



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105814233 B

(45) 授权公告日 2021.01.26

(21) 申请号 201480068275.7

(22) 申请日 2014.12.01

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105814233 A

(43) 申请公布日 2016.07.27

(30) 优先权数据
14/105589 2013.12.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2016.06.13

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/067906 2014.12.01

(87) PCT国际申请的公布数据
W02015/088804 EN 2015.06.18

(73) 专利权人 普莱克斯 S.T.技术有限公司
地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 J.萨卡 P.吉尔曼

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 刘辛 杨思捷

(51) Int.Cl.
C23C 14/34 (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)

审查员 杨甜甜

权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

扩散结合的铜溅射靶组件

(57) 摘要

本发明涉及具有99.9999% (6N) 或更高的Cu纯度水平的高纯度扩散结合的铜 (Cu) 溅射靶。本发明的靶组件展现足够的结合强度和微观结构均一性,对于常规的6N Cu靶组件而言,上述二者之前被认为是互相排斥的性质。晶粒结构的特征在于不存在合金化元素,且结合界面通常是平的而没有任何类型的中间层或互锁布置。

1. 溅射靶组件,其包括:

背板;和

含铜靶,其由配置以生产覆盖有Cu膜的300 mm或更大直径的晶圆的至少0.8英寸的厚度和至少19英寸的直径限定,所述靶直接扩散结合至所述背板以产生基本上平的界面,所述界面的特征在于不存在中间层和空隙,所述界面具有足以在至少20 kW的功率水平下溅射的期间防止所述靶从所述背板剥离的结合强度;

所述靶基本上由99.9999 wt% Cu (6N Cu)或更高组成,其中所述靶的特征在于不存在合金化稳定剂元素;和

其中所述靶包含平均晶粒尺寸等于或小于30微米的晶粒。

2. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述靶包含小于或等于1 ppm的全部金属杂质。

3. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述靶的所述晶粒以(111)、(200)、(220)和(311)取向配置,具有各个所述取向的所述晶粒的量小于50%。

4. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述组件具有1280 磅力或更大的结合强度。

5. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述平均晶粒尺寸具有不超过+/- 2.9%的变化。

6. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述晶粒在所述界面处具有局部微观结构,且远离所述界面定位的所述晶粒具有主体晶粒结构,在所述界面处的所述局部微观结构基本上类似于所述主体晶粒结构的微观结构。

7. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述靶具有16微英寸的表面粗糙度。

8. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其配置在溅射工具内。

9. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述背板包括至少90的洛氏硬度R_B。

10. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述溅射功率水平为至少20 kW。

11. 根据权利要求1所述的溅射靶组件,其中所述平的界面基本上不含空隙和夹杂物。

12. 根据权利要求6所述的溅射靶组件,其中在所述界面处的所述晶粒尺寸与所述靶坯的晶粒尺寸保持基本不变。

13. 根据权利要求6所述的溅射靶组件,所述晶粒具有微观结构,其特征在于在所述靶组件的所述界面处和主体区域中不存在粗晶粒。

14. 由根据权利要求1所述的溅射靶组件生产的膜,其与在所述界面处具有粗晶粒的靶相比具有改善的R_s均一性。

15. 根据权利要求14所述的膜,其中所述膜具有不大于5.5%的R_s。

16. 溅射靶组件,其包括:

背板;和

含铜靶,其由配置以生产覆盖有Cu膜的300 mm或更大的晶圆的至少0.8英寸的厚度和至少19英寸的直径限定,所述靶直接扩散结合至所述背板以产生基本上平的界面,所述界面具有足以在至少20 kWh的功率水平下溅射的期间防止所述靶从所述背板剥离的结合强度;

所述靶基本上由99.9999 wt% Cu (6N Cu)或更高组成,其中所述靶的特征在于不存在

合金化稳定剂元素；

所述靶具有平均晶粒尺寸等于或小于约30微米的晶粒，所述平均晶粒尺寸具有不超过 $\pm 2.9\%$ 变化的变化；

其中所述晶粒在所述界面处具有局部微观结构，且远离所述界面定位的所述晶粒具有主体晶粒结构，在所述界面处的所述局部微观结构基本上类似于所述主体晶粒结构的微观结构。

17. 根据权利要求16所述的溅射靶组件，其中所述界面包括凹槽。

18. 根据权利要求16所述的溅射靶组件，其中所述靶由靶坯获得，所述靶坯的特征在于不存在粗晶粒。

扩散结合的铜溅射靶组件

[0001] 发明领域

[0002] 本发明涉及新型且改善的高纯度铜溅射靶。具体地,本发明涉及具有99.9999%或更高的铜纯度水平的独特的扩散结合的溅射靶组件。

[0003] 发明背景

[0004] 至少99.999 wt.%纯度的高纯度铜(Cu)(称为5N Cu)可用于生产高纯度Cu互连线(interconnects)以用于集成电路。所得靶的Cu纯度对于维持Cu线的低电阻率是重要的。互连线可通过溅射来自Cu靶组件的5N或更高纯度Cu材料来产生。典型地,该组件可通过将高纯度Cu靶坯或盘扩散结合至高强度合金背板来制备。较细的晶粒尺寸可改善Cu靶溅射性能。例如,较细的晶粒尺寸可允许靶溅射更快且可导致更少的颗粒夹杂物结合到沉积膜中。较细的晶粒尺寸(例如50微米或更小)还可改善所得膜的性质,包括薄膜电阻率(R_s)和厚度均一性。

[0005] 集成电路的技术进步如今驱动对于甚至更高纯度Cu互连线的的需求。现今的Cu互连线要求更高的电导率,这驱动对于99.9999 wt.% (6N Cu)的靶的需求。从200 mm变换到300 mm晶圆需要6N或更高Cu靶组件比之前用于生产200 mm晶圆的前驱体靶组件显著更厚且直径更大。

[0006] 然而,对于制造6N及更高Cu靶仍有设计挑战。与具有5N纯度的Cu靶组件(其包含更多在退火和重结晶期间可有效固定或钉扎(pin)晶粒间界的溶质)相反,6N及更高Cu纯度水平的晶粒尺寸和晶粒生长的控制变得极其困难,部分因为6N及更高Cu纯度水平不能包含与5N Cu材料中包含的相同量的合金化溶质。在这些更高纯度水平下,铜特别易于晶粒生长,其中在整个材料中分散的一些晶粒比基质生长更快。随着晶粒生长,它们消耗更小的基质晶粒直至整个结构产生大的晶粒尺寸,其可超过250微米(μm)。为了减轻晶粒生长问题,可在临界温度(在此温度将不会发生异常晶粒生长的开始)以下制造高纯度Cu靶。然而,典型地,扩散结合用以在靶-背板界面处产生足够结合强度所需的最低温度高于该临界温度。结合强度必须足够高以使得在靶溅射期间不发生靶从背板的剥离(debonding)。随着溅射功率水平继续增加,对于更高结合强度的需求变得更加关键。此外,更高功率溅射条件产生相当多的热以引起在靶的溅射表面处的局部晶粒生长。

[0007] 总的来说,与5N Cu靶组件不同,6N或更高纯度Cu靶组件实现并维持细的晶粒尺寸的能力连同足够的结合强度是相互矛盾的设计属性。换句话说,在6N或更高纯度Cu靶组件的情况下,可接受的细的晶粒尺寸不能以较低且不可接受的结合强度为代价来实现,且反之亦然。扩散结合中涉及的较高温度改变在预结合处理期间获得的微观结构。即使在靶坯制造期间可实现晶粒尺寸和所需的随机晶粒取向,目前的扩散结合技术也使这些属性损失了。实际上,6N及更高纯度Cu靶坯的扩散结合可使晶粒尺寸几乎加倍。

[0008] 目前可获得尝试提供细的晶粒尺寸而不引起结合强度损失的若干种高纯度Cu靶。例如,目前利用单片(monolithic)6N Cu靶。本行业中所认知的单片靶是指没有固定至背板的靶。采用这种方式,消除了不可接受的结合强度的设计挑战,由此允许在较低温度下制造靶坯以防止晶粒生长。然而,不存在高强度背板意味着靶可弯曲并在溅射期间引起翘曲。使

用6N及更高纯度Cu(其在越来越高的功率水平下被溅射)加重了这个问题。鉴于溅射较大尺寸晶圆所需的靶直径的不断增加,此类不具有背板的单片溅射靶变得较不可行。从而,6N或更高纯度单片Cu靶对于现今的要求高的溅射应用不是切实可行的。

[0009] 可获得若干种6N或更高纯度铜靶-背板组件。然而,没有一种是不充分的(inadequate)。例如,已采用添加微合金至超过99.999 wt.%的Cu靶以试图在扩散结合的高温 and 随后的溅射功率水平期间维持并稳定细晶粒微观结构。尽管微合金添加剂(additions)可允许扩散结合在高温下发生而没有在该高温下的晶粒生长,但是所述添加剂是成问题的,因为它们此刻被引入靶中的不合意的污染源。溅射过程可引起微合金添加剂变为结合到所得的沉积膜内。此外,若干最终用途应用要求利用6N或更高纯度Cu的靶组件,其不能容许任何量的引入其中的合金化(元素)。因此,已证明对于不具有合金化元素的6N或更高纯度Cu靶组件的需求是挑战性的,因为对于在较高温度下晶粒间界移动以形成大晶粒不存在抵抗。

[0010] 在维持6N或更高纯度Cu靶组件而没有微合金化的尝试中,必须降低结合温度。在这方面,可获得利用中间层来提供必需的结合强度的若干种高纯度Cu靶组件。例如,作为结合过程的一部分,通常在界面处利用银中间层。然而,使用银中间层所需的温度足够高以在结合界面处引起局部晶粒粗化。可发生微观结构控制的损失。使用其它中间层也出现该问题,使得它们使用所需的温度已被证明太高而不能维持晶粒结构稳定性。

[0011] 也已利用将靶焊接至背板,特别是具有较低熔点的那些焊接材料(solder materials)。然而,已证明焊料结合(solder bond)是弱的且容易在溅射操作期间剥离。此外,与较低熔点焊料相关的相对较低的温度减小了靶的溅射温度范围。因此,焊料结合的组件仅可在较低功率水平操作以防止6N或更高纯度Cu靶与背板分离。这是成问题的,因为在减小的功率水平下溅射降低溅射速率。

[0012] 针对生产机械互锁的界面(其可实现足够的结合强度而不发生晶粒生长)的设计目标,已使用有凹槽的界面。然而,有凹槽的靶界面在界面处包含空隙,其可导致靶的差的溅射性能以及较低材料利用率。此外,在组件的高压结合期间凹槽可退化(degrade),从而不利地影响结合结构的结构完整性,并潜在地缩短靶的有效使用期限。

[0013] 鉴于目前可获得的6N或更高纯度Cu溅射靶的缺点,对于用以在300 mm Cu覆盖晶圆的生产中保留细的微观结构而不损失结合强度的6N或更高纯度非合金化的Cu靶存在增长的需要。

发明内容

[0014] 本发明可包括采取各种组合的以下方面中的任何一种,并还可包括下面在书面描述中描述的本发明的任何其它方面。

[0015] 在第一方面,提供溅射靶组件。该组件包括背板和含铜靶。该靶由配置以生产覆盖有Cu膜的300 mm晶圆的厚度和直径限定。该靶直接扩散结合至背板以产生基本上平的界面。该界面的特征在于不存在中间层和凹槽。该界面具有足以在至少约20 kW的功率水平下溅射的期间防止靶从背板剥离的结合强度。该靶基本上由99.9999 wt% Cu (6N Cu)或更高组成且特征在于不存在合金化元素。该靶具有平均晶粒尺寸等于或小于约30微米的晶粒。

[0016] 在本发明的第二方面,提供溅射靶组件。该组件包括背板和含铜靶,所述含铜靶由

配置以生产覆盖有Cu膜的300 mm晶圆的厚度和直径限定。该靶直接扩散结合至背板以产生界面。该界面具有足以在至少约20 kW的功率水平下溅射的期间防止靶从背板剥离的结合强度。该靶基本上由99.9999 wt% Cu (6N Cu) 或更高组成。该靶的特征在于不存在合金化稳定剂元素。该靶具有平均晶粒尺寸等于或小于约30微米的晶粒。该晶粒尺寸具有不超过约 $\pm 2.9\%$ 的变化。在该界面处的局部微观结构基本上类似于主体晶粒结构的微观结构。

[0017] 附图简述

[0018] 将从以下本发明的优选实施方案的详细描述结合附图更好地理解本发明的目的和优点,其中在整个附图中相同的数字代表相同的特征,且其中:

[0019] 图1a和1b显示在结合界面处具有粗晶粒的常规的6N Cu靶组件;

[0020] 图2a显示根据本发明原理的6N Cu靶组件的数码照片;

[0021] 图2b是图2a的横截面宏观结构;

[0022] 图3a和3b显示图2a和2b的靶的微观结构的光学显微照片;

[0023] 图4a显示扩散结合至背板之前具有粗晶粒的靶坯;

[0024] 图4b显示扩散结合至背板之前不具有粗晶粒的靶坯;

[0025] 图5显示本发明的靶组件的超声结合覆盖图 (coverage map); 和

[0026] 图6显示在各种功率水平下作为使用期限的函数的Cu薄膜 R_s 均一性变化(%; 1标准偏差)。

[0027] 发明详述

[0028] 将从以下结合的 (in connection) 本发明优选实施方案的详细描述更好地理解本发明的目的和优点。本公开内容涉及新型含铜溅射靶组件。本发明的组件特别适于要求6N或更高Cu纯度的300 mm晶圆应用。本文采用各种实施方案并参考本发明的各种方面和特征来陈述本公开内容。

[0029] 通过以下详细描述更好地理解本发明各种要素的关系和功能。该详细描述考虑了采用各种排列和组合的特征、方面和实施方案,因其在本公开内容的范围内。因此,本公开内容可指定为包含以下、由以下组成或基本由以下组成:这些具体的特征、方面和实施方案的任意此类组合和排列、或其选定的一种或更多种。

[0030] 如在此处及整个说明书中所用的,应理解术语“靶”是指当结合至背板时所得的靶结构。此外,术语“靶”将与“溅射靶”、“溅射靶组件”和“靶组件”可互换地使用。

[0031] 如在此处及整个说明书中所用的,术语“高纯度”意欲指6N或更高纯度Cu。

[0032] 如将描述的,本发明克服了现存的设计挑战,所述挑战已阻碍了具有从5N增加到至少6N或更高的纯度水平的Cu靶组件的成功设计和构造。6N或更高的常规Cu靶组件仅可以损失所需的微观结构晶粒控制为代价来产生足够的结合强度。在这方面,且为了说明常规6N或更高纯度靶组件的这种短处,图1a代表现有的扩散结合的6N或更高 Cu靶组件。具体地,图1a显示常规6N Cu靶组件100的数码照片,其包括扩散结合至背板120的靶110。由于在靶坯扩散结合至背板期间所采用的高温下发生的晶粒生长,组件100在界面130处包含粗晶粒。通过图1b的光学显微照片中提供的更大放大倍数可清楚地看到粗晶粒。图1b显示在结合界面130处的非均一尺寸的粗晶粒。图1b还显示远离界面130包含在靶110的主体材料中的粗晶粒。与靶坯的晶粒相比,粗晶粒增加了2倍。

[0033] 与图1a和1b中显示的常规高纯度铜靶组件相反,本发明的Cu靶组件具有足够的结合强度而没有损失微观结构控制。从而,本发明针对6N或更高纯度的高纯度Cu靶组件,其提供优异的在较高溅射功率水平下的溅射性能和使用期限以生产高质量膜。

[0034] 根据本发明的示例性高纯度6N Cu靶组件显示在图2a中。图2a显示6N Cu靶组件200的溅射面201,所述靶组件200配置在溅射工具204内。组件200包括直接结合至铜合金背板203的6N Cu靶202。如图2a中所示的6N Cu靶202由配置以生产覆盖有Cu膜的300 mm晶圆的约0.9英寸的厚度和约19英寸的直径限定。应理解本发明对于6N Cu靶考虑其它厚度和直径。例如,本发明的6N Cu靶具有在0.25至1.25英寸或更大、优选0.5英寸至1.25英寸、且更优选0.75英寸至1.125英寸的范围内的厚度。6N Cu靶具有在15英寸至24英寸或更高、优选15至21且更优选15至19.5的范围内的直径。

[0035] 仍参考图2a,靶组件200已经历溅射至一定程度,在此程度约50%的靶在溅射期间从20 kW的起始功率逐渐增加到40kW并随后到56kW的功率水平下已被腐蚀。图2a显示了在使得约50%的靶被腐蚀的约850 kWh的使用期限后靶溅射面的状态。如在图2a中可看到的,在850kWh后沿着靶202的溅射面201没有发生可见的宏观晶粒粗化。结合强度足以防止靶202的剥离和翘曲。图2显示靶202保持与背板203充分结合。6N纯度Cu在此类功率水平下维持结合强度及还有避免铜晶粒沿着界面和主体区域粗化的能力是优于常规6N或更高纯度Cu靶组件的显著改善,所述常规6N或更高纯度Cu靶组件通常仅能够以晶粒粗化为代价来维持结合强度,或者,供选地,以不足的结合强度(即翘曲和/或剥离)为代价来保留细的晶粒尺寸结构。靶组件200承受此种高溅射功率经许多小时的能力至少部分取决于结合强度。本发明的结合强度足以在溅射至约1750 kWh的最终使用期(end life)期间防止靶从背板剥离。在优选的实施方案中,本发明针对1280磅力(lbf)或更高且更优选1500 lbf或更高的结合强度。图2a的靶的测量结合强度经测量为具有约2550磅力(lbf)的平均结合分离力(separation force)。评价此种结合分离力的技术描述于美国专利No. 6092427中,其通过引用以其全部内容并入本文。该结合强度在拉伸试验中等同于23 ksi。

[0036] 采用这种方式,本发明通过提供可展示之前被认为互相排斥的性质的独特的6N Cu靶组件解决了本行业中的一个普遍问题。图2a显示了靶组件的结构完整性和粗晶粒的不存在将允许继续溅射(若期望的话)。

[0037] 图2b是显示图2a的组件200的横截面宏观结构的数码照片。沿着结合界面205没有发生晶粒粗化。此外,在靶201的主体区域没有发生晶粒粗化。晶粒具有约30微米的平均尺寸,其变化不超过 $\pm 2.9\%$ 。应理解本发明还考虑在约20至50微米、优选20至40微米且更优选25至35微米范围内的平均晶粒尺寸。先前的6N或更高纯度靶组件已展示不可接受的微观结构,且特别是沿着结合界面。此外,先前的6N Cu靶组件在本发明的较高厚度和直径下不能实现细的晶粒结构。

[0038] 本发明的另一积极属性是维持从6N Cu靶组件的界面至主体区域的微观结构均一性的能力。在这方面,图3a和3b显示图2a和2b的靶201的微观结构的光学显微照片。图3a显示在靶301和背板303之间的界面305周围的局部微观结构。图3b显示在靶的主体材料302中的局部微观结构。正如可看到的,紧邻界面305的局部晶粒结构301(图3a)基本上类似于远离界面305延伸的主体晶粒结构302的晶粒结构(图3b)。

[0039] 此外,且重要的是,在界面305处的局部晶粒结构(图3a)和远离该界面延伸进入主

体晶粒结构的晶粒结构(图3b)与6N靶坯401的晶粒结构(图4b)保持基本不变。图4b显示靶坯中没有粗晶粒。靶坯401的晶粒具有(111)、(200)、(220)和(311)取向,具有各个此类取向的晶粒的量少于50%。靶坯401的晶粒采取不产生优选的晶粒取向或构造(texture)的方式基本上是非等轴的。有利地,本发明能够将靶坯401的细的晶粒结构保留到具有均一的、细的晶粒结构的图2a和2b的扩散结合的组件200中。

[0040] 相比之下,图4a显示包含粗晶粒404的6N Cu靶坯402,特别是在边缘处,但也在整个主体材料中。在扩散结合过程中采用此种靶坯402维持或恶化所得的结合靶组件中的晶粒不均一性,使得产生粗晶粒的许多局部区域或小块区域(pockets),其对于溅射是不合适的。因此,本发明认识到维持靶坯中的6N或更高的纯度水平的需求。

[0041] 根据本发明的原理,晶粒不存在微合金化稳定剂。与常规6N Cu及更高靶不同,本发明已出乎意料地展示了控制晶粒尺寸和晶粒结构而没有引入合金化溶质以牵制(pin down)晶粒移动的能力。常规6N或更高纯度Cu靶通常依赖于合金化,以抵消在扩散结合期间生长更大尺寸和更不均一尺寸的晶粒间界移动和晶粒的转变(transformation)。与5N Cu材料相比,6N Cu材料包含数量级更少的溶质。6N及更高纯度Cu材料中的该合金化溶质的减少增强了在所需扩散结合温度下的晶粒迁移率。微合金化稳定剂的不存在转化成第二相合金沉淀物的基本不存在。采取这种方式,就溅射期间局部起弧的减少或消除而言,潜在地增强了本发明靶组件的溅射性能。此外,可使沉积层片(splats)(即大颗粒)的风险最小化。因此,在这方面,本发明的6N靶可胜过常规的6N靶。

[0042] 凭借不引入合金化材料或其它添加剂,结合靶组件中的聚集的金属杂质不超过约1 ppm。金属杂质可包括通常包含在用于制造靶坯的起始的6N Cu或更高纯度锭或坯(billet)材料内的任何金属,例如,通过举例方式,锰、铟、银、锡和镁。全部的金属杂质优选少于约1.0 ppm,更优选少于约0.90 ppm且最优选少于约0.85 ppm。

[0043] 在扩散结合期间避免异常的晶粒生长和在结合的6N Cu靶组件中以及在溅射期间保留细尺寸的晶粒结构而不引入微合金化稳定元素的能力(图2a和2b)是优于常规结合的6N Cu组件的显著改善。本发明的设计属性与常规6N或更高纯度铜靶组件形成鲜明对照,所述常规6N或更高纯度铜靶组件通常必须依赖于6N以下的纯度水平以实现受控的晶粒尺寸。

[0044] 优选地,本发明的界面205基本上是平的,由此界面205的特征在于不存在中间层。参考图2b,靶202的配合表面(mating surface)与背板203的配合表面发生直接结合使得两个配合表面的基本上全部区域彼此直接接触。在这方面,图5显示配合表面的超声扫描。蓝色和红色分布(profile)指示靶202和背板203之间的完全结合覆盖区域。平的界面205对于6N Cu及更高纯度水平是特别有利的,其中所得的结合组件200可展示若干优点。例如,相比于图1的6N Cu或更高靶组件或其它靶组件(其必须依赖于基本上不平的界面以沿着靶和背板的配合表面产生必需的结合强度),可实现6N Cu或更高纯度靶的增加的使用期限,由此靶201的增加的材料效率(material yield)是可获得的。此外,基本上平的界面可允许改善的溅射性能直至靶的使用期结束(end-of-life)而不会遭遇本行业中采用6N Cu和其它类型的靶通常所遭遇的任何等离子点火问题。

[0045] 基本上平的结合界面205的空隙和/或其中的夹杂物显著减少或不存在。空隙和/或夹杂物(例如CuO)的不存在结合细的晶粒尺寸(其特征是在界面处不存在粗晶粒)可改善溅射性能。此外,局部加热的可能性减少,由此在铜膜在300 mm晶圆上沉积期间减少或防

止层片缺陷的形成。如本文中所述的,层片是包含在沉积膜中的500微米或更大的大缺陷。层片通过缩短金属线影响设备效率(device yield)。诱导了现有互连线金属化过程中产生的显著量的全部膜内缺陷,层片型缺陷。

[0046] 此外,空隙和/或夹杂物的不存在结合在界面处的细的晶粒尺寸可提供增强的结合强度。总地来说,对于6N及更高纯度Cu靶,大的晶粒尺寸可导致软且低结合强度靶。低结合强度靶在过热和起弧期间容易发生机械故障。例如,归因于空隙和/或夹杂物的局部加热可导致显著的局部热梯度,其可使靶的低结合强度部分断裂和移动。移动的靶材料可产生层片。如可看出的,与常规6N或更高纯度Cu膜相反,保留界面处的细的微观结构和维持结合强度的能力提供改善的溅射性能的协同作用,其最终可改善沉积在300 mm晶圆上的Cu膜。

[0047] 尽管如图2b中所示的平的界面205是优选的且在溅射期间提供许多工艺益处,应理解本发明考虑对于一些溅射应用可能合适的其它类型的界面。通过举例方式,所述界面可由基本上平的界面变成更加有凹槽的或锯齿状的界面,由此沿着背板的配合表面的此类凹槽特征与沿着靶的配合表面的互补的凹槽互锁。有凹槽的界面的构造可通过本领域中已知的任何手段进行并可设计成包含任何形状和尺寸。

[0048] 如所提及的,申请人已展示本发明的6N靶组件可实现并维持足够的结合强度,由此在高达约56 kWh的功率水平下不发生剥离,而同时维持基本上均一的且细的晶粒尺寸结构,其与图4b中所示的前驱体靶坯保持基本不变。所述前驱体靶坯具有用于生产如在图4b中描述并显示的300 mm或更大直径晶圆所需的厚度和直径。此外,该坯不包含粗晶粒。

[0049] 靶坯通过热处理、热加工、冷加工和退火操作的组合从坯转化,所述组合采用提供加工的6N Cu材料的均一变形和应变的方式将起始坯厚度递增地(incrementally)减少至适于制备本发明的6N或更高纯度靶组件的靶坯厚度,以获得具有如图2a和2b中所述的必需的晶粒微观结构的靶坯。热加工条件包括在约400C至约650C,优选400C至500C且更优选400C至450C范围内的高温,持续期间在约1小时至约4小时,优选2小时至约4小时且更优选约2小时至约3小时的范围。热压可用于将坯的起始厚度降低至中间厚度。例如,直径7.0英寸且切断长度6.2英寸(即初始坯厚度)的6N纯度Cu坯可利用热压来热加工以获得在约27至约67%、更优选30至50%且最优选35至45%范围内的变形。在热压后可采用空气冷却。接下来,中间尺寸的坯优选经冷加工以获得在约60-90%、优选70-85%且更优选75-85%范围内的变形,以便产生靶坯直径和厚度。该坯随后以足以产生基本上均一的微观结构和尺寸而不发生二次重结晶的温度和时间进行退火。在一个实例中,退火条件在250-450°C、优选275-400°C且更优选300-350°C范围内持续1-8小时、优选2-7小时且更优选3-6小时的期间。

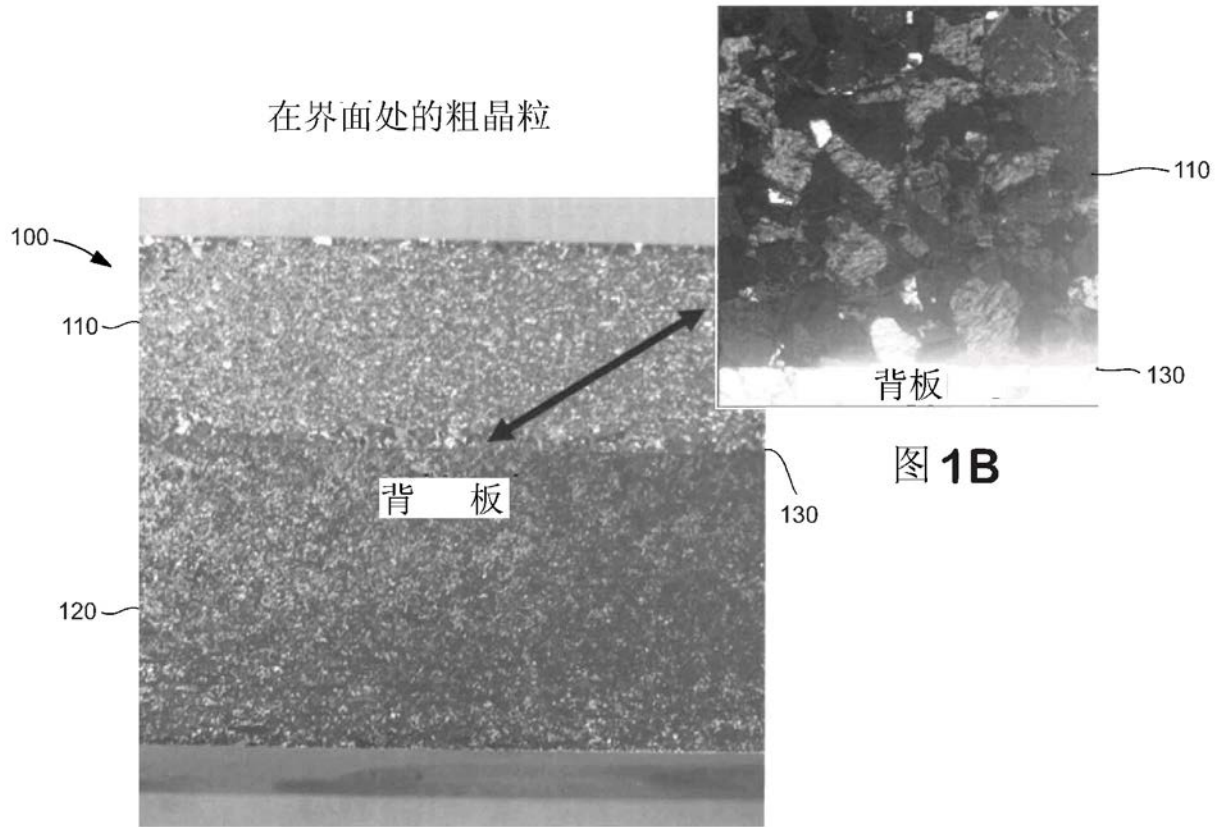
[0050] 生产如图4b中所示的坯后,可发生坯与背板的扩散结合。首先,通过已知方法将靶坯和背板(例如,铜合金背板)机械加工成所需的形状和取向。随后清洁机械加工的靶坯和机械加工的背板并将其真空密封于金属罐装置中。优选地,靶坯和背板的配合表面基本上是平的,且特征在于沿着所述配合表面不存在凹槽、锯齿状特征、夹杂物和/或空隙。随后可实施热等静压。将惰性气体(例如氩)引入腔室内,以产生约15-40 ksi、优选20-35 ksi且更优选25-30 ksi的压力。将温度增加至200-380°C、优选225-300°C且更优选250-300°C,持续1-7小时、优选2-6小时且更优选3-5小时的期间。在该建立的温度和压力循环期间,来自靶坯和背板的Cu原子相互扩散(inter-diffuse)以形成结合界面。特别重要的是,该温度不超过临界温度,在该临界温度下将发生靶坯的晶粒尺寸和结构的显著改变和/或变化。从而,

扩散结合采取保留界面处和主体结构中二者的细的晶粒尺寸和均一性同时凭借结合压力仍产生足够的结合强度的方式发生。随后,使结合组件回到室温并清洁表面,之后使用前面描述且如图5中所示的超声方法进行结合覆盖评价。

[0051] 图5的结合6N Cu靶组件的细的微观结构和结合强度转化成改善的溅射性能。特别地,可在图1a中所示的溅射工具中溅射6N Cu靶组件直至使用期结束,以在300 mm Si晶圆上产生高纯度Cu膜而不引起剥离和显著翘曲。此类改善的工艺益处可在约20 kW至约56 kW范围内的功率水平下引起。此外,可溅射靶组件而不在主体中或在结合界面处引起微观结构变化。

[0052] 图6显示沉积的Cu膜伴随膜中不存在层片(例如,500微米或更大)且具有受控的表面电阻率(R_s)均一性而产生。图6显示6N靶组件在20 kW的功率下溅射持续高达150 kWh的使用期限;随后在40 kW的功率下溅射持续高达225 kWh的使用期限;并随后在56 kW的功率下溅射持续高达1750 kWh的使用期限。利用如本领域已知的4点探针由49点测量获得 R_s 均一性。 R_s 均一性变化保持低于5.5%,其代表 1σ 的标准偏差。 R_s 均一性数据显示本发明的溅射靶组件可采取基本均一的方式溅射,以产生基本受控的 R_s 均一性数据。与常规6N或更高纯度Cu溅射靶相反,本发明具有相对小且均一的晶粒尺寸和足够结合强度的组合,其特征在于在其中不存在空隙和夹杂物,该组合能协同地相互作用以提供具有改善的溅射性能以用于将高质量Cu膜沉积到300 mm或更大直径的晶圆上的高纯度Cu靶组件以增强的性质。常规6N或更高纯度Cu靶组件不能在高功率溅射至使用期结束期间维持结合强度。或者,如果此类常规组件可维持结合强度,则发生晶粒粗化,许多区域具有例如100-200微米或更大。此类粗晶粒的存在负面地影响利用此类靶产生的薄膜的质量和均一性。此外,粗晶粒导致软的低结合强度靶,其在过热和起弧期间通常容易发生机械故障。此外,当厚度和直径增加到本发明用于生产能够将膜溅射到300 mm或更大直径晶圆上的靶的厚度和直径时,这些危害被放大。

[0053] 尽管已显示并描述了被认为是本发明某些实施方案的内容,当然,将理解可容易地进行形式或细节上的各种改进和改变而不偏离本发明的精神和范围。例如,尽管许多示例说明的实施方案涉及6N纯度Cu靶组件,应理解本发明的原理可应用于大于6N纯度水平的Cu靶组件以及具有适于大于300 mm晶圆的直径和厚度的靶组件。因此,意欲使本发明不局限于本文显示和描述的准确形式和细节,也绝不局限于本文公开且下文中要求保护的本发明的全部。



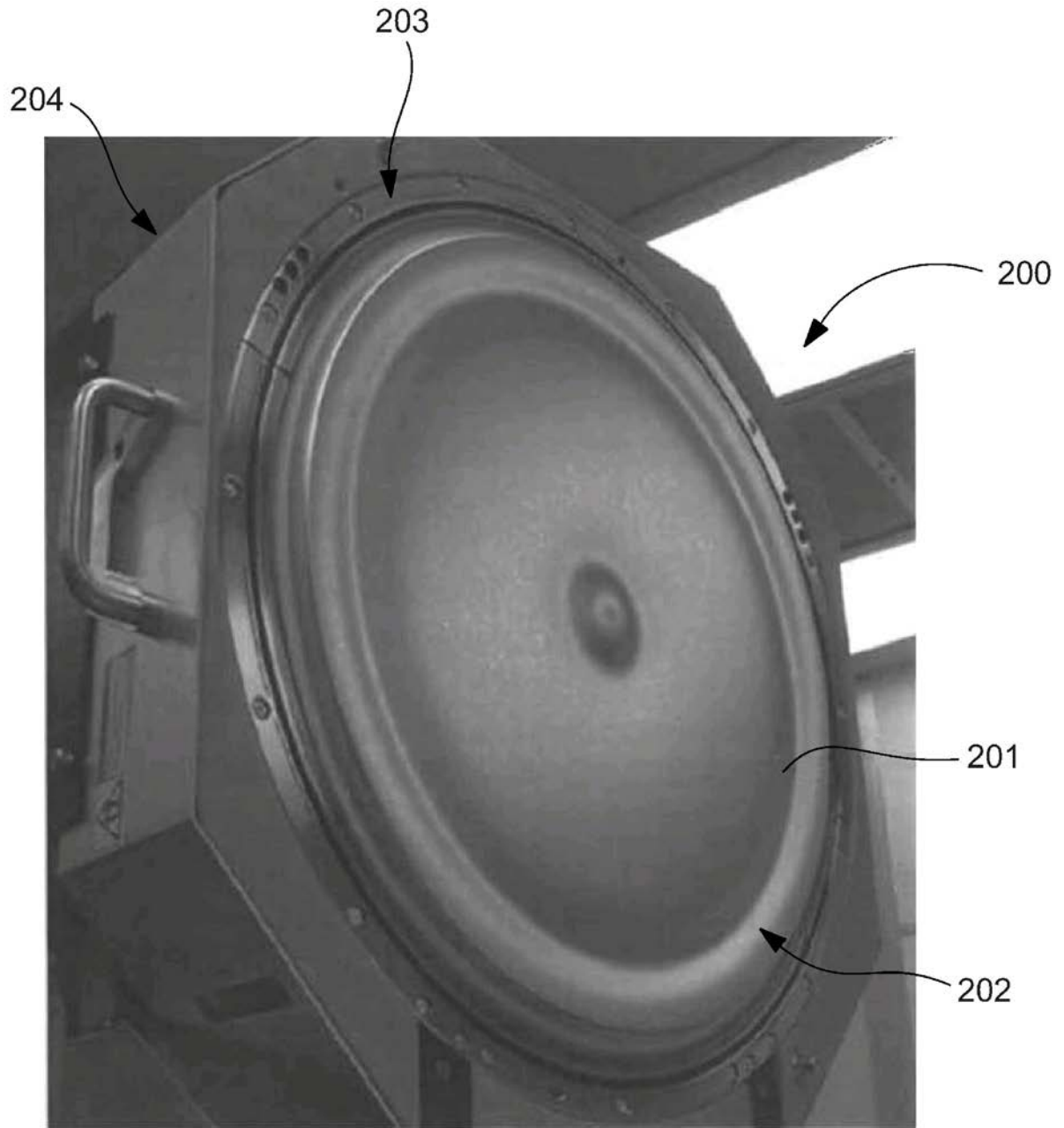


图 2A

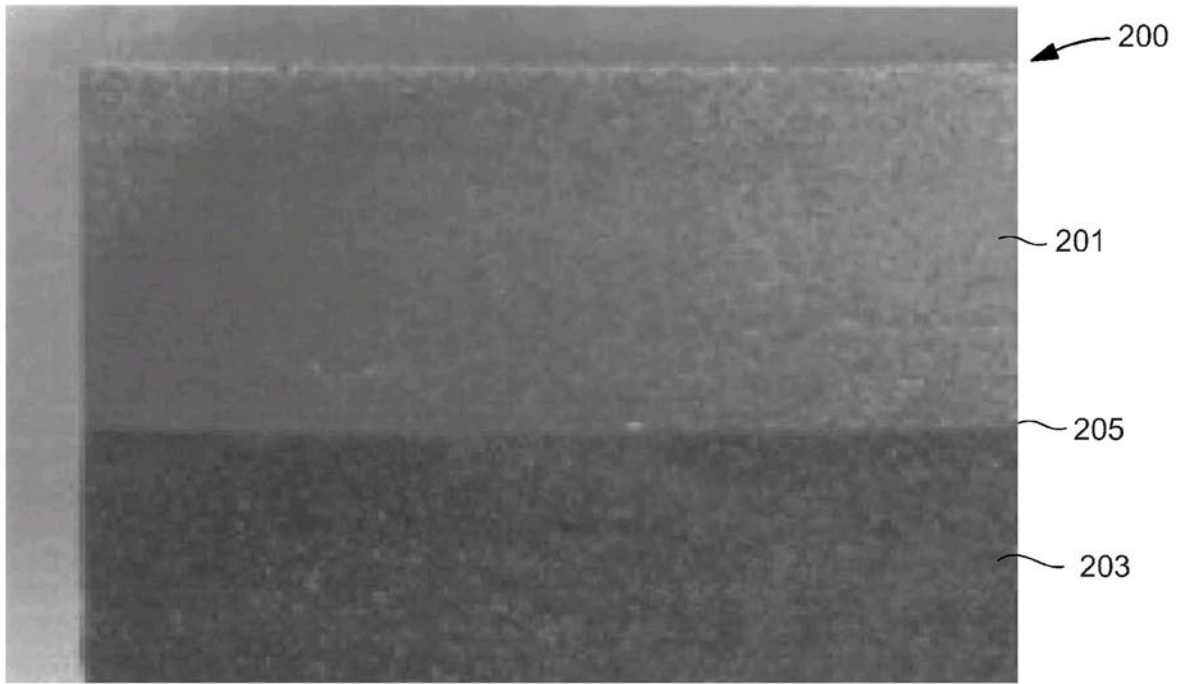


图 2B

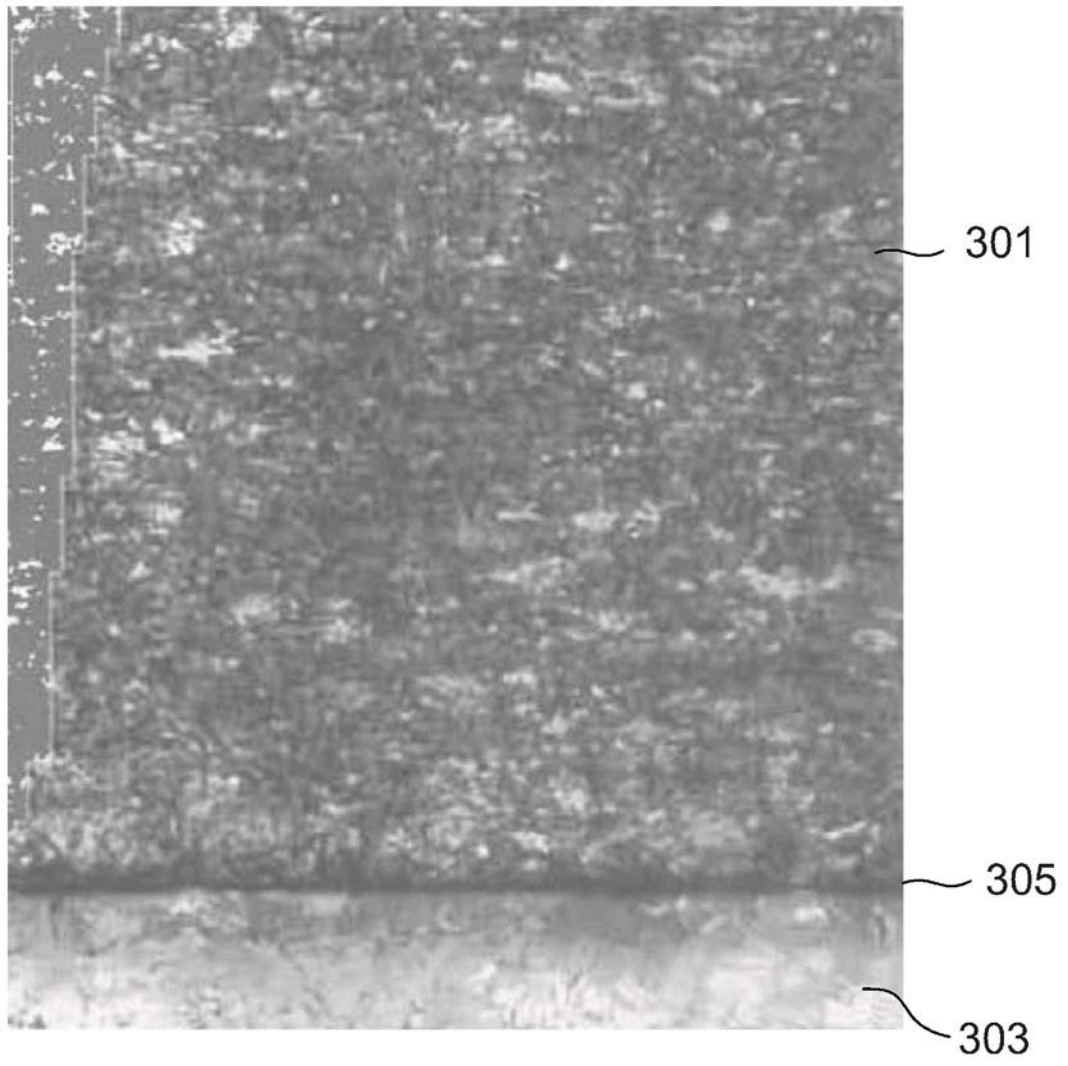


图 3A

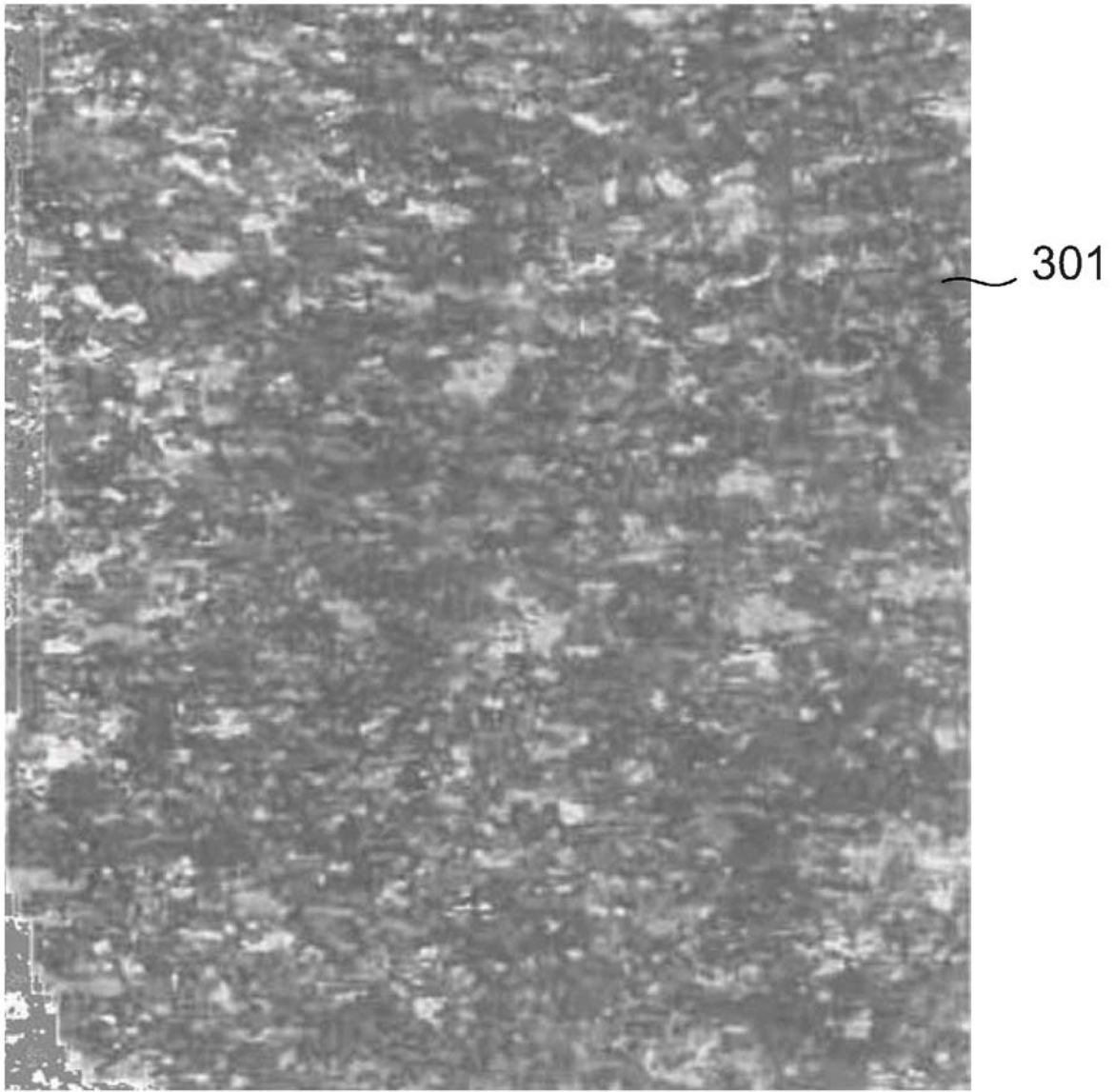


图 3B

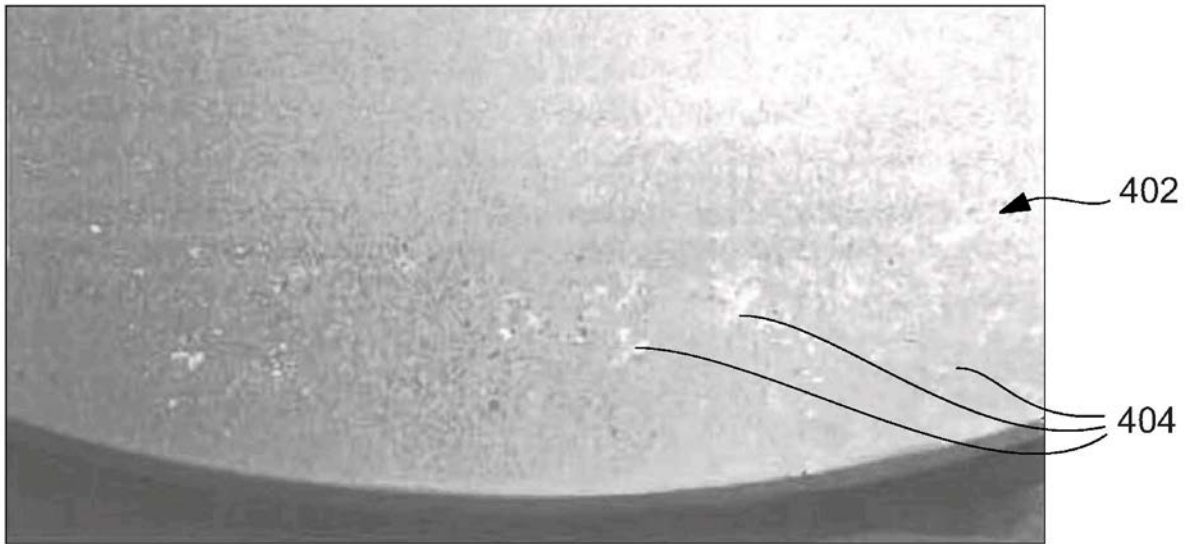


图 4A

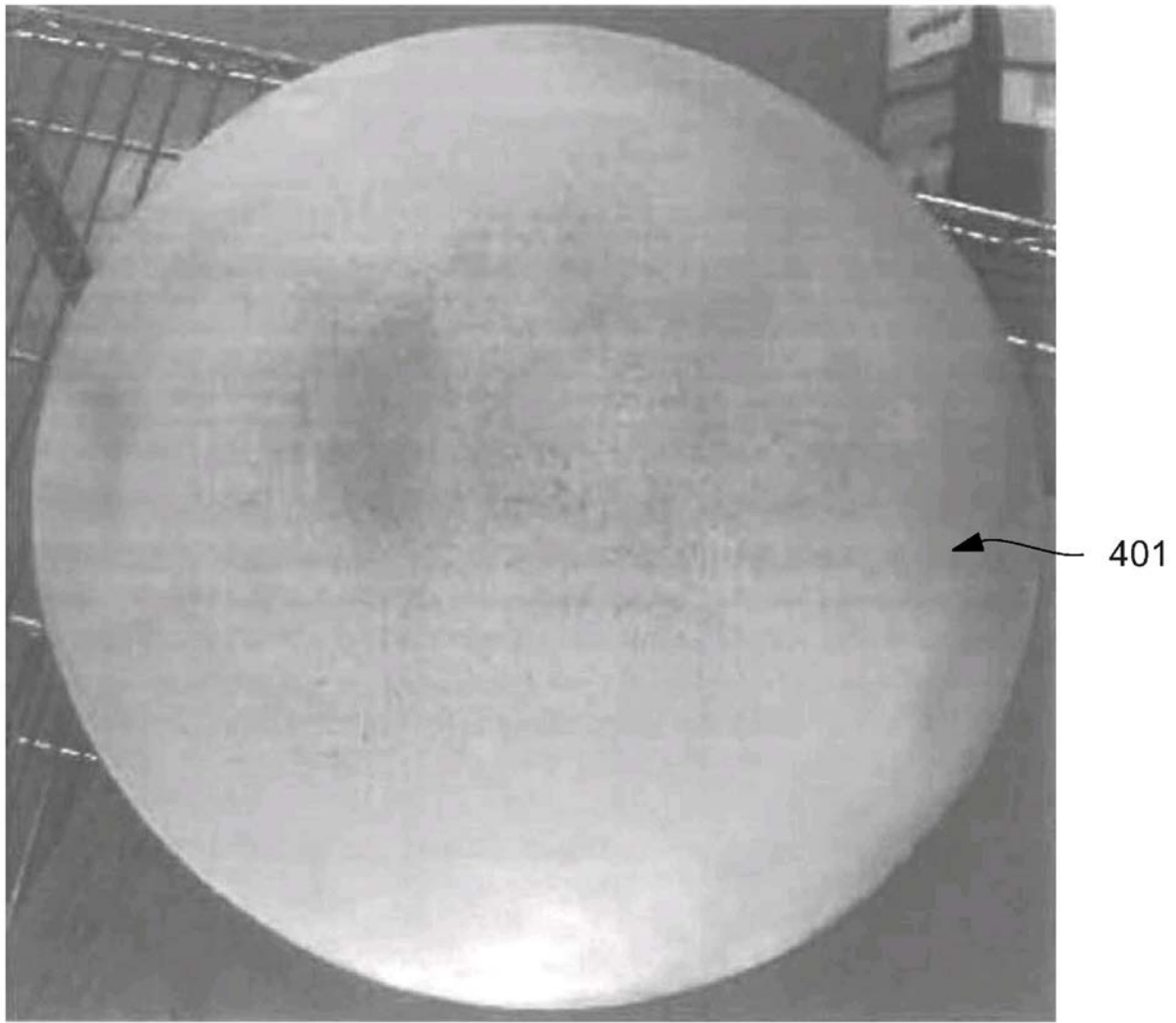


图 4B

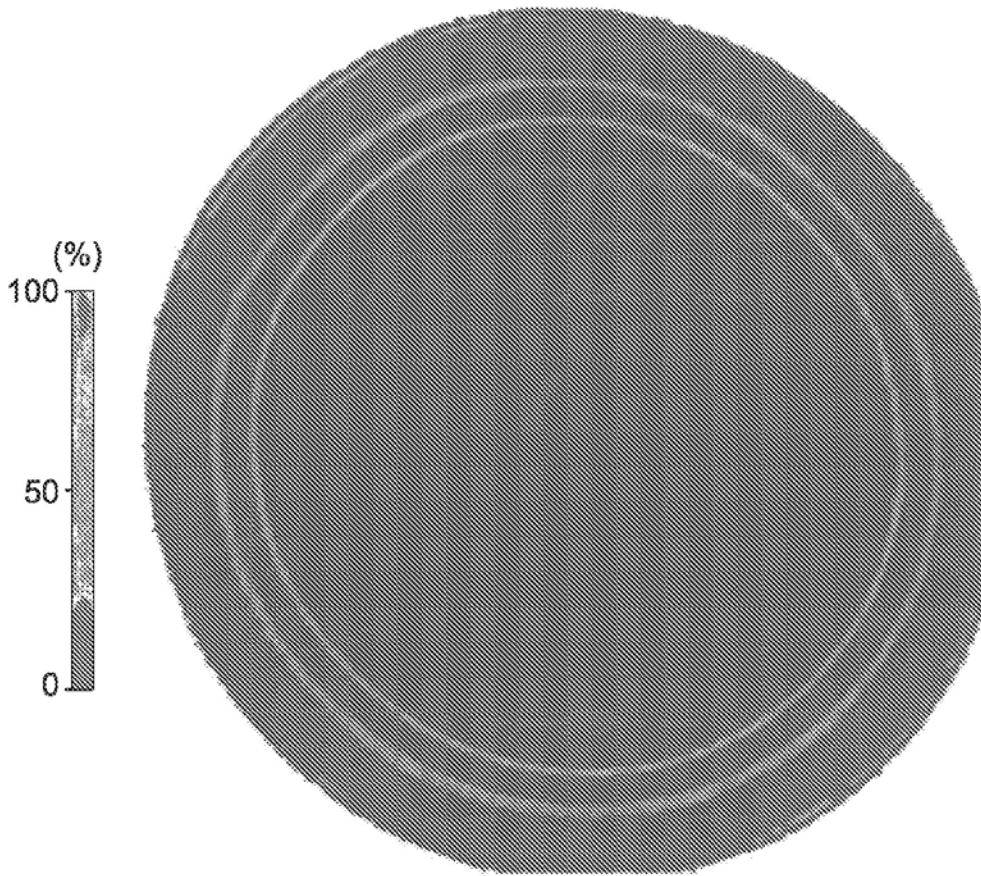


图 5

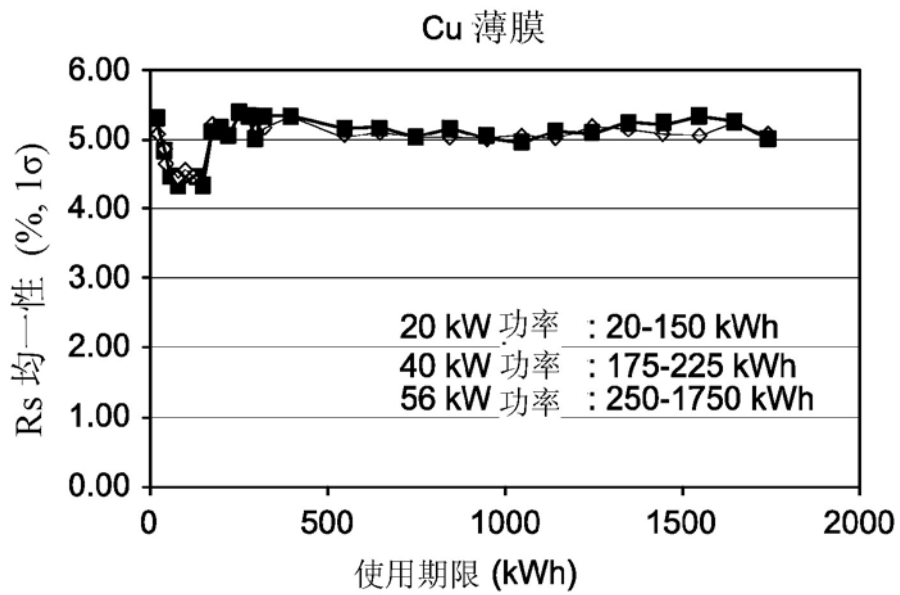


图 6