

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810004082.1

[51] Int. Cl.

C25D 17/00 (2006.01)

C25D 17/10 (2006.01)

C25D 5/00 (2006.01)

C25D 3/56 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 11 月 12 日

[11] 公开号 CN 101302644A

[22] 申请日 2008.1.24

[21] 申请号 200810004082.1

[30] 优先权

[32] 2007. 1. 26 [33] US [31] 11/627,494

[71] 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约阿芒克

[72] 发明人 C·L·阿尔文 R·J·贝赞玛

H·D·考克斯 K·W·塞姆科

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

代理人 王茂华

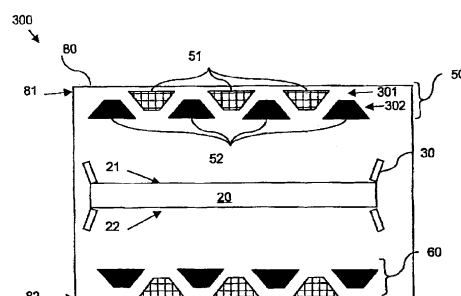
权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图 9 页

[54] 发明名称

用于电镀工件的系统和方法

[57] 摘要

所公开的是电镀系统和相关电镀方法的实施方式，其允许利用均匀的镀层厚度和动态改变合金成分的方式来沉积金属合金。更具体地，通过使用多个阳极，每一个阳极具有不同类型的可溶性金属，该系统和方法不需要周期性地替换电镀液，并还允许通过将不同电压施加到不同金属上来可选择性地改变沉积合金中的金属比率。该系统和方法通过可选择性地改变电镀液中阳极的形状和布置进一步避免了不均匀的电流密度和电势分布，并且因此避免了现有技术方法中展示出的不均匀镀层厚度。另外，该系统和方法通过使用电绝缘的可选择性地放置的指定挡板来允许精调镀层厚度。



1. 一种用于电镀工件的系统，所述系统包括：

容器，其适于容纳溶液以及在所述溶液内的所述工件；

第一阳极层，其包括邻近所述容器中的第一壁的至少一个第一阳极，其中所述至少一个第一阳极包括第一金属；以及

第二阳极层，其包括邻近所述第一阳极层的至少一个第二阳极，其中所述至少一个第二阳极包括不同于所述第一金属的第二金属，并且其中所述第一阳极层中的所述至少一个第一阳极和所述第二阳极层中的所述至少一个第二阳极交叠。

2. 根据权利要求 1 的系统，

其中，基于所述容器中可用的空间和期望的合金成分，预先确定所述第一金属和所述第二金属的相对表面面积以及所述第一阳极和所述第二阳极的三维形状，以及

其中预先确定所述相对表面面积和所述三维形状，使得当分别将不同的电压施加到所述至少一个第一阳极和所述至少一个第二阳极时，在所述溶液中与所述工件的第一侧面邻近的区域处电流密度和电势分布将保持大致均匀。

3. 根据权利要求 1 的系统，进一步包括在所述容器中邻近所述工件的至少一个挡板，

其中所述挡板包括电介质材料，以及

其中预先确定所述挡板的尺寸和所述挡板在所述容器中相对于所述工件的位置，使得精调在所述溶液中与所述工件邻近的区域处的电流密度和电势分布。

4. 根据权利要求 1 的系统，其中所述第一阳极和所述第二阳极的每一个都包括以下其中之一：固体电解金属和填充有多个可溶性金属块的篮。

5. 根据权利要求 2 的系统，其中所述三维形状是梯形、三角形、矩形和圆柱形之一。

6. 根据权利要求 1 的系统, 进一步包括与所述容器的第二壁邻近的多个附加阳极层。

7. 一种用于电镀工件的系统, 所述系统包括:

容器, 其适于容纳溶液以及在所述溶液内的所述工件; 以及
多个阳极层, 其邻近所述容器中的第一壁,
其中所述阳极层的每一个都包括多个阳极,

其中至少一个所述阳极层包括至少一个第一阳极和至少一个第二阳极, 所述至少一个第一阳极包括第一金属以及所述至少一个第二阳极包括与所述第一金属不同的第二金属, 以及
其中相邻阳极层中的阳极交叠。

8. 根据权利要求 7 的系统,

其中, 基于所述容器中可用的空间和期望的合金成分, 预先确定所述第一金属和所述第二金属的相对表面面积和所述多个阳极的三维形状, 以及

其中预先确定所述相对表面面积和所述三维形状, 使得当分别将不同的电压施加到所述至少一个第一阳极和所述至少一个第二阳极时, 在所述溶液中与所述工件的第一侧面邻近的区域处电流密度和电势分布将保持大致均匀。

9. 根据权利要求 7 的系统, 其中所述阳极层中的另一个包括至少一个第三阳极, 所述至少一个第三阳极包括与所述第一金属和所述第二金属不同的第三金属。

10. 根据权利要求 7 的系统, 进一步包括在所述容器中邻近所述工件处的至少一个挡板,

其中所述挡板包括电介质材料, 以及

其中预先确定所述挡板的尺寸和所述挡板在所述容器中相对于所述工件的位置, 使得精调所述溶液中与所述工件邻近的区域处的电流密度和电势分布。

11. 根据权利要求 7 的系统, 其中所述至少一个第一阳极和至少一个所述第二阳极的每一个都包括以下之一: 固体电解金属和填充

有多个可溶性金属块的篮。

12. 根据权利要求 8 的系统, 其中所述三维形状是梯形、三角形、矩形和圆柱形之一。

13. 根据权利要求 7 的系统, 进一步包括与所述容器中的第二壁邻近的多个附加阳极层。

14. 一种用于电镀工件的系统, 所述系统包括:

容器, 其适于容纳溶液以及在所述溶液内的所述工件; 以及
多个阳极层, 其邻近所述容器中的第一壁,

其中所述阳极层的每一个都包括多个多阳极结构,

其中所述多阳极结构的每一个都包括第一阳极, 该第一阳极包括第一金属并由第二阳极包围, 该第二阳极包括与所述第一金属不同的第二金属。

15. 根据权利要求 14 的系统,

其中, 基于所述容器中可用的空间和期望的合金成分, 预先确定所述第一金属和所述第二金属的相对表面面积和所述多阳极结构的三维形状, 以及

其中预先确定所述相对表面面积和所述三维形状, 使得当分别将不同的电压施加到所述多阳极结构中每一个的所述第一阳极和所述第二阳极时, 在溶液中与所述工件的第一侧面邻近的区域处电流密度和电势分布将保持大致均匀。

16. 根据权利要求 14 的系统, 进一步包括在所述容器中邻近所述工件处的至少一个挡板,

其中所述挡板包括电介质材料, 以及

其中预先确定所述挡板的尺寸和所述挡板在所述容器中相对于所述工件的位置, 使得精调所述溶液中与所述工件第一侧面邻近的区域中的电流密度和电势分布。

17. 根据权利要求 14 的系统, 其中所述第一阳极和所述第二阳极的每一个都包括篮, 其中所述第一阳极的所述篮填充有所述第一金属块并套入在所述第二阳极的所述篮中, 并且其中所述第二阳极

的所述篮填充有所述第二金属块。

18. 一种用于电镀工件的方法，所述方法包括：

在容器中以交叠层形成多个阳极，所述多个阳极包括第一阳极和第二阳极，该第一阳极包括第一金属，该第二阳极包括第二金属；以及

分别将不同的电压施加到所述第一阳极和所述第二阳极。

19. 根据权利要求 18 的方法，进一步包括：在形成所述多个阳极之前，

确定在所述容器中针对所述多个阳极可用的空间以及期望的合金成分；以及

基于所述可用的空间以及所述期望的合金成分，至少确定以下其中一个，使得当所述不同的电压分别施加到所述第一阳极和所述第二阳极时，在溶液中与所述工件的第一侧面邻近的区域处电流密度和电势分布将保持大致均匀：

所述第一金属和所述第二金属的相对表面面积；

所述第一阳极和所述第二阳极的形状；

所述层的数量；

每个所述层中所述第一阳极和所述第二阳极的数量；以及

每个所述层中所述第一阳极和所述第二阳极的位置。

20. 根据权利要求 18 的方法，进一步包括：通过将具有预先确定的尺寸和形状的至少一个挡板放置在相对于所述工件预先确定的位置，精调所述溶液中与所述工件邻近的所述区域中的电流密度和电势分布。

21. 根据权利要求 18 的方法，进一步包括：改变所述不同的电压，使得可选择性地改变沉积在所述工件的第一侧面上的合金中所述第一金属和所述第二金属的比率。

用于电镀工件的系统和方法

技术领域

本发明的实施方式通常涉及电沉积合金，并且更具体地，涉及用于电沉积合金的多阳极系统和方法。

背景技术

通常，电沉积是这样的工艺，在该工艺中将要电镀的工件被置于具有电镀溶液（即，电镀液）的电镀容器中。当电源的负端子连接至工件以形成阴极并且电源的正端子连接至容器中的另一金属以形成阳极时，便创建了电路。通常，电镀材料是溶液中稳定的金属物质（例如，金属离子）。在电镀工艺中，这种金属物质可以利用可溶性金属补充，该可溶性金属形成阳极和/或可以直接添加到溶液中（例如，作为金属盐）。当电流通过该电路时，溶液中的金属离子吸收工件上的电子，并且在工件上形成金属层。

基于上述电沉积工艺，已经开发出若干种方法，用于将两种或者更多种不同金属（例如，镍和钴）的合金沉积在工件上。在一种方法中，使用单个阳极，该单个阳极包括电镀金属中的一种，并且可以在电镀液中包含任何附加的电镀金属。但是，为了控制沉积合金的成分和残余应力，需要频繁地向电镀液添加化学添加物并且在最后倾倒（dump）该电镀液。即，电镀液中的金属盐水平会随着时间而累积，以及为了将金属盐浓度保持在正常电镀水平内，必须周期性地移走或者替换电镀液。如果没有这么做，沉积物的残余应力就会增大。在另一种方法中，使用了包括合金的阳极，该合金具有预先确定的金属比率。使用合金阳极解决了需要添加化学物质以及周期性倾倒电镀液这一问题。但是，由于沉积合金的比率很大程度上是由阳极中的金属比率确定的，所以一旦开始了电沉积工艺，便

基本上不再可能改变合金的金属比率。在另一方法中，多个矩形阳极靠着容器的一个侧面放置并且间隔开，如图 1 所示。这些矩形阳极包括不同类型的金属，并且连接至单独的电压源。这种方法使得可以通过对具有不同类型金属的阳极施加不同的电流值来可选择性地控制合金镀层中的金属比率。但是，与上述方法相比，此方式中变化的电流在电镀液中产生出不均匀的电压分布，而这种不均匀的电压分布通常导致不均匀的合金成分和不均匀的厚度。因此，本领域需要一种用于沉积金属合金的电镀系统和相关的电镀方法，其不需要合金阳极或者周期性地倾倒入电镀液，并且能够控制沉积厚度以及动态地控制金属比率。

发明内容

鉴于上述，这里公开的是电镀系统和相关电镀方法的实施方式，用于以均匀的镀层厚度和动态改变合金成分（即，合金中两种或多种金属的比率）的方式来沉积金属合金。具体地，通过使用多个阳极，每一个阳极具有不同类型的可溶性金属，该系统和方法不需要周期性地替换电镀液，并且通过将不同电压施加到不同金属，其能够可选择性地改变沉积合金中金属的比率。该系统和方法通过可选择性地改变电镀液中阳极的形状和布置进一步避免了不均匀的电流密度和电势分布，并且因此避免了现有技术中的不均匀镀层厚度。另外，通过使用电绝缘挡板，该系统和方法允许精调镀层厚度。

更具体地，合金电镀系统的每个实施方式都包括电镀容器，该容器适于容纳电镀溶液以及保持将浸入在溶液中进行电镀的工件。该系统进一步包括在与工件第一侧面相对的容器的壁上的多个阳极层。这些阳极层提供了用于均匀电镀工件的金属。每个实施方式的阳极层包括至少两种不同类型的金属阳极（例如，第一阳极包括第一可溶性金属，第二阳极包括第二可溶性金属，第三阳极包括第三可溶性金属等等）。不同类型阳极的每一个都连接到不同的电源以便改变合金成分。而且，阳极可以包括固体金属阳极和/或非金属或

者非可溶性金属容器，该容器具有多个开口（例如，篮（basket），并填充有多个选择的可溶性金属块。但是，本发明的电镀系统，尤其是本发明电镀系统的阳极与现有技术的系统不同，这是因为电镀液内阳极的尺寸、形状、数量和布置等都可以选择性地变化。通过可选择性地改变这些特征，用户可以获得期望的合金成分，并且同时可以在溶液中邻近工件的区域处保证大致均匀的电流密度和电势分布，以便获得均匀的镀层厚度。不同的实施方式可以基于多个阳极层中阳极的位置和配置而不同。

在系统的一个实施方式中，相同层中的阳极包括相同的可溶性金属，但是层与层的金属类型可以不同。例如，具有至少一个第一阳极的第一阳极层与电镀液中的壁相邻，具有至少一个第二阳极的第二阳极层与第一阳极层相邻，等等，其中该第一阳极包括第一可溶性金属，该第二阳极包括第二可溶性金属。相邻阳极层中的阳极交叠。而且，基于期望的合金成分和容器中可用的空间，可以预先确定各种阳极特征。这些特征包括但不限于不同金属的相对表面面积、阳极的三维形状（例如，梯形、三角形、矩形和/或圆柱形三维形状）、阳极的尺寸、阳极的总数量、阳极层的数量、每层中的阳极数量，等等。可以具体地预先确定这些特征，使得当在电镀工艺期间将不同电压施加到不同金属上时，可以获得所期望的合金成分，并且在溶液中与工件第一侧面邻近的区域处保持大致均匀的电流密度和电势分布，以确保均匀的镀层厚度。

在系统的又一实施方式中，阳极层的每一个都可以包括多个阳极，并且更具体地，可以在整个阳极层内分散布置包括不同可溶性金属的阳极。例如，一个阳极层可以具有第一阳极和第二阳极，其中该第一阳极包括第一可溶性金属，第二阳极包括与第一可溶性金属不同的第二可溶性金属。另一层可以包括第一阳极和第三阳极，该第三阳极包括与第一可溶性金属和/或第二可溶性金属不同的第三可溶性金属。在另一个层中，所有阳极都可以包括相同的可溶性金属（例如，可以包括第一阳极）。正如在之前描述的系统实施方式

那样，相邻阳极层中的阳极交叠。而且，同样地，基于期望的合金成分和容器中可用的空间，可以预先确定各种阳极特征。这些特征包括但不限于，不同金属的相对表面面积、阳极的三维形状、阳极的尺寸、阳极的总数量、阳极层的数量、每层中每种金属类型阳极的数量，等等。可以具体地预先确定这些特征，使得当在电镀工艺期间将不同电压施加到不同金属上时，可以获得所期望的合金成分，并且在溶液中与所述工件第一侧面邻近的区域处保持大致均匀的电流密度和电势分布，以确保均匀的镀层厚度。

在系统的另一实施方式中，每个阳极层都可以包括多个多阳极结构，其中多阳极结构中的每个阳极包括不同的可溶性金属。例如，多阳极结构可以包括第一阳极，该第一阳极包括第一可溶性金属并由第二阳极包围，其中第二阳极包括与第一可溶性金属不同的第二可溶性金属。第一阳极和第二阳极的每一个都可以包括非金属篮或者非可溶性金属篮（即，有孔的容器）。第一阳极的篮可以填充有第一金属块，并且可以套入第二阳极的篮中，该第二阳极的篮进一步填充有第二金属。相邻阳极层的多阳极结构交叠。而且，如前述实施方式所述，可以基于期望的合金成分和容器中可用的空间预先确定各种阳极特征。这些特征包括但不限于，不同金属的相对表面面积、多阳极结构的三维形状，并且更具体地包括，构成多阳极结构的第一阳极和第二阳极的形状、第一阳极和第二阳极的相对尺寸、多阳极结构的总数、阳极层的数量、每层中多阳极结构的数量等等。可以具体地预先确定这些特征，使得当在电镀工艺期间将不同电压施加到不同阳极上时，可以获得所期望的合金成分，并且在溶液中与工件第一侧面邻近的区域处保持大致均匀的电流密度和电势分布，以确保均匀的镀层厚度。

上述实施方式的每一个都可以进一步包括在电镀液中邻近该工件的至少一个挡板。挡板可以包括电介质材料，并且可以配置为使得挡板的尺寸以及在容器中相对于工件的位置能够对电流通量进行控制。对挡板位置的调整允许精调溶液中邻近工件区域处的均匀电

流密度和电势分布，以便可选择性地改变整体镀层厚度分布。

还公开了用于向工件均匀地电镀两种或者更多种金属合金的相关方法的实施方式。该实施方式包括，提供电镀容器（即，电镀槽），其适于容纳电镀溶液并且保持将要在溶液中电镀的工件。

然后，可以确定槽中可用的空间以及所期望的合金成分。基于所期望的合金成分，可以确定所需的合金金属的相对表面面积。

然后，基于槽中可用的空间、所期望的合金成分和所需的相对表面面积，可以针对阳极特征进行多个其他预先确定。这些预先确定包括但不限于以下几种：（1）阳极的三维形状（例如，梯形、三角形、矩形和/或圆柱形三维形状，如图 5a-图 5e 所示）；（2）具有不同类型金属的阳极的相对数量（例如，第一阳极和第二阳极的数量，其中第一阳极包括第一可溶性金属，第二阳极包括第二可溶性金属，等）；（3）阳极配置（例如，单阳极结构（例如，以上所述的实施方式 300 和 700 中所示）或者多阳极结构（例如，如上述实施方式 800 中所示））；（4）阳极的尺寸；（6）阳极层的数量；每层中不同类型的阳极数量；（7）每层中不同类型阳极的位置；（8）挡板的尺寸和位置等等。可以具体地做出这些预先确定，使得当在电镀工艺期间将不同电压顺序施加到不同阳极上时，可以获得所期望的合金成分，并且在溶液中与工件第一侧面邻近的区域处保持大致均匀的电流密度和电势分布，以确保均匀的镀层厚度。

然后，基于这些预先确定，在容器中邻近一个或者多个容器壁以交叠层形成多个阳极。不同类型的金属阳极连接至不同的电压源，并执行电镀工艺。在此电镀工艺中，施加到不同类型金属阳极的电压能够选择性地改变，使得能够选择性地改变沉积在工件上的合金中的不同金属比率。另外，可以使用选择性地放置的指定挡板，精调溶液中与工件邻近的区域处的电流密度和电势分布。可以进行这种精调，以控制均匀沉积电镀的整体厚度。

当结合以下描述和附图考虑本发明时，可以更好地理解和了解本发明实施方式的这些和其他方面。但是，应当理解，尽管以下描

述指示了本发明的优选实施方式以及其多个具体细节，但是以下描述仅为了解释的目的而给出，而不是用于限制。可以在本发明实施方式范围内，在不脱离本发明精神的情况下，做出多种改变和修改，并且本发明的实施方式包括所有这些修改。

附图说明

通过参照附图的以下详细描述，可以更好地理解本发明的实施方式，其中：

图 1 是示出了在将相同电压值施加到所有阳极时示例性合金电镀系统展示出的相对差分电压分布的示意图；

图 2 是示出了在将不同电压值施加到不同金属类型的阳极时图 1 的合金电镀系统展示出的相对差分电压分布的示意图；

图 3a 是示出了本发明合金电镀系统的第一实施方式的顶视图；

图 3b 是图 3a 中所示第一实施方式的横截面视图；

图 4 是示出了在将不同电压值施加到不同金属类型的阳极时图 3a 的合金电镀系统展示出的相对差分电压分布的示意图；

图 5a-图 5e 示出了可结合到本发明系统的实施方式中的示例性三维阳极形状和配置；

图 6 是进一步示出了本发明合金电镀系统的第一实施方式的示意图；

图 7 是示出了本发明合金电镀系统的第二实施方式的示意图；

图 8a 是示出了本发明合金电镀系统的第三实施方式的示意图；

图 8b 示出了可以结合到本发明合金电镀系统的第三实施方式中的示例性多阳极结构；以及

图 9 是示出了本发明合金电镀方法的实施方式的流程图。

具体实施方式

通过参照附图中示出的并且在以下描述中详细说明的非限制性实施方式，更全面地说明本发明实施方式及其各种特征以及优势的

细节。应当注意，附图中所示特征并不必按比率绘制。为了避免不必要地混淆本发明的实施方式，在此省略已知组件和处理技术的描述。而且，还应当理解，在此使用伏特%形式的所有电压参考来表示一个阳极的工作电压与阴极的工作电压之间的电压差分的百分比。在此使用的实例仅为了便于理解可以实践本发明实施方式的方式，并进一步使本领域普通技术人员能够实施本发明的实施方式。因此，实例不应理解为对本发明实施方式范围的限制。

本领域中需要一种合金电镀系统以及相关的合金电镀方法。具体地，需要这样的合金电镀系统，其不需要合金阳极或者周期性地倾倒电镀液。还需要这样的合金电镀系统，其允许控制沉积厚度并控制金属比率。

如上述以及图 1 和图 2 中所示，一种不需要合金阳极或者周期性倾倒电镀液的电沉积合金方法包括使用多个矩形阳极 101-102、103-104，该矩形阳极 101-102、103-104 包括不同的可溶性金属（例如，阳极 101 和阳极 103 包括诸如镍的第一金属，阳极 102 和 104 包括诸如钴的第二金属）。如图 1 所示，这些阳极 101-104 放置在电镀容器 180 的一个或者多个侧面 181-182 上，与工件 120 将要电镀的侧面相对。如果阳极 101-104 全部连接到相同的电压源，使得将相同电压（例如，100 伏特%）施加到阳极中的每一个，则即使这些阳极间隔开，在电镀液中与工件 120 邻近的区域 140 处也将展示出均匀的电流密度和电势分布，这可以由在此区域 140 中相对差分电压 110 的均匀分布证明。例如，在容器 180 中与工件 120 邻近的中央区域 140 处，可以展示出只有约 1.5% 的电流可变性。此均匀的电流密度和电势分布使工件 120 具有均匀的镀层厚度。这种方法的一个优势在于，可以通过将不同的电压施加到具有不同金属种类的阳极来有选择性地控制合金镀层中的金属比率。但是，如图 2 所示，将一种电压（例如，100 伏特%）施加到第一金属阳极 101 和 103，而将另一单独的不同电压（例如，56 伏特%）施加到第二金属阳极 102 和 104，这通常会在电镀容器 180 中与工件 120 邻近的区域 140 处引起

不均匀的电流密度和电势分布,这可由区域 140 中相对差分电压 111 的不均匀分布证明。例如,在电镀容器 180 中邻近工件 120 的中央区域 140 处,可以显示出约 29%的电流可变性。与其他合金沉积方法相比,此不均匀的电流密度和电势分布导致了更大的总体合金厚度和不均匀厚度。因此,如果可以控制电镀液中的电流密度和电势分布,则可以控制镀层厚度。

因此,这里所公开的是电镀系统的实施方式 300、700 和 800(分别参见图 3a-图 3b、图 7 和图 8)和相关电镀方法(参见图 9),它们用于以均匀的镀层厚度以及动态改变合金成分(即,合金中两种或者多种金属的比率)的方式来沉积金属合金。具体地,通过使用多个阳极,其中每个阳极具有不同类型的可溶性金属,系统和方法不需要周期性地替换电镀液,并且通过将不同电压施加到不同金属而使得能够可选择性地且动态地改变沉积合金中金属的比率。该系统和方法通过可选择性地改变电镀液中阳极的形状和布置进一步避免了不均匀的电流密度和电势分布,并且因此避免了现有技术方法中展示出的不均匀镀层厚度。另外,通过使用电绝缘的可选择性地放置的指定挡板,该系统和方法允许精调镀层厚度。

更具体地,结合参照图 3a-图 3b、图 7 和图 8 的实施方式 300、700 和 800,实施方式 300、700 和 800 的每一个都包括电镀容器 80(即,在常规电镀槽),其适应于容纳电镀溶液(即,在常规电镀液)。电镀容器 80 进一步适应于保持将要电镀的工件 20,使得该工件 20 浸入在电镀溶液 90 中。

系统进一步包括多个阳极层 50,其邻近电镀容器 80 中的壁(例如,第一壁 81),与工件 20 将要电镀的侧面相对(即,第一侧面 21)。这些阳极层 50 提供了在工件 20 的侧面 21 上形成合金镀层的金属。该系统可以进一步可选地包括多个附加阳极层 60,它们与阳极层 50 一样。附加阳极层 60 定位在容器 80 的另一壁上(例如,第二壁 82),与工件 20 将要同时电镀的另一侧面(例如,侧面 22)相对。这些附加阳极层 60 可以类似地提供在工件 20 的侧面 22 上形

成合金镀层的金属。

每个实施方式 300、700 和 800 中的阳极层 50 包括至少两种不同类型的金属阳极（例如，第一阳极 51 包括第一可溶性金属（例如，镍），第二阳极 52 包括第二可溶性金属 52（例如，钴），有时第三阳极 53 包括第三可溶性金属等）。不同类型的阳极 51 和 52 等等的每一个都连接至不同的电源，以便改变合金成分（即，合金镀层中的金属比率）。例如，如图 3a 所示，第一阳极 51 可以电连接至第一电源 61，使得第一阳极 51 可以接收第一电压（例如，100 伏特%）。第二阳极 52 可以电连接至第二电源 62，使得第二阳极 62 可以接收与第一电压不同的第二电压（例如，56 伏特%），等等。而且，这些阳极 51 和 52 可以包括固体金属阳极和/或非金属或非可溶性金属（例如，钛）篮或者具有多个开口（例如，网状开口）的类似容器。可以利用多个选择的可溶性金属块（例如，球体）来填充阳极容器，例如，如在 2001 年 2 月 20 日授权的、Brodsky 等人的美国专利 No.6,190,530 中所讨论的那样，在此并入该专利作为参考。

但是，由于电镀液 90 内的阳极 51 和 52 的尺寸、形状（即，使用非标准的阳极几何形状）、数量以及布置等都可以选择性地改变，所以实施方式 300、700 和 800 与现有技术中的合金电镀方法和系统不同。通过可选择性地改变这些特征，用户可以获得期望的合金成分，并且同时可以在溶液中邻近工件的区域处保证大致均匀的电流密度和电势分布，以便获得均匀的镀层厚度。分别在图 3a、图 7 和图 8 中示出的不同实施方式 300、700 和 800，基于阳极层 50 中阳极 51 和 52 的位置以及配置而改变。

更具体地，图 3a 表示合金电镀系统的一个实施方式 300 的顶视图。图 3b 表示实施方式 300 的横截面视图。在此实施方式中，同一层中的阳极包括相同的可溶性金属，但是，层与层的金属类型可以不同。例如，阳极层 50 可以包括第一阳极层 301、第二阳极层 302 和第三阳极层 303，该第一阳极层 301 具有至少一个第一阳极 51，该第一阳极 51 包括第一可溶性金属（例如，镍），该第二阳极层 302

具有至少一个第二阳极 52, 该第二阳极 52 包括第二可溶性金属(例如, 钴), 第三阳极层包括至少一个第三阳极, 该第三阳极包括第三可溶性金属, 等等。第一阳极层 301 可以设置在与容器 80 的第一壁 81 相邻的位置, 第二阳极层 302 可以设置在与第一阳极层 301 相邻且与工件 20 的第一壁 21 相对的位置。相邻阳极层 301 和 302 的阳极可以交叠。例如, 每层中的阳极可以以少于各个阳极宽度的预定距离间隔开, 并且在第二层 302 中的阳极的位置可以偏离在第一层 301 中的阳极的位置, 使得第二层中每个阳极的至少一个侧边与第一层中阳极的侧边相交叠。图 3a 还示出了可选择性地放置的指定挡板 30 (参见以下关于挡板 30 的尺寸和布置的具体讨论)。

但是, 如上所述, 阳极 51 和 52 的形状、尺寸、数量等可以基于期望的合金成分(即, 期望的合金中的金属比率)以及容器 80 中可用的空间而改变。即, 基于各种因素(例如, 包括所期望的合金成分以及电镀容器 80 中可用的空间), 必须预先确定各种阳极特征。例如, 这些特征包括不同金属的相对表面面积、阳极的三维形状、阳极的尺寸、阳极的总数量、阳极层 50 的数量、每层 301 和 302 中的阳极数量, 等等。也可以预先确定挡板 30 的尺寸、形状和相对于工件 20 的位置。

更具体地, 预先确定以上所列出的特征, 使得当在电镀工艺中将不同的电压施加到具有不同金属的不同阳极时, 可以得到所期望的合金成分, 并且可以在溶液中保持大致均匀的电流密度和电势分布。即, 参照图 3a, 当 100 伏特%的第一电压从第一电流源 61 施加到具有第一金属的第一阳极 51 并且第二不同的电压同时从第二电压源 62 施加到具有第二金属的第二阳极 52 时, 溶液 90 中与工件 20 的第一侧面 21 邻近的区域 40 处的电流密度和电势分布将保持大致均匀。这可以通过区域 40 中相对差分电压 10 的均匀分布得以证实(参见图 4)。这种均匀的电流密度和电势分布确保可以获得均匀的镀层厚度(即, 沿着工件第一侧面 21 表面的镀层厚度的可变性是最小的)。例如, 通过使用任何商业上可获得的拉普拉斯方程解算机

来针对一组给定的挡板、阳极和阴极模拟电镀液中的电压和电流分布，可以做出这些预先确定。

应当注意，为了匹配实验得到的镀层厚度数据并且为了电镀 Ni-Co 合金，该模型将电极附近的电解液电势作为边界条件，而不是用电源提供的电极电势作为边界条件。通过使用诸如 Ag/AgCl 的标准参考电极或者饱和的甘汞电极 (SCE) 以及稳压器或者高度灵敏的高阻抗电压表来测量阳极和阴极处的电势，来确定此电势值。由于电势与电流密度有关，所以必须针对电流密度的范围确定电势。此范围可以通过使用标准的电化学技术容易地测量。因此，阳极的表面面积是建模中的关键因素。这意味着，这种技术适用于篮中的固体可溶性金属阳极和可溶性球状阳极。但是，由于表面面积将会不同，所以在开始设计时就需要知道这个信息。期望此过程也能与其他电镀的合金一起良好工作，其中在其他电镀的合金中，电流密度取决于电镀槽内电镀流体的几何形状。

图 5a-图 5e 示出了示例性的梯形、三角形、矩形和/或圆柱形三维阳极形状和配置，其中这些形状和配置可以替代地结合到上述合金电镀系统的实施方式 300 以及其他实施方式 700 和 800 的任何一个中。这些形状仅仅是示例性的并且不用于限制。这样，本领域中普通技术人员将会意识到，其他适当的三维形状和配置都可以结合到合金电镀系统的实施方式 300、700 和 800 中。另外，本领域技术人员将会意识到，可替换地，上述实施方式 300 可以包括多于两个的阳极层 50，并且还可以包括多于两种金属类型。例如，如图 6 所示，实施方式 300 可以进一步包括第三阳极层 303，该层置于第二阳极层 302 和工件 20 之间。此第三阳极层 303 可以包括至少一个第三阳极 53，该第三阳极 53 包括第三可溶性金属。此第三可溶性金属可以与分别用于第一阳极 51 和第二阳极 52 的第一金属和/或第二金属相同，也可以不同。

图 7 表示了合金电镀系统的另一实施方式 700。在此实施方式 700 中，阳极层 50 的每个都可以包括多个阳极，并且更具体地，可

以包括具有分散在阳极层 50 中具有不同类型可溶性金属的多个阳极（即，第一阳极 51 包括第一可溶性金属，第二阳极 52 包括第二可溶性金属，第三阳极 53 包括第三可溶性金属，等等）。例如，一个阳极层 701 可以包括第一阳极 51 和第二阳极 52。另一层 702 可以包括第一阳极 51 和第三阳极 53。在又一层 703 中，所有阳极都可以包括相同的可溶性金属（例如，可以包括第一阳极 51）。

如之前描述的系统实施方式中的那样，相邻阳极层 50 中的阳极交叠。即，每个层 701-703 中的阳极可以以小于各个阳极宽度的预定距离间隔开，并且第二层 702 中阳极的位置可以偏离第一层 701 中阳极的位置，第三层 703 中的阳极位置可以偏离第二层 702 中阳极位置，等等。而且，如上所述，阳极 51 和 52 的形状、尺寸和数量等可以基于期望的合金成分和容器 80 中可用的空间而改变。即，基于期望的合金成分和容器 80 中可用的空间，可以做出各种预先确定。这些预先确定可以包括但不限于，不同金属（即，第一金属和第二金属）的相对表面面积、阳极的三维形状（例如，梯形、三角形、矩形和/或圆柱形三维形状，参见图 5a-图 5e）、阳极尺寸、阳极总数、阳极层 50 的数量、每层中每种金属类型的阳极数量等。还可以预先确定挡板 30 的尺寸、形状和相对于工件 20 的位置。可以做出这些预先确定，使得当在电镀工艺期间将不同电压施加到不同阳极 51、52 和 53 等上时，可以获得所期望的合金成分，并且溶液中与工件第一侧面邻近的区域处的电流密度和电势分布保持大致均匀，以确保均匀的镀层厚度。同样地，可以通过使用任何商业上可获得的拉普拉斯方程解算机来针对一组给定的挡板、阳极和阴极模拟电镀液中的电压和电流分布，来做出这些预先确定。

图 8a 表示合金电镀系统的另一实施方式 800。在此实施方式 800 中，阳极层 50 的每一层都可以包括多个多阳极结构 855。每个多阳极结构可以包括至少两种不同的阳极，所述阳极包括不同类型的可溶性金属。具体地，每个多阳极结构 855 可以包括第一阳极 51，该第一阳极 51 包括第一可溶性金属（例如，镍）并且由第二阳极 52

包围（例如，参见图 8a 中描绘的示例性多阳极结构的形状），该第二阳极 52 包括第二可溶性金属（例如，钴），该第二可溶性金属与第一可溶性金属不同。在此实施方式中，第一阳极 51 和第二阳极 52 的每一个可以包括非金属或非可溶性金属（例如，钛）篮或者具有多个开口（例如，网状开口）的类似容器类型。第一阳极 51 的篮填充有第一可溶性金属块（例如，球状），并套入第二阳极 52 的篮中，该第二阳极 52 的篮进一步填充有第二可溶性金属块（例如，球状）。相邻阳极层 50 的多阳极结构 855 交叠。即，每层中的多阳极结构 855 可以以小于各个多阳极结构宽度的预定距离间隔开，并且邻近层中结构的位置可以偏离。而且，如前述实施方式所述，可以基于期望的合金成分和容器中可用的空间来预先确定各种阳极特征。这些特征包括但不限于不同金属的相对表面面积、多阳极结构 855 的三维形状（例如，梯形、三角形、矩形和/或圆柱形三维形状，参见图 8b），并且更具体地，包括结构中第一阳极和第二阳极的形状、第一阳极 51 和第二阳极 52 的相对尺寸、多阳极结构 855 的总数量、阳极层 50 的数量、每层中多阳极结构 855 的数量等。也可以预先确定挡板 30 的尺寸、形状和相对于工件 20 的位置。可以具体做出这些预先确定，使得当在电镀工艺期间将不同电压施加到不同阳极 51、52 上时，可以获得所期望的合金成分，并且在溶液中与工件第一侧面邻近的区域处保持大致均匀的电流密度和电势分布，以确保均匀的镀层厚度。同样地，可以通过使用任何商业上可获得的拉普拉斯方程解算机来针对一组给定的挡板、阳极和阴极模拟电镀液中的电压和电流分布，来做出这些预先确定。

如上所述，上述实施方式 300、700 和 800 中的每一个可以包括在电镀容器 80 中邻近工件 20 处的至少一个挡板 30。挡板 30 可以包括电介质材料，并可以被配置为使得可以选择它们的尺寸、形状和在容器 80 中相对于工件 20 的位置，以便能够控制工件 20 表面上的电流通量（即，最大化电流密度控制）。一旦确定了指定挡板的尺寸、形状和位置，则挡板可以永久地置于电镀槽中。或者，当支撑

工件 20 的结构置于电镀槽内部时，可以将挡板安装在该结构上。对挡板尺寸、形状和位置的最优化允许精调溶液中邻近工件区域处的均匀电流密度和电势分布，以便可选择性地改变整体镀层厚度分布。

参照图 9，还公开了用于向工件均匀地电镀两种或者更多种金属合金的相关方法的实施方式。该实施方式包括，提供电镀容器（即常规电镀槽），其适于容纳电镀溶液（即常规电镀液）并且保持将要在溶液中电镀的工件（步骤 902）。

然后，基于槽的尺寸和工件的尺寸，确定槽中可用于阳极的空间（步骤 904）。还要确定合金镀层中所期望的合金成分（即期望的金属比率（例如，镍和钴的比率））（步骤 906）。然后，基于所期望的合金成分，针对合金的不同金属确定阳极中所需的相对表面面积（步骤 980）。接着，基于槽中可用的空间、期望的合金成分以及所需的相对表面面积，预先确定将要放入槽中的阳极的各种特征（步骤 910）。这些预先确定可以包括但不限于以下一项或多项：（1）阳极的三维形状（例如，梯形、三角形、矩形和/或圆柱形三维形状，如图 5a-图 5e 所示）；（2）具有不同类型金属的阳极的相对数量（例如，第一阳极和第二阳极的数量，其中第一阳极包括第一可溶性金属，第二阳极包括第二可溶性金属，等）；（3）阳极的配置（例如，单阳极结构（例如，以上所述的实施方式 300 和 700 中所示）或者多阳极结构（例如，如上述实施方式 800 中所示））；（4）阳极的尺寸；（6）阳极层的数量；每层中不同类型的阳极数量；（7）每层中不同类型阳极的位置，等等。在工艺的这个阶段，还必须确定在阴极周围挡板的使用，以便改善阴极表面上的电流密度分布。即，还可以预先确定挡板的尺寸、形状和相对于工件的位置。

具体地预先确定以上提及的特征，使得在后续电镀工艺期间（参照以下处理步骤 914），当将不同电压施加到不同类型阳极时（例如，当将第一电压施加到包括第一可溶性金属的第一阳极，将第二电压施加到包括第二可溶性金属的第二阳极等时），可以获得所期望的合金成分，并且在溶液中与工件第一侧面邻近的区域处保持大致均

匀的电流密度和电势分布。例如，通过使用利用改进边界条件的标准拉普拉斯方程解算机来针对一组给定的挡板、阳极和阴极模拟电镀液中的电压和电流分布，可以完成这些预先确定。

然后，基于这些预先确定，在容器中邻近一个或多个容器壁以交叠层形成挡板、多个阳极（例如，第一阳极包括第一可溶性金属（例如，镍），第二阳极包括第二可溶性金属（例如，钴））（步骤 912）。例如，取决于槽中可用的空间、所期望合金成分以及所需的相对表面面积，同一层中所有阳极可以包含相同的可溶性金属，其中层与层间的金属类型可以不同（如以上所述图 3a 中示出的实施方式 300 所示），或者可以将包含不同可溶性金属的阳极沿着阳极层分散布置（例如，上所述实施方式 700 所示）。或者，每一层都可以包括多个多阳极结构，其中每个多阳极结构包括至少两种不同的可溶性金属（例如，上所述实施方式 800 中所示）。

一旦在步骤 912 中在电镀槽中形成阳极，便可以执行电镀处理（步骤 914）。具体地，每一个具有不同类型金属的阳极都可以电连接到单独/不同电压源的正端子（步骤 916）。例如，如图 3b 所示，包含第一金属的第一阳极 51 可以连接到第一电压源 61，包含第二金属的第二阳极 52 可以连接至第二电压源 62，等等。工件 20（即，阴极）可以电连接至这些电压源 61 和 62 的正端子（步骤 918）。这样，便创建了电路。然后，同时将电压从电压源施加到阳极 51 和 52，使得电流通过溶液 90，从而使得来自不同金属类型阳极 51 和 52 的金属离子吸收工件 20 上过剩的电子，以便将金属合金层形成在工件 20 上。本方法的实施方式可以进一步包括，可选择性地、随意地且动态地改变施加到不同阳极的不同电压，使得能够可选择性地改变沉积在工件上的合金中第一金属和第二金属的比率（步骤 920）。另外，该方法的实施方式还可以进一步包括：使用可选择放置的指定挡板来精调溶液中邻近工件区域处的电流密度和电势分布（步骤 922）。进行这种精调，以控制均匀沉积的镀层的整体厚度。

本领域普通技术人员应当知道，在此描述的对电镀液几何形状

的某些改进还可以应用到脉冲电镀工艺、反向脉冲电镀工艺和反向电镀工艺，也称为电蚀刻。本领域普通技术人员进一步应当知道，电压控制模式、电流控制模式或者双重控制模式中的电源操作也可以应用。

因此，以上公开的是电镀系统和相关电镀方法的实施方式，该系统和方法允许以均匀镀层厚度和改变合金成分的方式来沉积金属合金。具体地，通过使用多个阳极，每一个阳极具有不同类型的可溶性金属，系统和方法不需要周期性地替换电镀液，并且通过将不同电压应用到不同金属可选择性地且动态地改变金属比率。该系统和方法通过可选择性地改变电镀液中阳极的形状和布置进一步避免了不均匀的电流密度和电势分布，并且因此避免了现有技术中展示出的不均匀镀层厚度。另外，该系统和方法允许通过使用电绝缘的可选择性地放置的指定挡板来精调电镀厚度。

以上公开的合金电镀系统和方法提供了若干其他益处。具体地，其实现了可选择性地为任何典型产品表面形状定义阳极形状以及调节指定的非恒定成分和/或厚度以及专用电镀合金面饰（finish）的途径。本系统和方法可以在封装和硅芯片处理中使用，并且还适用于其他产品和/或过渡工艺。通过降低所需的必须处理和替换电镀液的速度，本系统和方法降低了与合金电镀相关的开销。最后，由于在倾倒之前电镀液中的金属水平会增加，所以通过减少使用诸如应力减少剂的有机物，本系统和方法还改进了合金电镀的质量。这些有机物最终在溶液中累积，并影响表面拓扑，这可以影响产品性能。而且，应当注意，适用于本公开并且使用所描述的新颖阳极布置的其他电流密度控制方法包括：同步和异步脉冲电流分布、直接或者反向电势偏置、减少电压差分的阳极表面面积比率、金属电蚀刻等。

特定实施方式的前述描述全面地展现了本发明的一般性质，可以通过应用现有知识容易地针对各种应用来修改和/调整这些特定实施方式，而没有脱离一般的概念，因此，这些调整和修改应当包含在所公开实施方式的含义以及等效范围内。应当理解，在此使用的

措辞或者术语是为了说明的目的而不是限制。因此，本领域普通技术人员应当理解，可以在所附权利要求的精神和范围内，修改这些实施方式。

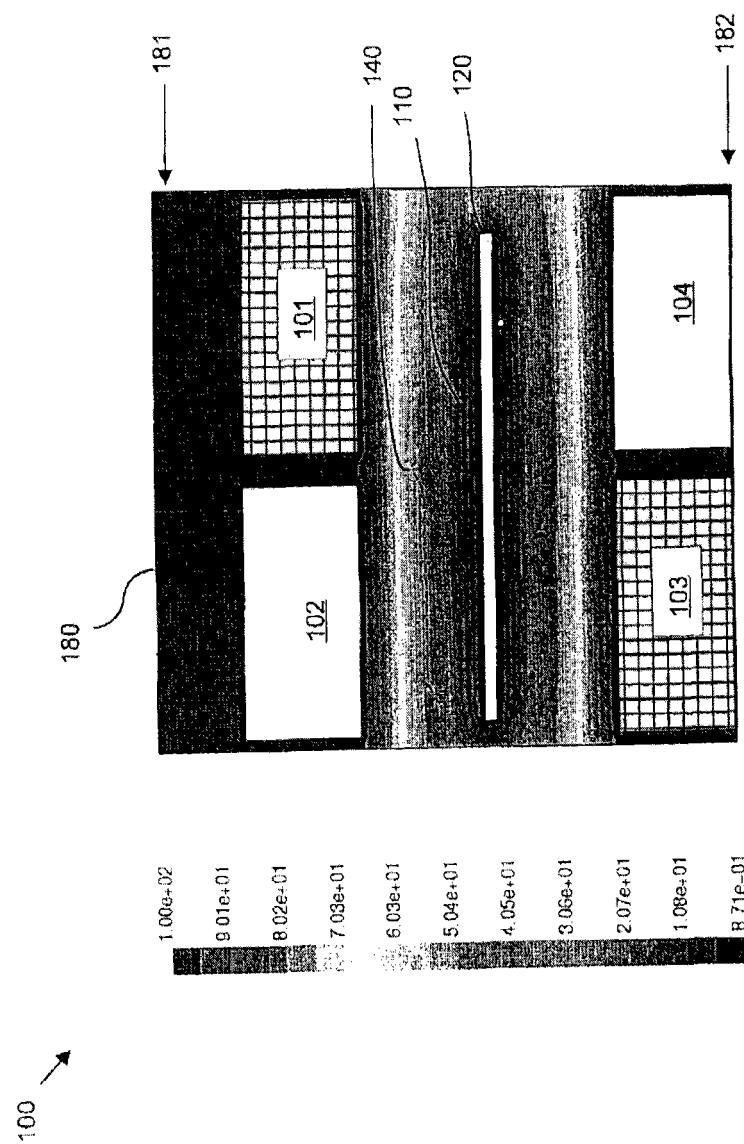


图 1

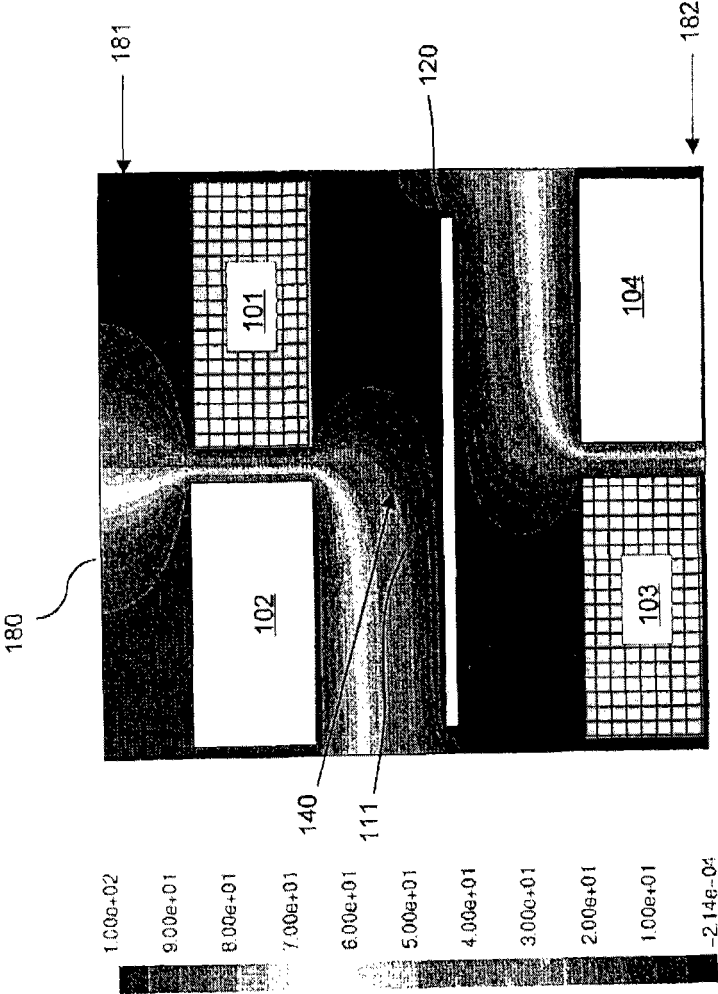


图 2

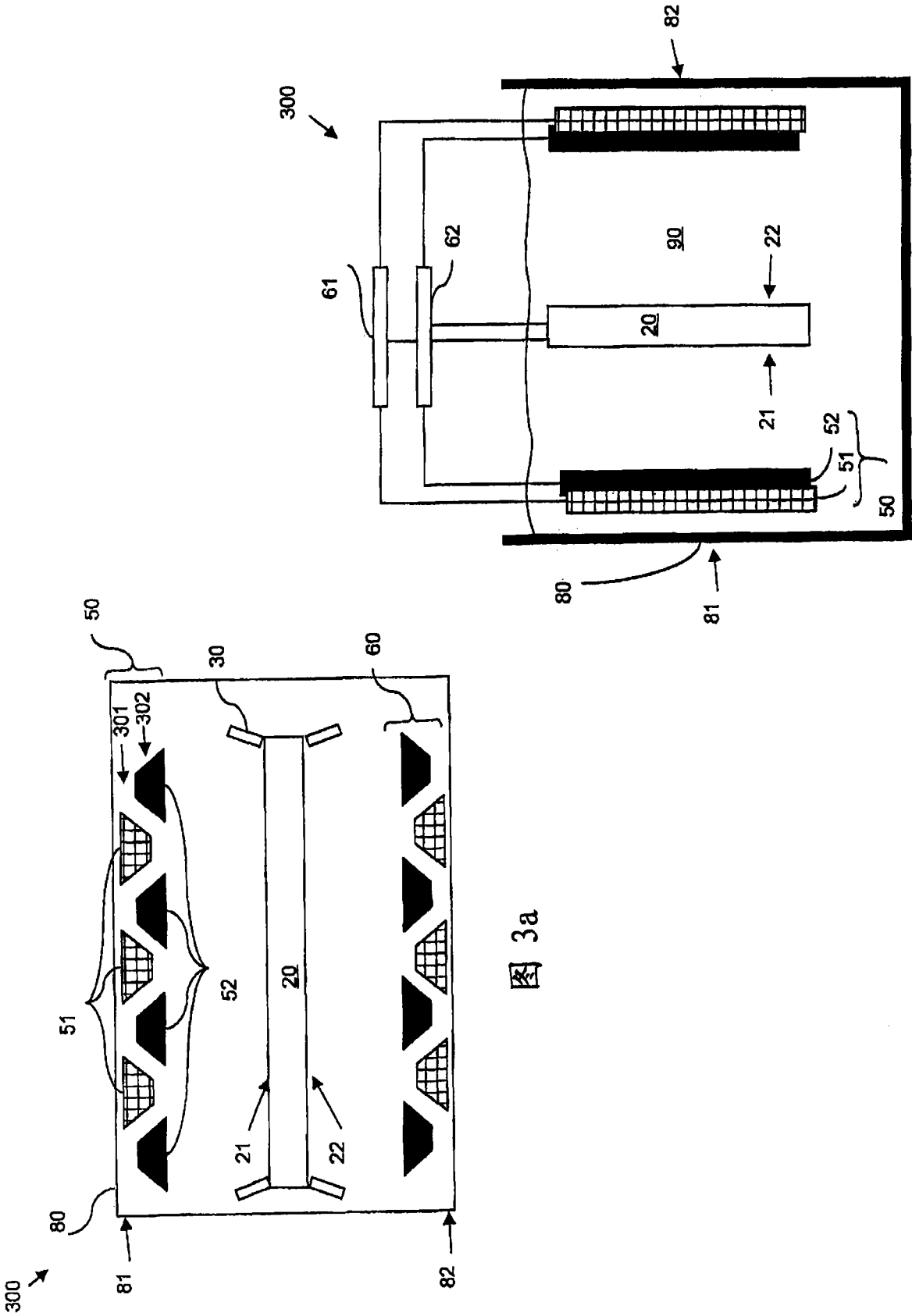


图 3a

图 3b

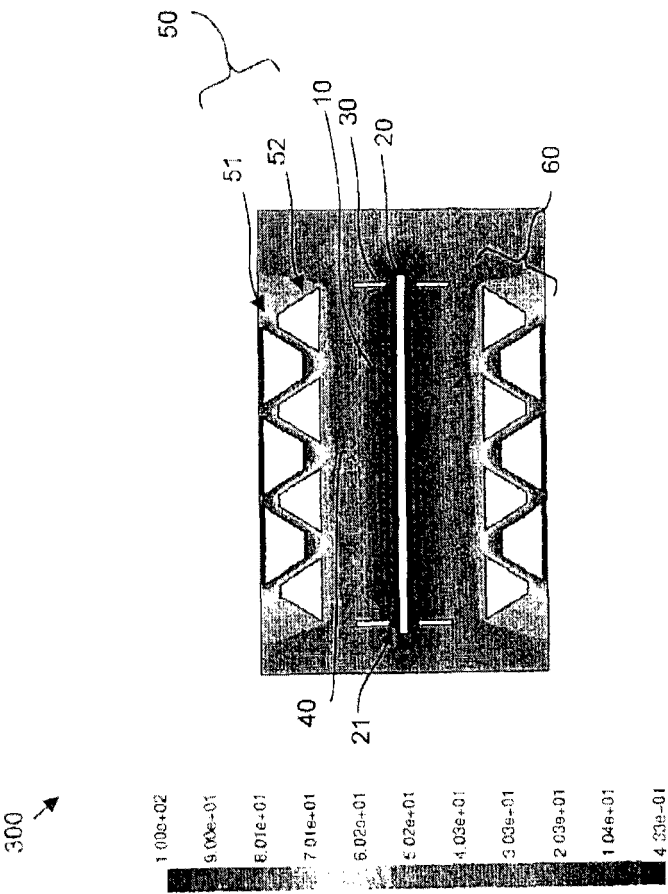


图 4

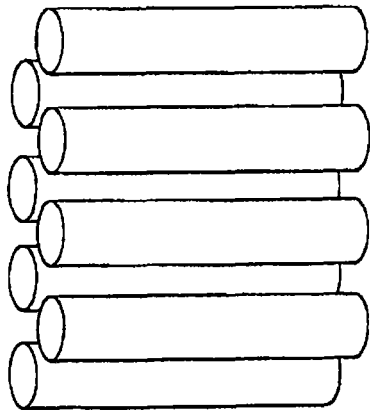


图 5c

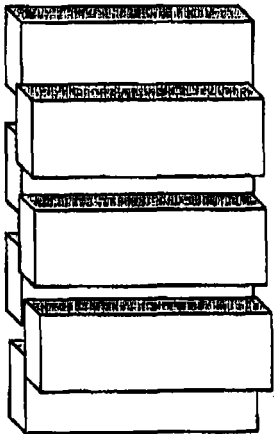


图 5e

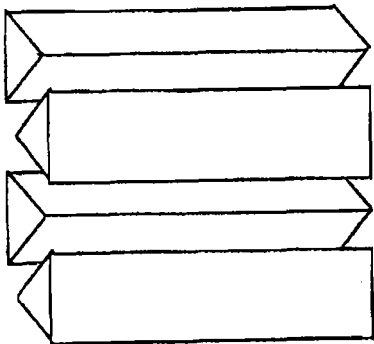


图 5b

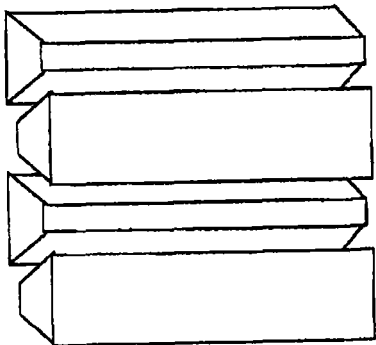


图 5a

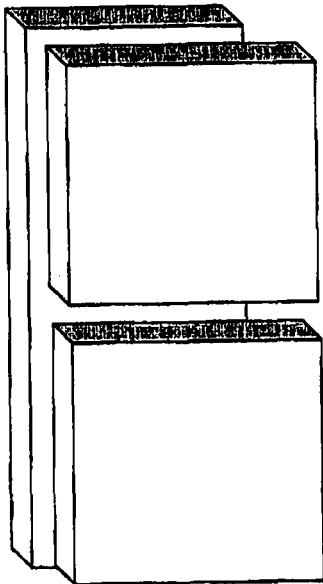


图 5d

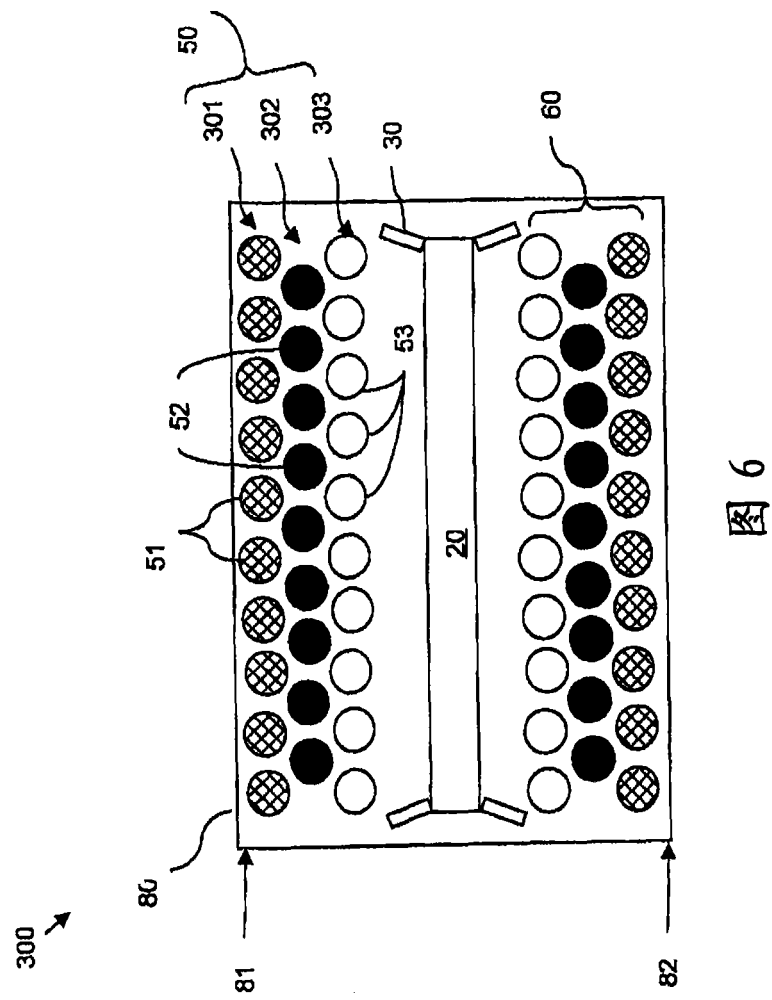


图 6

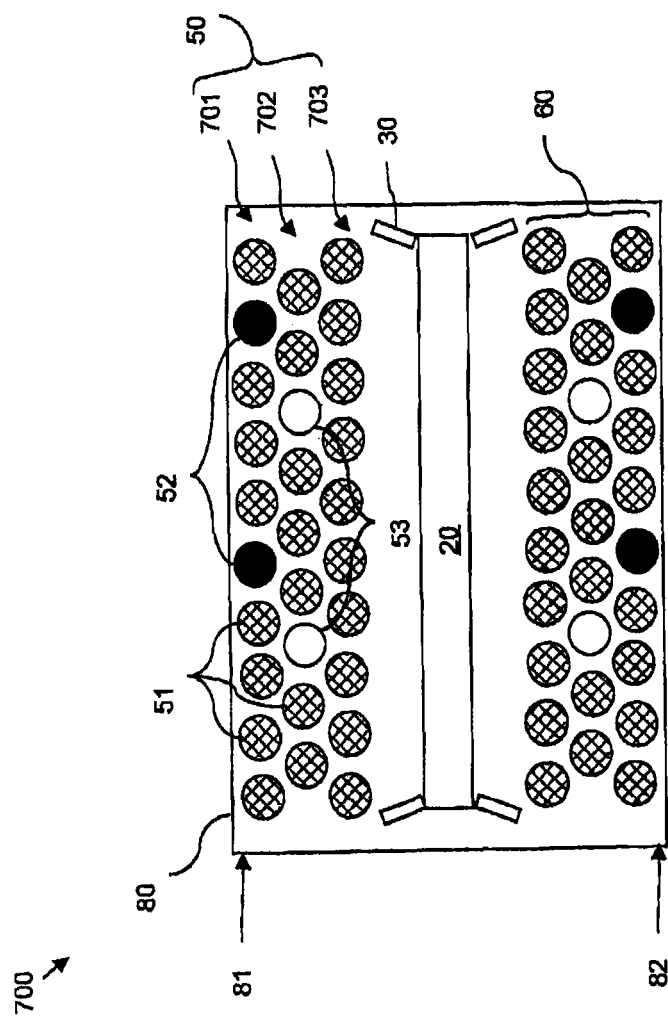


图 7

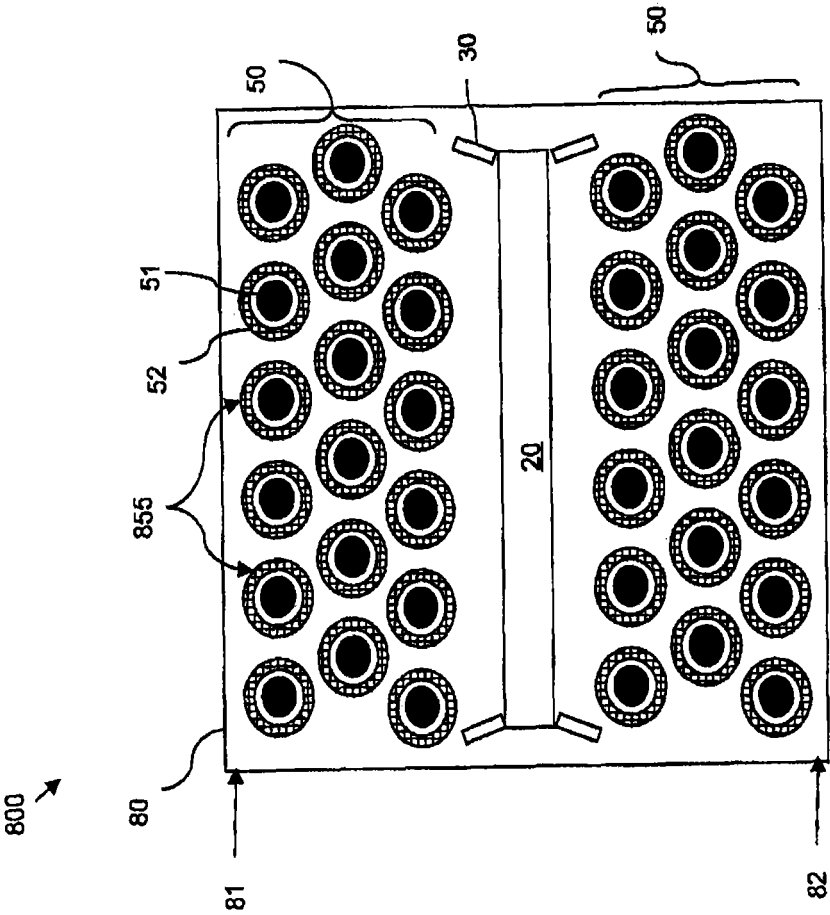


图 8a

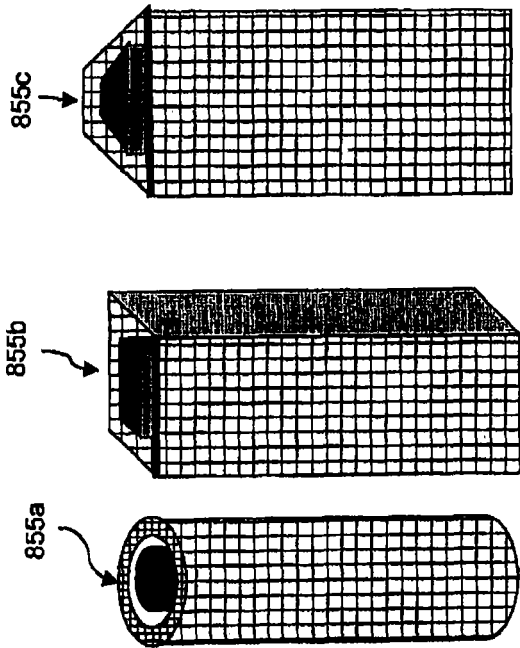


图 8b

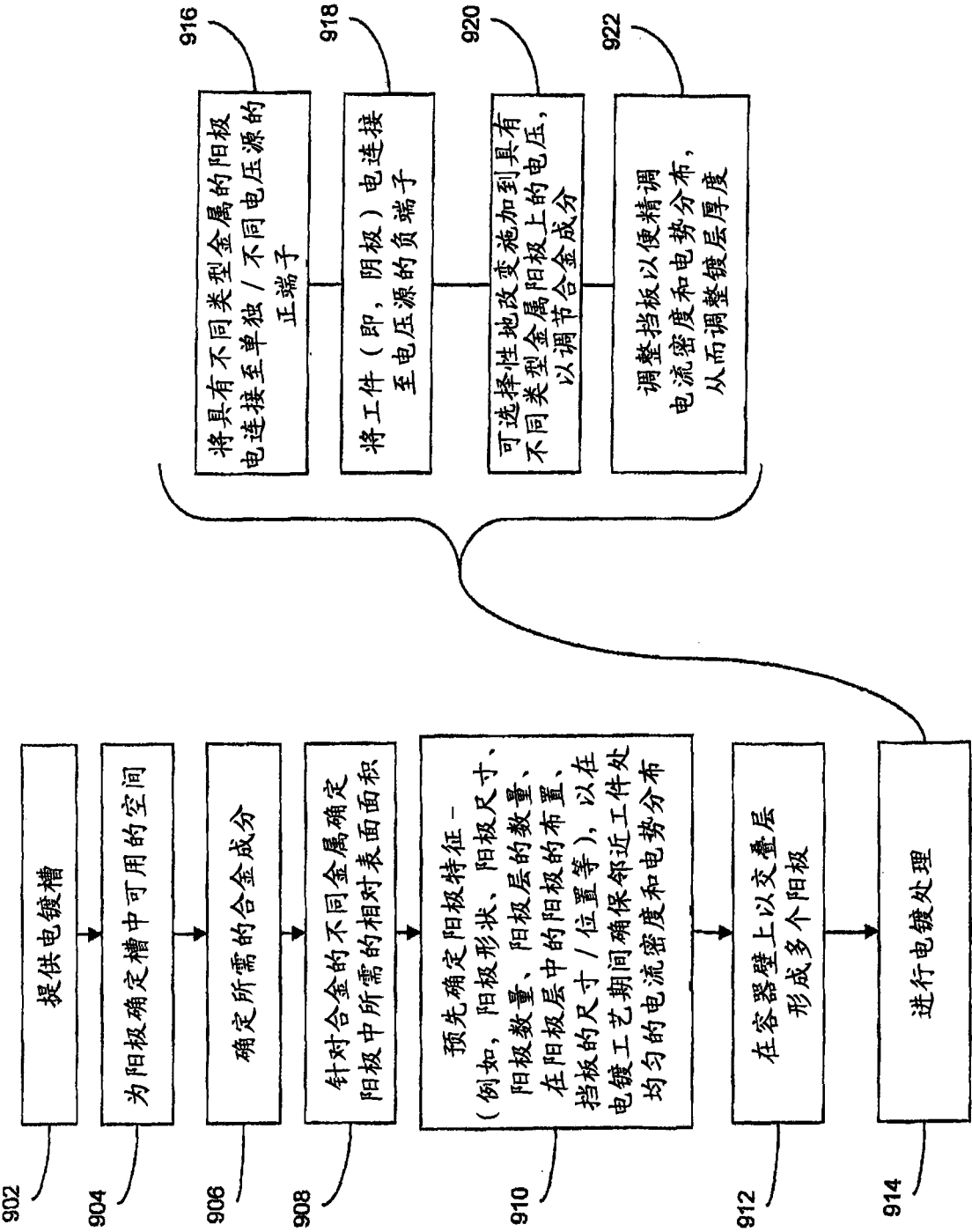


图 9