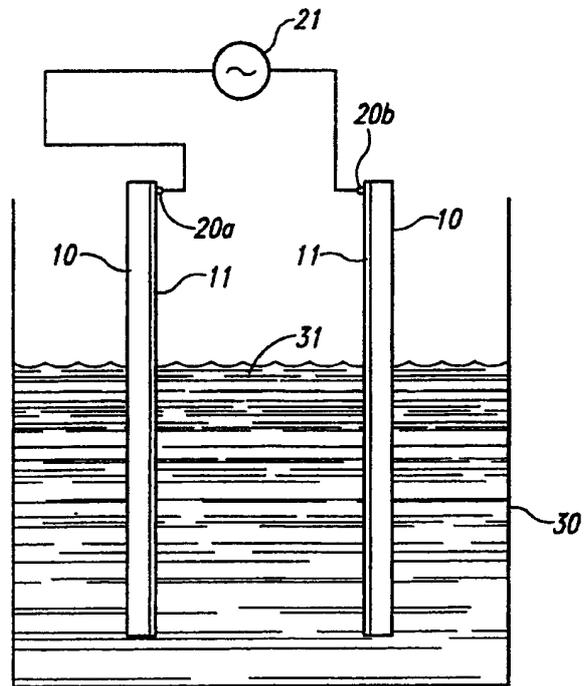


图 2

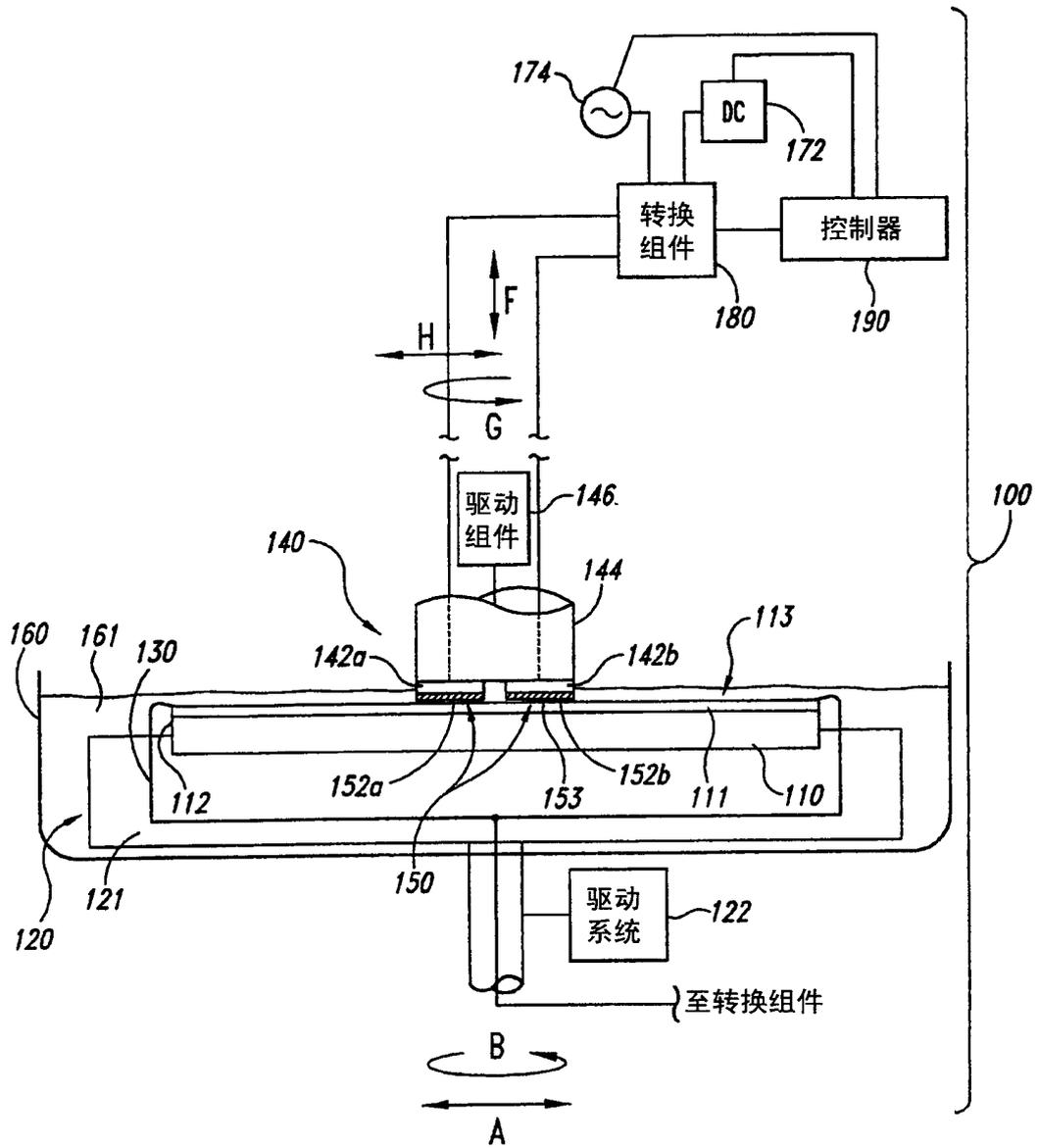


图 3

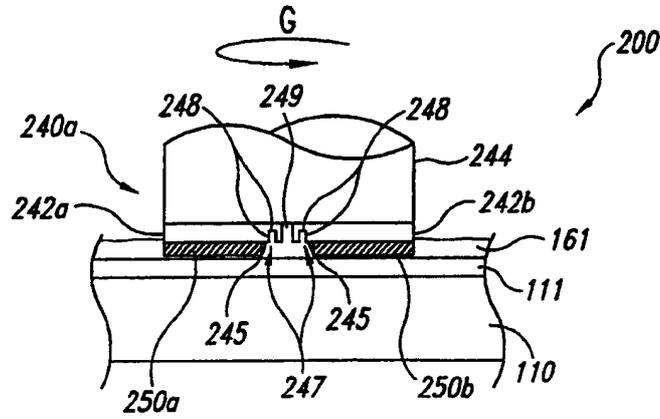


图 4A

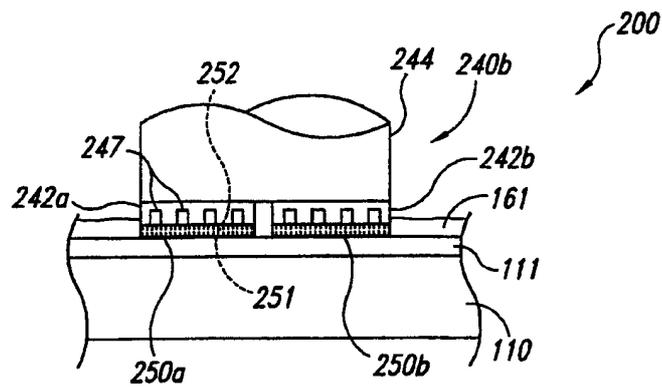


图 4B

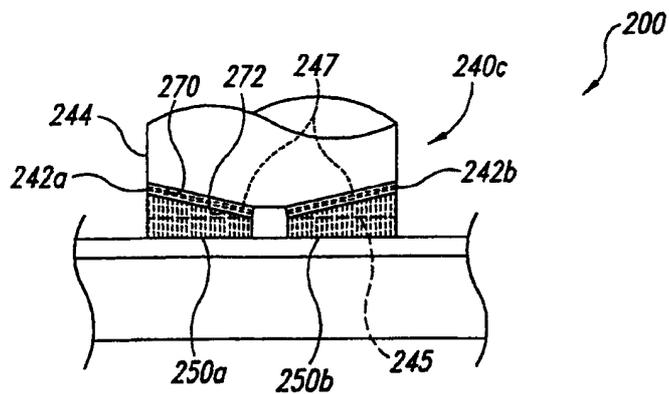


图 4C

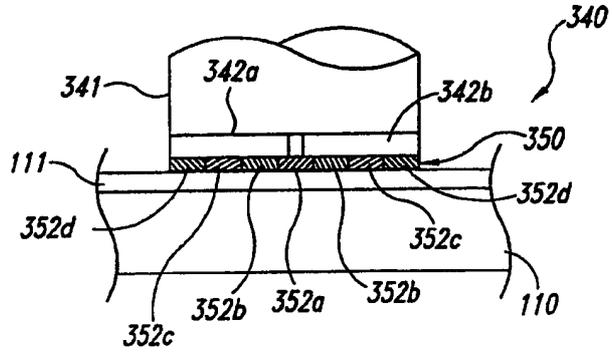


图 5A

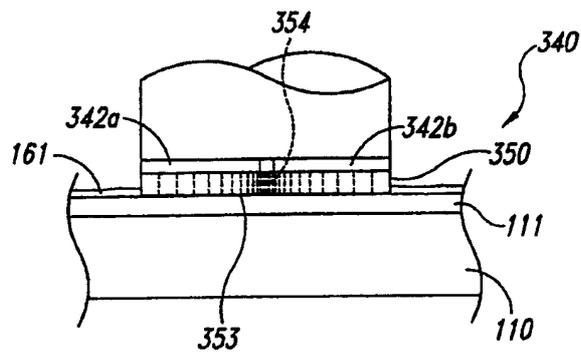


图 5B

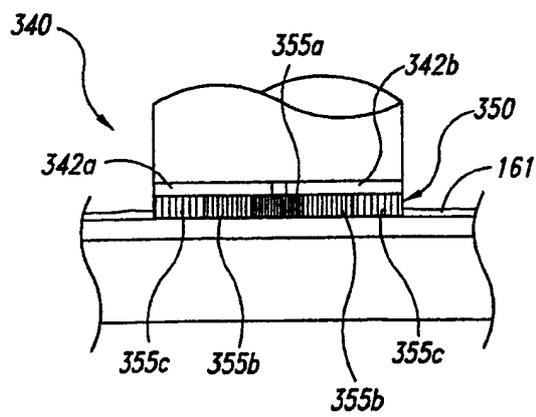


图 5C

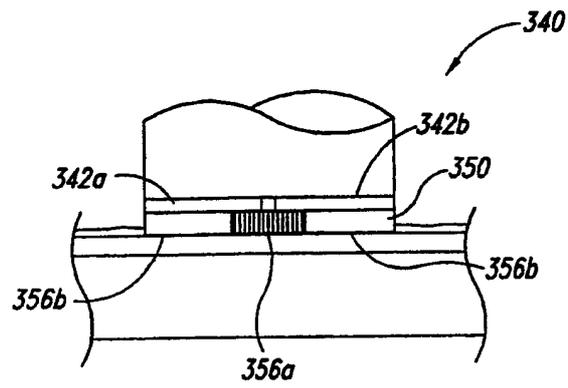


图 5D

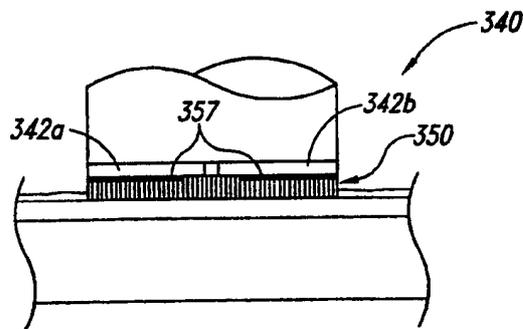


图 5E

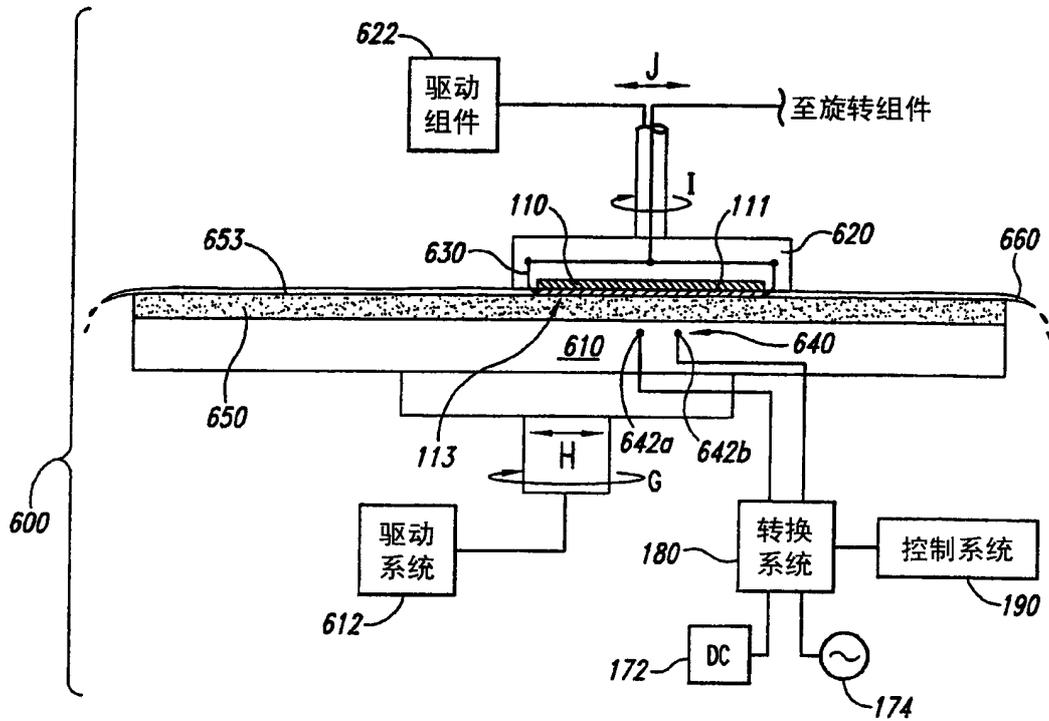


图 6

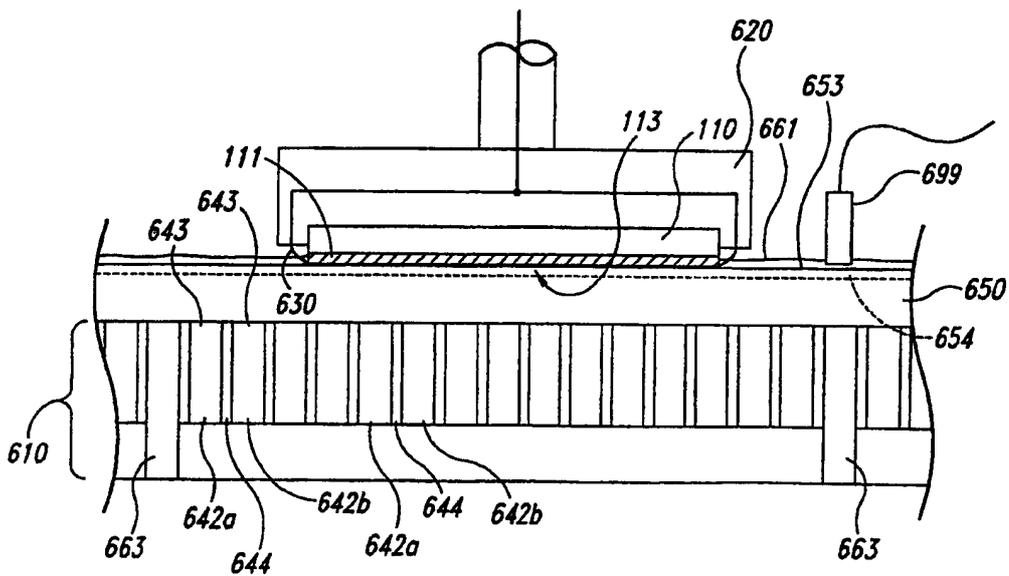


图 7