

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

H01J 37/32

H01J 27/14

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97198178.7

[43]公开日 1999年11月17日

[11]公开号 CN 1235695A

[22]申请日 97.7.24 [21]申请号 97198178.7

[30]优先权

[32]96.7.24 [33]GB [31]9615548.6

[86]国际申请 PCT/GB97/01992 97.7.24

[87]国际公布 WO98/03988 英 98.1.29

[85]进入国家阶段日期 99.3.24

[71]申请人 菲尔帕斯真空技术私人有限公司

地址 新加坡

[72]发明人 X·史 B·K·塔伊 H·S·谭

D·I·弗莱恩

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

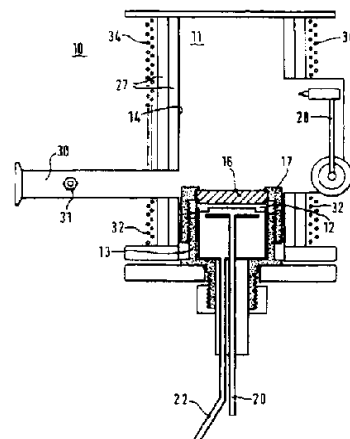
代理人 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 9 页

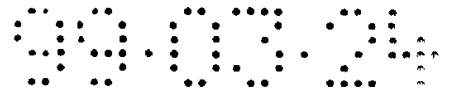
[54]发明名称 阴极电弧源和石墨靶

[57]摘要

阴极电弧源具有用于产生彼此相反或反向的第一和第二磁场的装置。所得到的磁场包括靶和衬底之间但接近于靶的零点。在零点垂直于靶的场强为零,而在零点平行于靶的场强很强。靶是通过没有粘合材料而在高温和高压下模压石墨粉末制成的。源和靶都对减小淀积膜中的宏观粒子起作用。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1、一种阴极电弧源包括石墨靶和用于在基本垂直于靶的方向产生具有零场强的磁场的装置。

5 2、根据权利要求1的源，用于从石墨靶产生正离子，所述离子是在基本上垂直于靶的前表面的方向发射的，其包括真空室和用于在真空室中产生磁场的装置，其特征在于磁场具有基本上垂直于靶的前表面的方向和在靶上面和真空室内部的位置上的零场强。

10 3、根据权利要求1或2的源，包括用于产生接近于靶并具有第一场方向的第一磁场的装置和用于产生远离靶并具有基本上与第一场方向相反的场方向的第二磁场的装置。

4、用于从石墨靶产生正离子的阴极电弧源，包括用于产生磁场的装置，其特征在于：

(1) 在靶的前表面，基本上垂直于该前表面的场方向指向该前表面；

15 (2) 在所述方向的磁场强度随着从靶到基本上垂直于所述前表面的零场强点的距离的增加而下降；和

(3) 从所述零场强的点，随着到靶的距离的增加，场方向远离靶的前表面。

5、用于从石墨靶产生正离子的阴极电弧源，包括用于产生磁场的装置，其特征在于：

20 (1) 在靶的前表面，基本上垂直于该前表面的场方向远离该前表面并指向衬底；

(2) 在所述方向的磁场强度随着从靶到基本上垂直于所述前表面的零场强点的距离的增加而下降；和

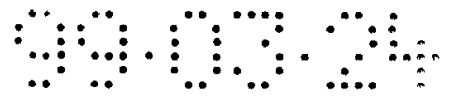
(3) 从所述零场强的点，随着到靶的距离的增加，场方向指向靶的前表面。

25 6、根据前述任一权利要求的源，包括中心地位于真空室内部的阴极，其中真空室的内表面是阳极。

7、根据前述任一权利要求的源，其中在基本上垂直于靶的方向的零场强的点，在基本平行于靶的方向的场强至少为 10mT。

8、根据权利要求7的源，其特征在于所述水平场的强度为 15-35 mT。

30 9、根据权利要求7或8的源，其特征在于零垂直磁场的点位于靶表面上方



的 2 和 6cm 之间。

10、根据前述任一权利要求的源，还包括用于产生径向电场以将从所述源产生的正离子聚焦成一束的装置。

11、在石墨阴极靶上起弧的方法，包括：

- 5 (1) 产生 (a) 具有第一场方向的第一磁场和 (b) 具有与第一场方向相反的第二场方向的第二磁场，以便产生从第一和第二磁场得到的磁场；和
(2) 在得到的磁场中起弧。

12、根据权利要求 11 的方法，包括改变用于产生第一或第二磁场的装置中的线圈电流以便改变得到的磁场，从而最优化起弧。

- 10 13、根据权利要求 11 或 12 的方法，包括使用第一磁场以控制来自通过宏观粒子过滤器的电弧的等离子体。

14、根据权利要求 11-13 的任一权利要求的方法，其特征在于第一和第二磁场基本上是同轴的。

- 15 15、根据权利要求 15 的方法，其特征在于第一和第二磁场基本上与从电弧发射的等离子体同轴。

16、用在阴极电弧源中的靶，包括在高温和高压力下模压的平均尺寸大于 2 微米的石墨粉末。

17、根据权利要求 16 的靶，是在基本不含有如沥青或柏油的粘合材料情况下被模压的。

- 20 18、根据权利要求 16-17 任一权利要求的靶，密度为 $1.7-2.0\text{g/cm}^3$ 。

19、根据权利要求 18 的靶，密度为 $1.8-1.95\text{g/cm}^3$ 。

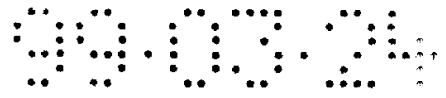
20、根据权利要求 16-19 任一权利要求的靶，是通过在至少 150°C 的温度和至少 400MPa 的压力下模压粒子尺寸 2-20 微米的石墨粉末得到的。

- 25 21、制备用在阴极电弧源中的石墨靶的方法，包括在 $450-620\text{MPa}$ 的压力下和 $130-330^\circ\text{C}$ 的温度下模压不含有如沥青或柏油的粘合材料的石墨粉末，以形成固体靶。

22、根据权利要求 21 的方法，包括在 $520-600\text{MPa}$ 的压力下模压石墨粉末。

23、根据权利要求 22 的方法，包括在约 550MPa 的压力下模压石墨粉末。

- 30 24、根据权利要求 21-23 的任一权利要求的方法，包括在炉子中在 $100-400^\circ\text{C}$ 的温度下预热石墨粉末。



说明书

阴极电弧源和石墨靶

5 本发明涉及阴极电弧源，特别涉及过滤式阴极电弧源。本发明还涉及石墨靶和制造石墨靶的方法，尤其是用在过滤式阴极电弧源的石墨靶。

本发明的源适用于有或没有过滤装置，特别是在本发明人的公布为 WO-A-96/26531 的国际专利申请 PCT/GB96/00389 中在先研制和介绍的双弯过滤器管。

10 过滤式阴极电弧源用于在衬底上形成薄金刚石类膜，金刚石来源于石墨靶。

现有技术源中公认的问题是它们的强电弧斑点产生大量宏观粒子，它们将污染从靶产生的等离子体，进而污染淀积的膜。减少膜中宏观粒子的问题一般建议在装置的靶和衬底之间采取措施用于过滤来自等离子体束的宏观粒子。

公知商业上的装置含有 45 度角的弯管以过滤来自等离子体束的宏观粒子。

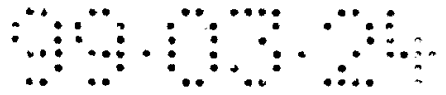
15 由本发明人介绍的国际专利申请 PCT/GB96/00389 中的装置表述了用于同样目的的双弯过滤器管。尽管此后者装置是特别有效的，仍希望提供替换的装置用于减少淀积膜中的宏观粒子。

制备商业上的石墨靶的公知方法是，把石墨粉末与如沥青等粘合材料粘接，然后在高温和高压下热模压以石墨化和硬化靶。公知石墨靶是来自 PURE TECH
20 INC.，其密度为约 1.8g/cm^3 。使用这种公知石墨靶产生典型为斑点状阴极电弧，并使用高电流密度。使用这种公知石墨靶，阴极电弧斑点通常直径为约 $1-10\mu\text{m}$ 。这种类型电弧斑点产生大量宏观粒子，它们会污染使用公知过滤式阴极电弧源产生的四面体无定形碳 (ta-C) 膜。

25 另一石墨靶是由剑桥大学通过在约 200-250MPa、在室温使用粒子尺寸约为 1 微米 (10^{-6}m) 的石墨制成的，密度约为 1.6g/cm^3 。在使用中，这种靶产生非常少的等离子体，因而过滤部分之后的淀积率非常低或为零。

另外使用公知石墨靶还观察到，随着电弧斑点不稳定地在靶表面上移动，而使靶的表面以不均匀的方式被消耗。靶表面上这种电弧的移动是不可控制的，并且在斑点接近于靶边缘时淀积率下降。

30 本发明力图提供分开的或结合在一起的阴极和阳极的新设计和新阴极靶，



消除或至少改善在现有技术中发现的一些问题。因此，本发明的目的是提供从阴极靶产生电弧的方法和装置，与现有技术相比，其使用中发射了极少的宏观粒子。

5 根据本发明的第一个方案，提供的阴极电弧源包括石墨阴极靶和用于产生基本垂直于靶、在靶表面上方具有零场强点的磁场的装置。

在本发明的实施例中，用于从阴极靶产生正碳离子的阴极电弧源，所述离子是在基本上垂直于阴极靶的前表面的方向被发射的，该阴极电弧源包括真空室和用于在真空室中产生磁场的装置，其中磁场具有基本上垂直于靶的前表面的方向和在靶上方和真空室内部的位置上具有零场强。该阴极电弧源最好包括
10 用于产生接近于靶并具有第一场方向的第一磁场的装置，和用于产生远离靶并具有与第一磁场方向相反的场方向的第二磁场的装置。所得到的真空室内部的磁场包括在基本垂直于阴极靶的前表面的方向中场强为零的点。

或者，第一和第二磁场相对于靶如此定位，即水平场在靶和衬底之间的区域增强；零点最好位于靶和衬底之间，但不是必需的。

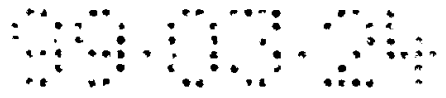
15 使用中，本发明的阴极电弧源产生具有减少数量的宏观粒子的一束正碳离子。因此本发明致力于怎样除去来自正离子的等离子体的宏观粒子的问题，其通过在源的真空室内部控制磁场，或从两个或多个磁场得到的磁场，从而从一开始就有很少的宏观粒子被产生。可以进一步减少宏观粒子的等离子体的过滤是一种方案，并且是本发明最佳实施例的特点。

20 因此本发明致力于怎样减少在宏观粒子形成的点上的宏观粒子数，而不是通过除去一旦形成的宏观粒子。

在本发明的具体实施例中，用于从石墨阴极靶产生正离子的阴极电弧源包括用于产生磁场的装置，其中：

- (1) 在靶的前表面，基本上垂直于该前表面的场方向指向前表面；
- 25 (2) 在基本上垂直于前表面的方向的磁场强度随着从靶到零场强的点或区的距离的增加而减弱；和
- (3) 从零垂直场强的点或区算起，随着增加距离靶的距离，场方向远离靶的前表面。

30 在这种设置中，从靶的前表面发射的正离子首先穿过其方向基本与正离子的方向相反的磁场，然后穿过在该方向磁场强度为零的点或区，然后再穿过其



方向基本与正离子的方向相同的磁场。后者磁场通常通过例如过滤装置可以用于控制正离子朝向衬底。

或者，在靶的前表面的磁场是远离靶而指向衬底，然后具有零垂直场的点或区，远离前表面后场方向反转，即指向靶。

5 这里，在基本垂直于靶前表面的方向的零场强度的点或区也称为零点。

在本发明的最佳实施例中，提供的阴极电弧源包括：冷石墨阴极靶，冷阳极，电弧电源，衬底，用于在阴极和阳极之间的电弧中产生正离子的装置，和用于在基本垂直于阴极靶的方向产生磁场的装置，其中该磁场在接近于靶并位于阴极靶和衬底之间的位置上具有零场强。任意地，在零场强的位置和衬底之
10 间，磁场方向指向衬底，在零场强的位置和靶之间，磁场方向指向靶。

所要求的磁场可以方便地从两个单独磁场得到，一个产生于靶或靶附近，另一个产生于靶和衬底之间的位置或其附近。两个磁场的叠加产生零点，正离子在途中穿过该零点到达衬底。

在本发明的这个实施例的使用中，电弧在石墨靶起弧，同时第一和第二磁
15 场产生装置处于工作状态。在得到的磁场中的电弧不与现有技术的源一样强，但是是分散的，并且即使有也只是产生很少的是公知阴极电弧源的特性的所谓“红色飞行物”。

在本发明的另一最佳具体实施例中，还提供用于改变各个磁场的的一个或两个的强度以便改变零垂直场强的位置的装置。这种设置有利于调节靶前表面和
20 零点之间的距离。

该最佳实施例的阴极电弧源包括两个磁场产生线圈。第一线圈位于靶的上面，使用中在靶和衬底之间。这个磁场线圈常规地发现于过滤式阴极电弧源中，它提供磁场以控制从靶产生的等离子体穿过例如可包括单弯或双弯管的过滤装置，和如隔板等其它过滤结构并指向衬底。由线圈产生的磁场，基本垂直于阴
25 极靶，其方向远离靶而指向衬底。该阴极电弧源还包括位于靶下面，也就是说位于相对于衬底的靶另一侧的第二磁场线圈。该第二线圈产生基本与第一线圈产生的磁场同轴但方向相反的磁场。效果是，由第二线圈产生的磁场部分与第一线圈产生的磁场平衡，以致于通过调节相对场强，在靶上方的点垂直磁场具有零点。

30 在各个线圈中的电流被改变以致于零点，也就是说在基本垂直于靶前表面

的方向的零磁场的点，移动进一步远离或进一步朝向靶的表面。

已经发现，在各个线圈电流改变以便移动阴极靶上方的垂直场中的零点时，靶表面上方水平磁场的强度，也就是说在基本横向于或平行于靶前表面的方向中的磁场，停留在可接受的边界内部。

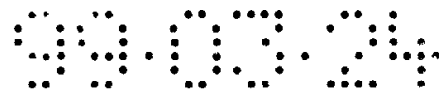
5 典型地，第一线圈产生 50mT 左右的稳定强度的磁场。在第二线圈中的电流在 5A 和 20A 之间变化时，在横向方向测量得到的磁场的强度，发现在约 15 mT 和 35 mT 之间。尽管有此特殊发现，本发明适于使用常规电弧电源，不限于特殊场强，而一般适用于具有交叉或反向场或提供具有在靶和衬底之间的零点的磁场的阴极电弧源。

10 还发现，由平衡场的强度的变化产生的最终磁场的强度影响电弧放电特性和淀积率。随着零点接近于靶，电弧变得更强，并更接近于靶，可以观察到强蓝色等离子体，并且淀积率下降。在零点远离靶移动时，靶表面的磁场的强度增加，维持电弧和起弧是有问题的。还可以看到淀积率下降，另外，观察到 ta-C 膜淀积在靶上和真空室的壁上。一旦发生这种情况，事实上靶的再次起弧不
15 太可能，因为其覆盖有 ta-C 膜，使靶与电弧放电电流绝缘。

因此零点应选择为位于中间位置，产生具有分散弧焰和减少的电弧斑点密度的电弧。对于不同电弧源设置，发现合适的工作参数可以进行试错法或校准。使用 60mm 直径的石墨靶和 12cm (6 英寸) 直径的环形管，在靶上的约 50mT 和在靶下面在反方向的约 60 mT 的磁场，零点位于靶的前表面上约 5cm 的位
20 置，并获得给出可使用的淀积率的蓝色等离子体。在该电弧中很少发现“红色飞行物”，并且靶均匀地被腐蚀。

在电弧电流流动时，在靶表面上形成“凸起”，其是集中正离子的区域。大多数正离子被反向加速指向靶表面，其典型为约-30 伏的负电压，并以高能量撞击在靶表面上并维持电弧。在靶表面上的原子分解成离子和电子时，电
25 流流过流到接地并因此为零伏的阳极上。典型的电弧电流是约 100A，在该电流时等离子体电流，即形成等离子体束的正离子可以具有约 1A 的电流。这样，用于形成正离子的等离子体束的电流占总电弧电流的非常低的比例。

改变底部磁场的强度，在靶下面，零点的位置产生相应变化。如果零点太接近于靶表面，则在与零点齐平的位置上更多的电子直接从阴极流到阳极。因此具有更少的等离子体输出。如果正确选择零点，则产生柱状等离子体，并给
30



出事实上不存在宏观粒子的涂层的好淀积率。

由该阴极电弧源产生的等离子体束随后可以用常规单弯或双弯管道过滤。实现了等离子体束的磁控制，因为等离子体束跟随磁场的磁力线，这在现有技术中是公知的。

5 在零点，基本上垂直于靶的磁场强度为零，并具有强的水平磁场。在等离子体束中心测量垂直场强。沿着阳极的圆柱形壁测量水平场强。在使用中，其中设置阴极电弧源的真空室的壁一般用碳粉涂敷，其在涉及强水平磁场的点辉光放电，目测零垂直磁场的位置，即零点，通过观察口可以容易地获得。

在本发明的实施例中，电弧源包括基本上位于真空室中心的阴极。真空室
10 的内表面接地，作为围绕阴极并远离阴极沿着真空室的内壁延伸的阳极。石墨靶与阴极电接触，为防止阴极（不是靶）和阳极之间电弧放电，电绝缘护罩围绕阴极。最好是，从靶的外缘到阳极的距离在靶周围的所有路线都基本相同——例如，这可以通过提供基本圆形靶并中心地设置于圆柱形阳极内部来实现。另外，靶的一个或多个边缘选择地被屏蔽，从而电弧只形成在阳极和靶的前表面
15 之间。

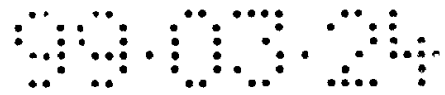
为防止任何过热而损坏设备，典型地用阳极周围的水冷套筒提供冷却，其中冷却水的入口靠近零点，以便在阳极最热的位置提供最大冷却。水流进大约与零点齐平的冷却套筒并向上流入内螺旋管，然后向下流到套筒的外部，再向上流入内螺旋管，直到其经过出口管流出。用水冷却阳极在本领域中是公知的，
20 虽然这些阳极典型地具有与靶直径相似的直径。调节靶上面和下面的磁场线圈中的电流，从而零点和水入口在靶表面上大约是相同的距离。

现有过滤式阴极电弧源可以根据本发明修改，即在靶或在其下面增加第二磁场线圈，其具有与已经存在的控制磁场线圈的方向相反的方向。在现有源中，常发现为了实现电弧起弧和维持，靶必须位于距离控制磁场的线圈显著距离的
25 位置。本发明使用靶周围的反向磁场从等离子体控制分离电弧产生。靶可以更接近于控制磁场线圈，并且可以使用强控制磁场而不影响电弧产生。

本发明的第一方案也提供在石墨阴极靶起弧的方法，包括：

(i) 产生 (a) 具有第一场方向的第一磁场和 (b) 具有与第一场方向相反的第二场方向的第二磁场，以便产生从第一和第二磁场得到的磁场；和

30 (ii) 在得到的磁场中起弧。



第一和第二磁场可从分别位于靶上面和下面的线圈产生，第一线圈任选地形成控制等离子体通过单弯或双弯管用于过滤来自电弧产生的等离子体的宏观粒子的装置的部分。如上所述，得到的磁场包括靶上面的零点，在该点垂直于靶的磁场强度为零，并且线圈电流的变化改变零点到靶的距离。

5 本发明的第二方案涉及石墨靶，适用于单独的或与本发明第一方案的电弧源结合在一起使用。

因而，本发明的第二方案提供的靶包括平均尺寸大于 2 微米并在高温和高压下被模压的石墨粉末。其典型密度在 $1.7-2.0\text{g/cm}^3$ 范围内；该靶用于阴极电弧源中。

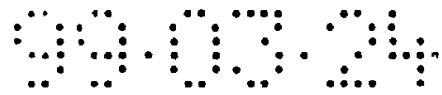
10 最好是，靶的密度在 $1.8-1.95\text{g/cm}^3$ 范围内。本发明的石墨靶典型用平均粒子尺寸约为 5-20 微米的石墨通过在 $400-620\text{MPa}$ 、在至少 150°C ，最好在 $230^\circ\text{C}\pm 30^\circ\text{C}$ 下模压石墨粉末制成的。最好是，靶是在 $450-600\text{MPa}$ 下被模压，在 $500-600\text{MPa}$ 下则更好。

15 石墨粉末是在基本上不存在粘合材料的情况下被模压的，从而得到的靶具有多孔结构，其在它的孔或单元内部捕获气体。当用在常规阴极电弧源中或根据本发明的第一方案的电弧源中时，可以获得具有减少的污染宏观粒子的发射的正离子的等离子体束。确信这种特性是由于少量气体从靶的孔释放到电弧中，该气体辅助电弧斑点中的电离。但是，本发明人不希望受该理论的限制。对于可以容许膜中的少量气体的涂敷应用，靶因为减少膜中的宏观粒子而是非常有利的。

20 在本发明的特殊实施例中，靶是在约 550MPa 下被模压的，给出 1.9g/cm^3 左右的靶密度。该靶在空气中在约 230°C 下被模压。在对比实验中，使用相似尺寸石墨粒子和在相同的压力下但在室温下模压的靶产生较软的靶，在使用中其产生具有增加的宏观粒子的等离子体束。因此本发明还涉及由本发明的方法形成的石墨靶。靶的尺寸和形状根据适配于过滤式阴极电弧源而可以调节，典型尺寸的靶横截面为直径 $20\text{mm}-100\text{mm}$ 的圆形，最好为 $40\text{mm}-80\text{mm}$ 。

在下面将介绍的本发明特殊实施例中，阴极靶是由具有约 10 微米（325 网格）的平均粒子尺寸的石墨粉末制备的，并且密度为 $1.8-1.9\text{g/cm}^3$ 。

30 在本发明的石墨靶的使用中，观察到在靶表面上产生的阴极斑点比在使用现有技术靶时的更分散。还观察到本发明的石墨靶上的阴极斑点具有比在使用



现有技术靶时的大的尺寸，典型为 1-5mm 左右的直径，更具体为 3 mm 左右的直径。本发明的优点是使用该石墨靶产生发射更少宏观粒子的阴极斑点，其中宏观粒子污染使用过滤阴极电弧源淀积的膜。使用该石墨靶结果得到更洁净的膜。还观察到，使用本发明的石墨靶，过滤式阴极电弧源可以使用较低电流密度工作，另外，来自石墨靶的金刚石类膜的淀积可以有效地在过滤式阴极电弧室中在高真空压力下获得。还发现本发明的阴极靶均匀损耗。

本发明还提供制备阴极电弧源中使用的石墨靶的方法，该方法包括在没有粘合材料的情况下，在 400-620 MPa 的压力下和在 130-330°C 下模压石墨粉末以形成固体靶。

10 石墨粉末最好是在 450-620 MPa 的压力下模压的，在 520-600 MPa 下则更好。另外模压温度最好是 180-280°C，200-260°C 则更好。

在本发明的实施例中，制备石墨靶的方法包括：

提供其中要形成靶的模具；

将没有粘合剂的石墨粉末放到模具中；

15 在约 550 MPa 的压力下和约 230°C 的温度下将粉末压入成模具以形成靶；

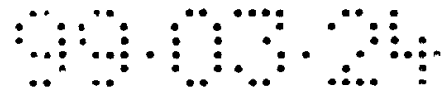
从模具中取出靶。

典型的模具是产生圆柱形靶的模具，一般直径在 40-100mm 范围内，当然根据使用情况也可以使用其它靶形状，如正方形、三角形。

20 在本发明的另一实施例中，提供的制备石墨靶的方法还包括在炉子中在 100-400°C 的温度下预热石墨粉末。加热的时间在 1/2 和 10 小时之间选择，在下面将介绍的本发明的特殊实施例中，石墨粉末在炉子中在约 300°C 下预热约 6 小时。

在现有技术软靶的使用中，如由剑桥大学研制的，已经发现电弧斑点通过靶表面打出一个孔；该孔一般直径为约 1 mm，在 1 或 2 次使用之后导致靶裂开。在现有技术 PURE TECH INC 靶的使用中，已经发现电弧在靶表面上形成极小的电弧斑点，其沿着表面快速移动并不均匀磨损表面。在本发明的靶使用中，观察到电弧斑点围绕靶的表面更缓慢移动，在靶表面中不产生孔，而且以更均匀的方式磨损靶的表面。

30 本发明的优点是阴极电弧源产生具有显著减少宏观粒子水平的等离子体



束。本发明的另外优点是，在结合本发明的阴极电弧源使用时靶本身还减少在发射的等离子体中的宏观粒子的数量。

下面参照具体例子介绍本发明，但这些例子不限制本发明的范围，并且表示在附图中，其中：

5 图 1 和 2 分别表示本发明的阴极电弧源的正视截面图和侧视截面图；

图 3 表示作为淀积装置的一部分并与淀积室连接的本发明的阴极电弧源的侧视图；

图 4 是在基本上垂直于图 1 的阴极电弧源中的靶的方向的磁场强度的曲线，该磁场强度是在从靶发射的离子束的中心测量的；

10 图 5 是在基本上平行于图 1 的阴极电弧源中的靶的方向的磁场强度的曲线，该磁场强度是在阳极的圆柱形壁测量的；

图 6 是表示 ta-C 膜的淀积率相对于将石墨粉末模压成靶的压力的曲线；

图 7 是表示靶密度相对于将石墨粉末模压成靶的压力的曲线；

图 8 是使用商业上通用的石墨靶产生的电弧的照片；

15 图 9 是使用根据本发明的石墨靶产生的电弧的照片；

图 10 是使用商业上通用的石墨靶淀积的 ta-C 膜的照片(放大倍数×500);和

图 11 是使用本发明的石墨靶淀积的 ta-C 膜的照片(放大倍数×500)。

参照图 1、2 和 3，阴极电弧源 (10) 一般示于图 1 和 2 中并与图 3 中的淀积室 (36) 连接。

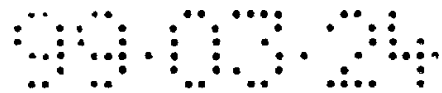
20 源 (10) 包括被非绝缘护罩 (13) 屏蔽的阴极 (12) 和由真空室 (11) 的内壁形成的阳极 14。靶 (16) 与阴极 (12) 电接触。绝缘护罩 (17) 包围靶以防止靶 (16) 和阳极 (14) 的侧壁之间产生电弧放电。阴极 (12) 和阳极 (14) 连接到电弧电源 (未示出)。

阴极的冷却是通过水入口 (20) 和水出口 (22) 供应冷却水实现的。

25 阳极的冷却同样是通过水入口 (24) 和水出口 (26) 供应冷却水实现的。冷却阳极的水在图 2 中的箭头指示的方向穿过具有冷却水流动的 3-层式冷却套筒 (27)。

可旋转的撞针 (28) 安装在真空室的壁上，并适于向着靶旋转并接触靶 (16) 以实现阴极电弧的点火。

30 包括适用于气体输入 (31) 的接套的观察口 (30) 设置在源的一侧上用于



在工作过程中目测电弧。

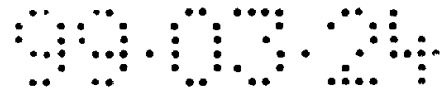
在靶（16）下面具有第一磁场线圈（32，在图 1 中示出，在图 2 中没有示出），安装于靶（16）上面和真空室的圆柱形壁周围的是第二磁场线圈（34，在图 1 中示出，在图 2 中没示出）。在阴极电弧源（10）的工作中，磁场由各个线圈（32，34）产生，并且得到的磁场产生于真空室（11）的内部，如在靶上约 2-4cm，其中在基本上垂直于靶（16）的方向具有零场强的点。该零场强的点，或“零点”，是在真空室（11）的内部并在靶（16）上方的短距离内。各个线圈（32，34）中的电流的变化将改变靶（16）的表面和零点之间的距离。在图 3 中，第二线圈（34）的绕组延伸到导向安装在支撑结构（38）上的淀积室（36）的环形管（42）的壁（40）。如果需要增加控制场，则磁场线圈（34）可以由弯管（未示出）外侧上的永久磁铁补充。

在该阴极电弧源的使用中，各个第一和第二线圈（32，34）中的电流变化，以致于零点，即在基本垂直于靶的方向磁场强度为零的点，是在离靶（16）0.5cm 和约 6cm 之间。

在阴极电弧源工作过程中，由位于靶上面的线圈（34）产生的磁场保持不变并提供强度为约 50mT 的磁场，位于靶下面的线圈（32）中的电流在 5A 和 20A 之间变化，测量在垂直方向和水平方向得到的磁场。结果示于图 4 和 5 中。在图 4 中看到，靶下面的线圈中的电流从 5A 以 2.5A 的增量增加到 20A，从而垂直磁场具有零强度的位置从靶表面上的约 0.5cm 增加到靶表面上的约 6cm。图 5 表示在平行于靶的方向测量磁场强度的结果，并且是在源的阳极壁（14）测量的。图 5 中的结果表示水平磁场的强度在靶下面的线圈中的电流为 5A 和零点是在靶表面上约 0.5cm 时的约 15mT 和靶下面的线圈中的电流为 20A 和零点是在靶表面上的约 6cm 时的 25 mT 之间变化。参照图 4 和 5，这些图表示使用为靶下面的线圈指定的线圈电流测量场强的结果，本领域技术人员应该理解，在使用阴极电弧源过程中可以采用在真空室内部和靶上面保持垂直场强中的零点的线圈电流的其它变化。

例 1

适于制备石墨靶的石墨粉末放置在炉子中并在 250°C 下加热约 5 小时。粉末从炉子中取出，并在没有如沥青或柏油粘合剂的情况下在约 230°C 的温度和约 550 MPa 的压力下被压进模具中，该压力被保持约 30 分钟的时间。



得到的石墨靶的密度约为 1.9g/cm^3 并且是圆柱形，直径为 60mm。

在过滤式阴极电弧源中使用该石墨靶，我们观察到靶表面上的阴极斑点的直径约为 5mm。然而使用现有技术石墨靶，在阴极可以典型地看到很强的亮斑点和“红色飞行物”。使用新靶却看到非常少的“红色飞行物”。而且斑点是浅蓝色的，并且等离子体具有相似的蓝色。

本发明人已经发现在本领域中不太极限的条件下模压的多孔石墨靶产生分散到近似的、典型的 10mm 尺寸的电弧。这种分散电弧导致可以使用低得多的电流密度并在发射的等离子体束中产生明显更少的宏观粒子。

例 2

具有约为 10 微米直径的粒子尺寸的石墨粉末还是在没有粘合材料情况下在约 230°C 的温度和约 80、120、250、310、420 和 520 MPa 的压力下被模压成石墨靶。在具有双弯过滤器管并基本上如在 PCT/GB96/00389 中介绍的过滤式阴极电弧源中测量淀积率。结果示于图 6 中。

另外，通过在 230°C 的温度和约 80、180、250、310、420 和 520 MPa 的压缩压力下模压尺寸约为 10 微米直径的石墨粉末而制成靶。测量这些靶的密度，结果示于图 7 中。

图 6 表示使用约 250 MPa 或 250MPa 以上的压缩压力产生最高淀积率得到的靶。在该压力范围产生的石墨靶的密度，如图 7 所示，在 $1.7\text{-}1.9\text{g/cm}^3$ 左右。这样，根据本发明制成的石墨靶在降低宏观粒子数方面产生非常有利的效果，同时又没有牺牲淀积率。

例 3

使用本发明的阴极电弧源，我们研究了使用商业上通用的靶和使用本发明的靶产生的电弧的特性。

产生的电弧经过视点被拍下照片，结果示于图 8 和 9 中。图 8 是从商业上的石墨靶产生的电弧。在照片上可以看到作为亮线的大量红色飞行物。这些红色飞行物指示形成在电弧中的宏观粒子。

在图 9 中的电弧中事实上没有红色飞行物，并且具有比商业上靶产生的电弧的更均匀的图像。

ta-C 膜是使用商业上通用的靶和例 1 的靶淀积的。图 10 表示使用商业上通用的靶产生的放大 500 倍的膜照片，可以看到许多污点，表示膜中的宏观粒子。

看到的宏观粒子的数量比使用商业上通用的靶并在商业上通用的阴极电弧源中产生的 ta-C 膜时的显著减少。图 11 表示在根据本发明的阴极电弧源中使用根据本发明的靶产生 ta-C 膜的放大 500 倍的照片。该膜没有宏观粒子。

5 本发明可以制造含有极少宏观粒子的薄膜，如金刚石类膜，并具有广泛的工业应用，例如硬盘驱动器和半导体制造，和用于涂敷光学元件。

说明书附图

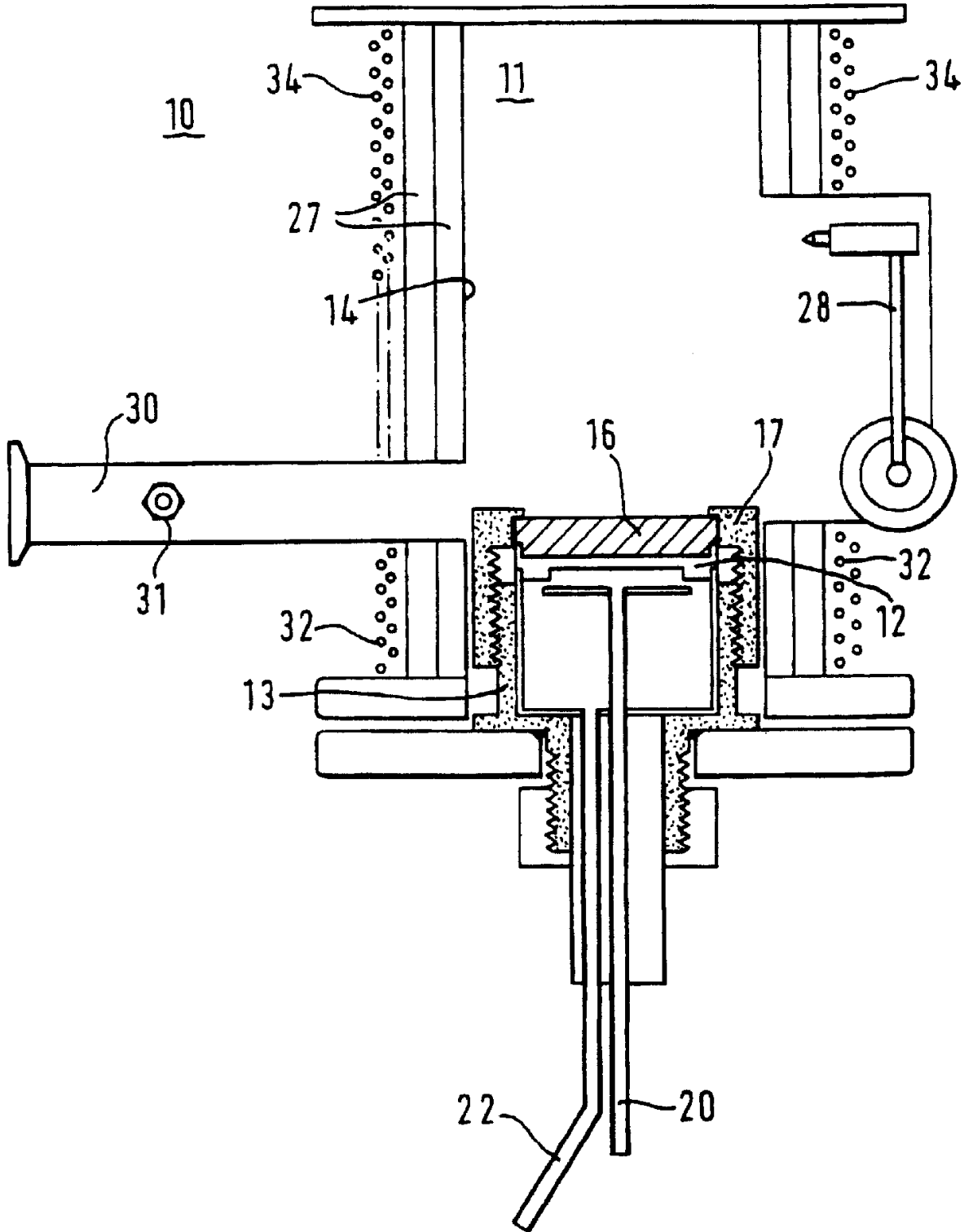


图 1

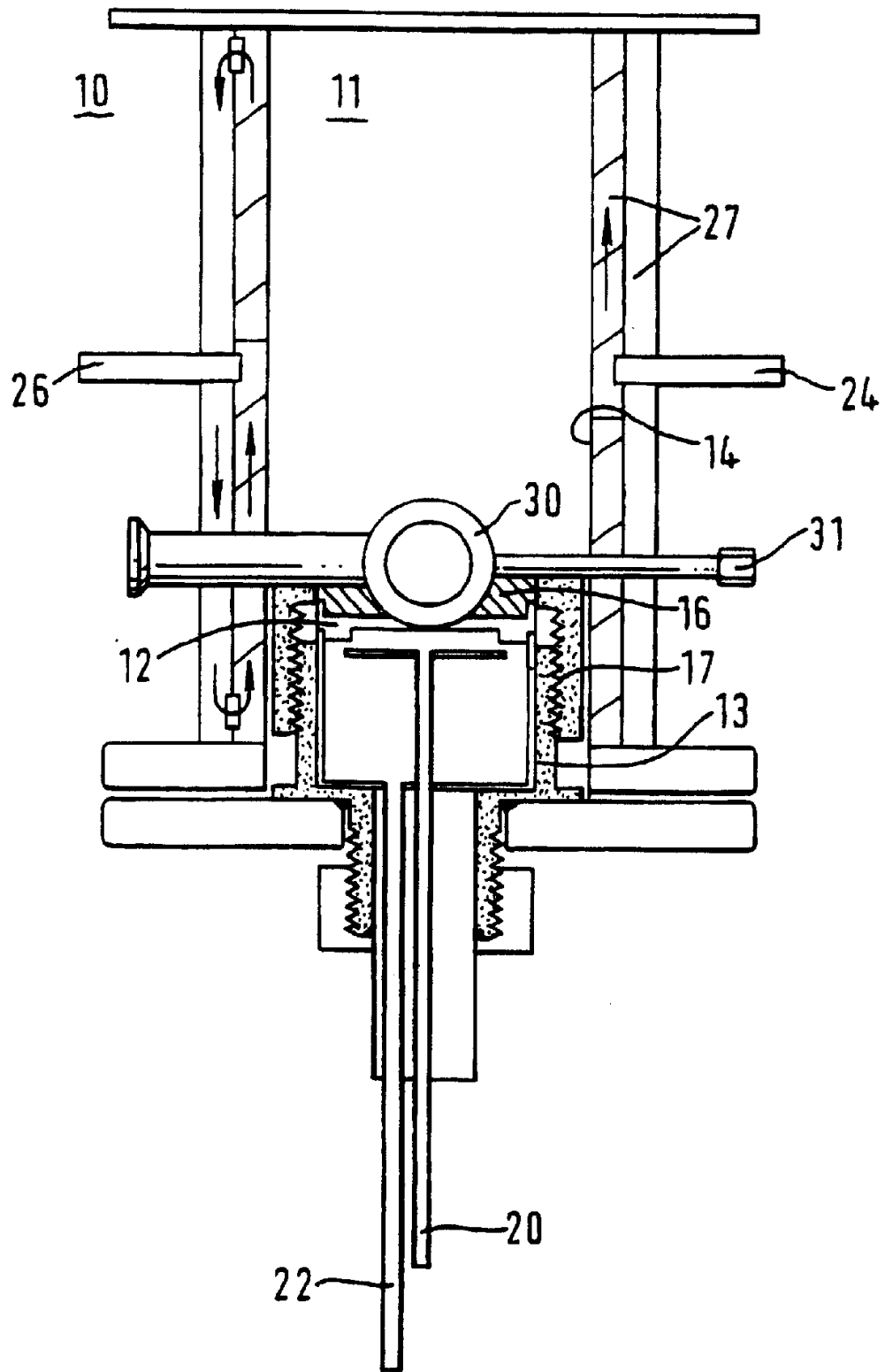


图 2

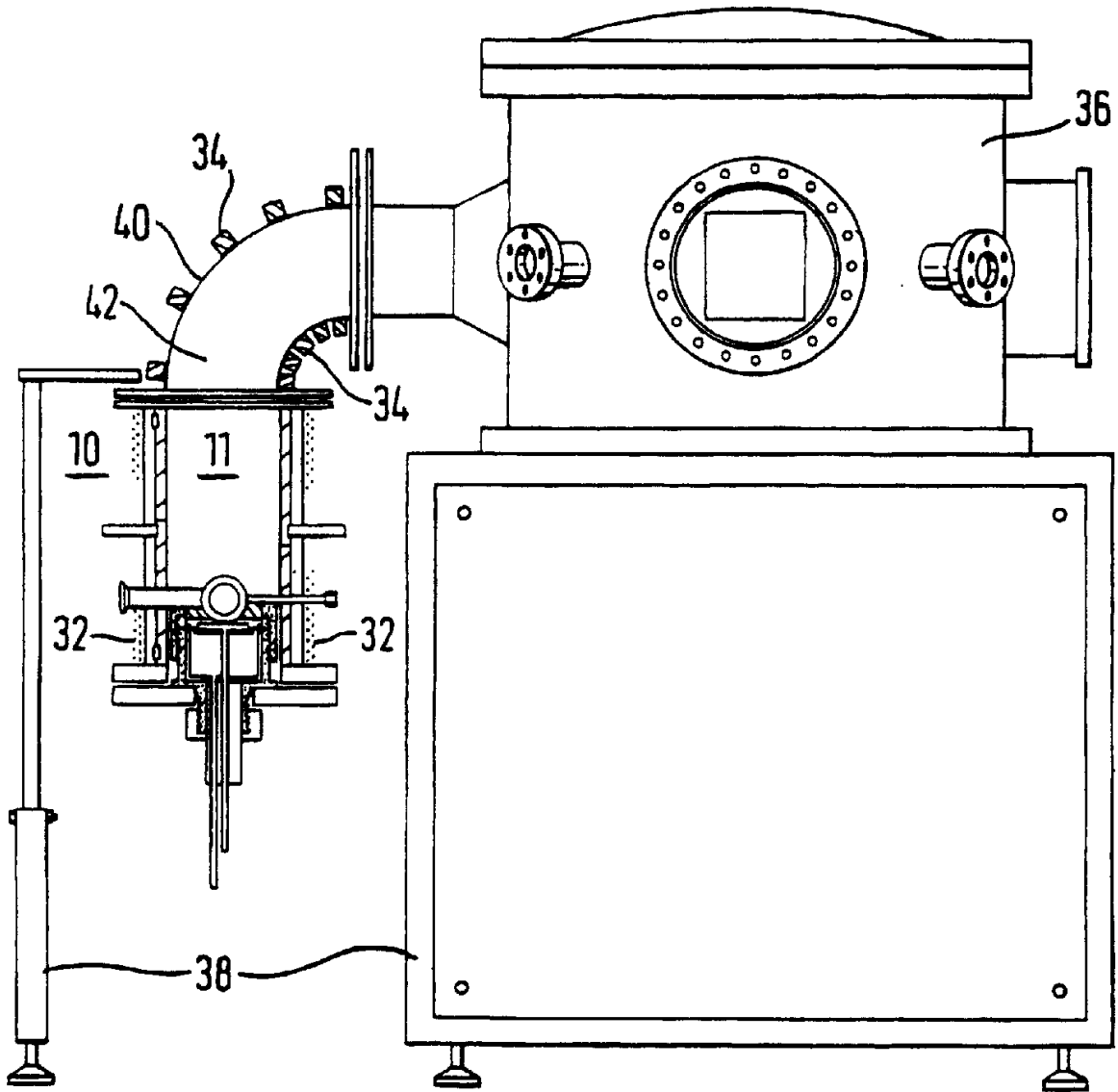


图 3

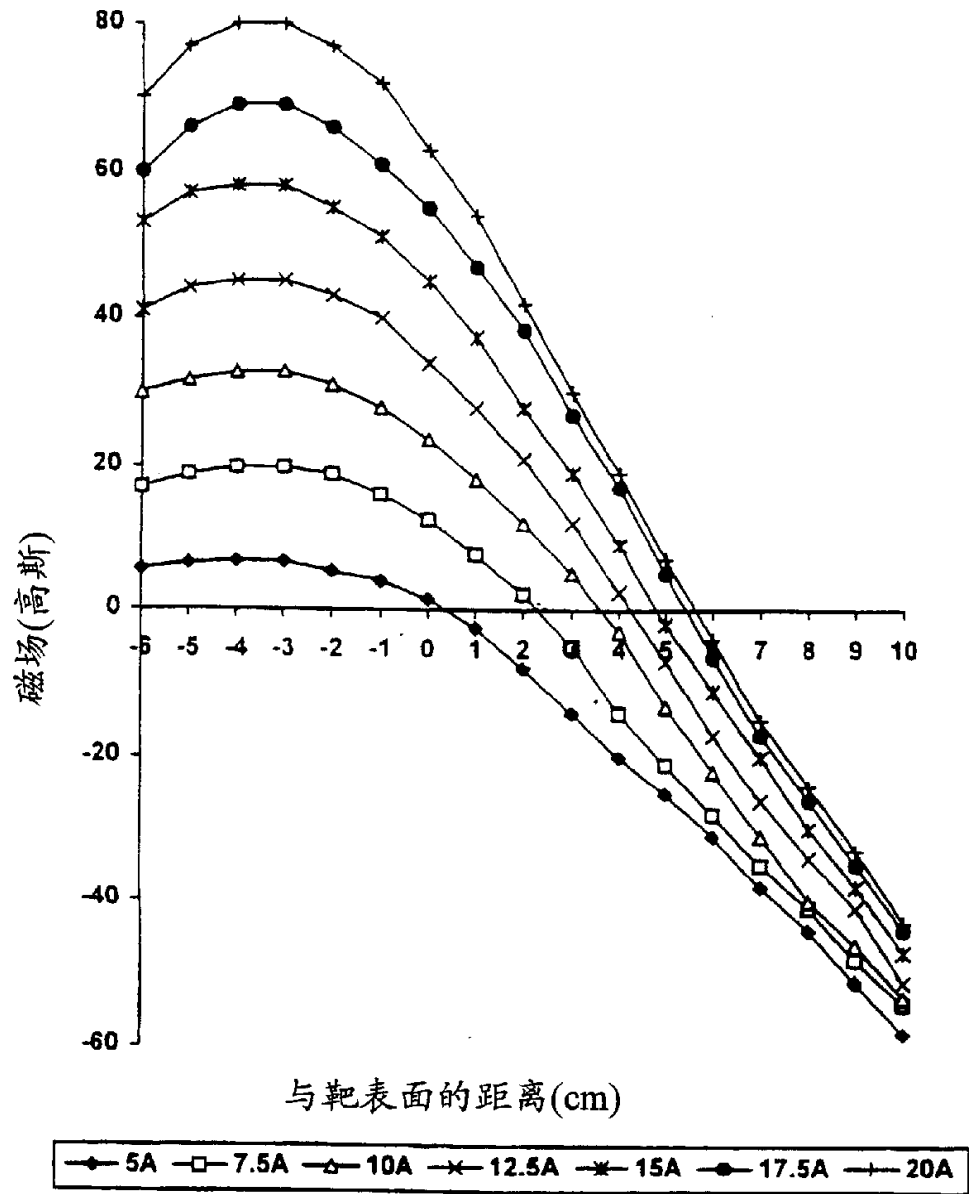


图 4

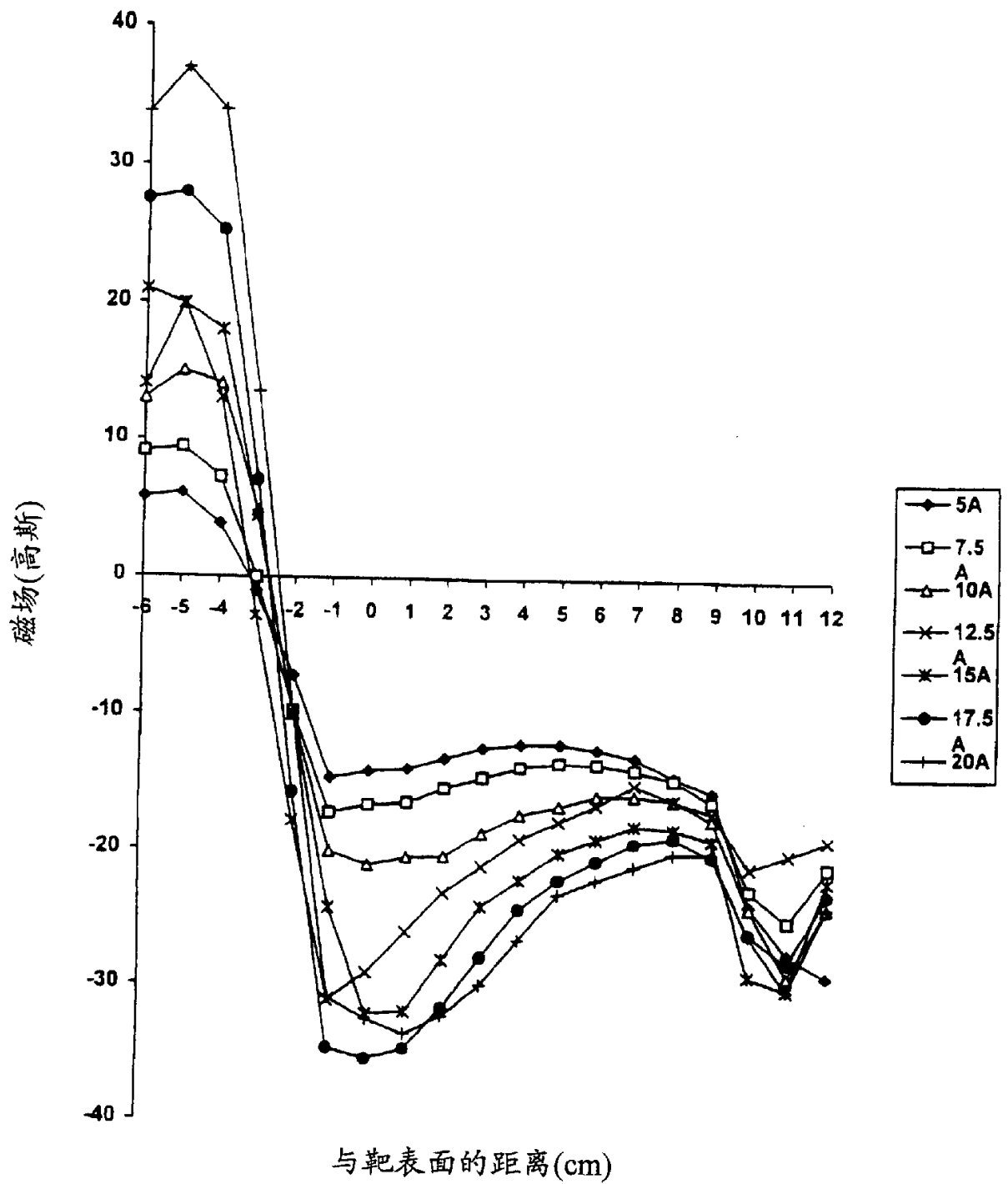


图 5

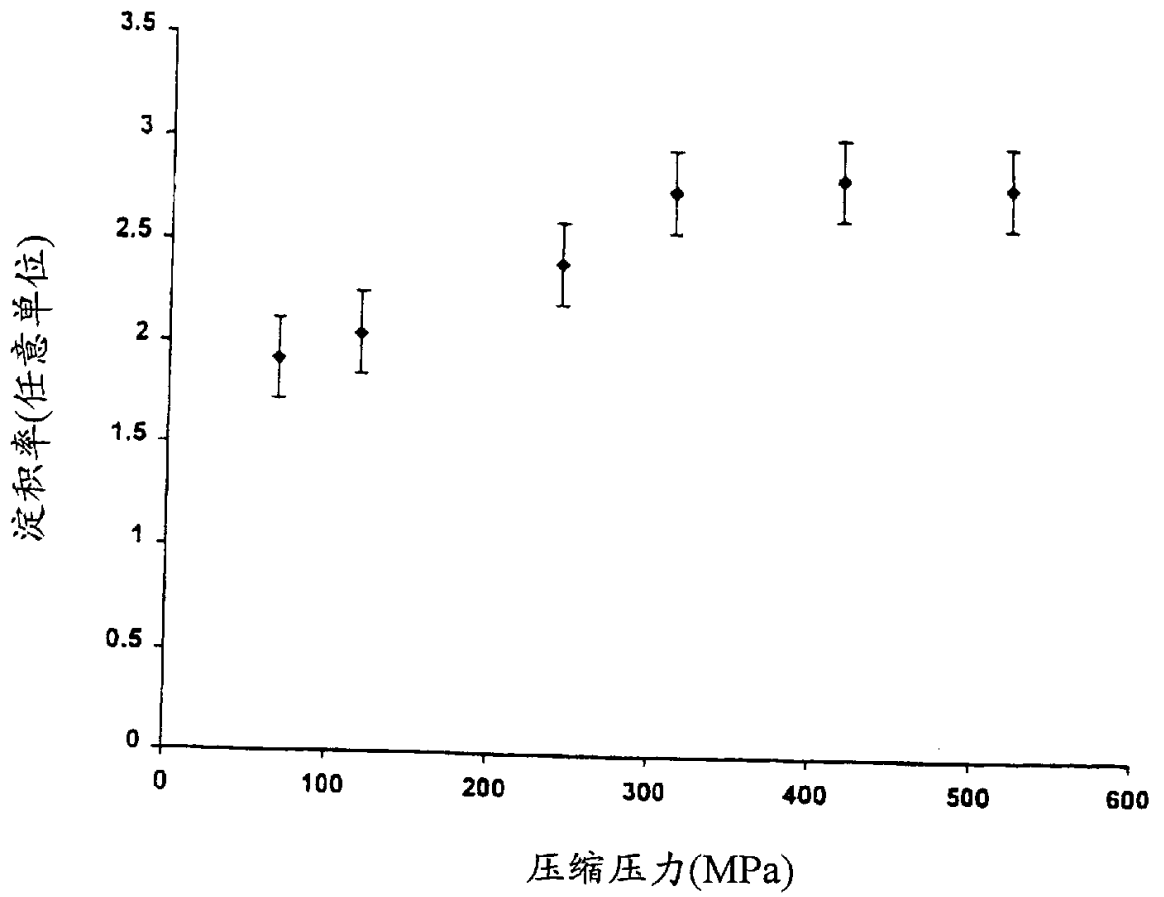


图 6

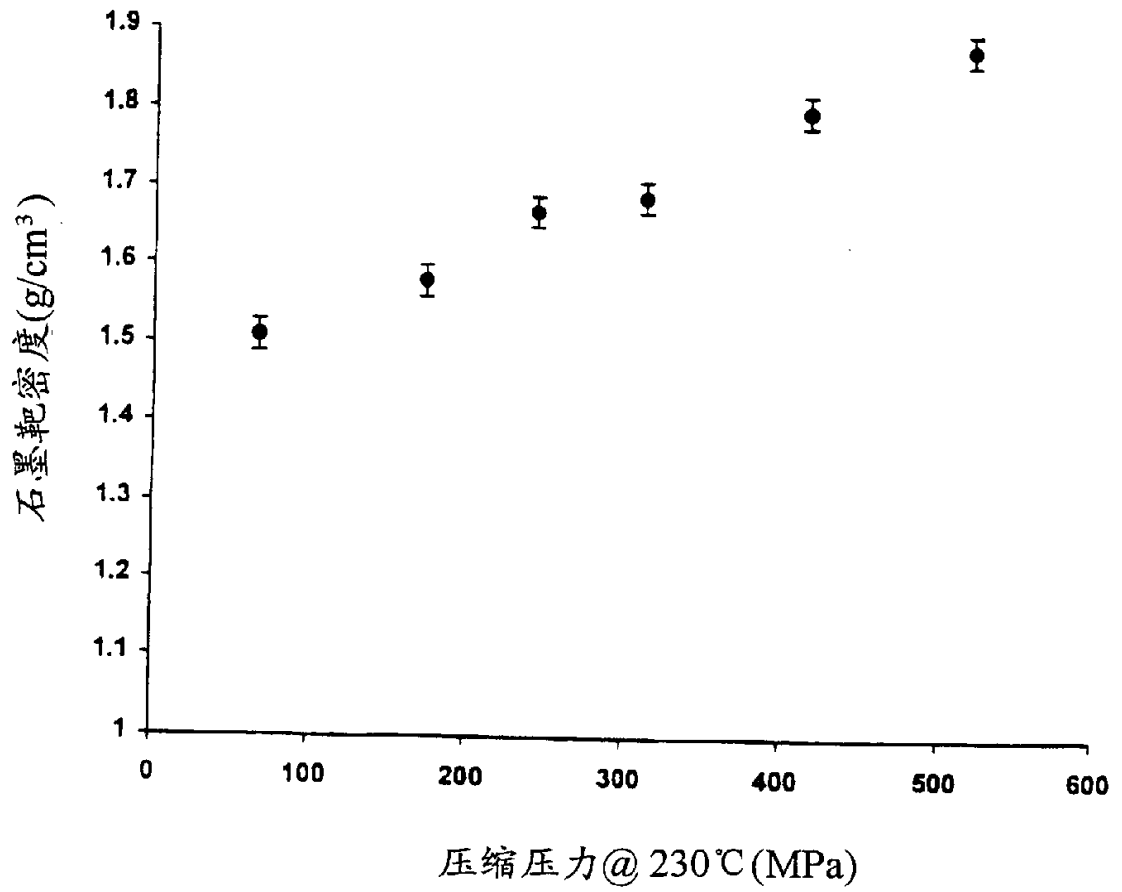


图 7

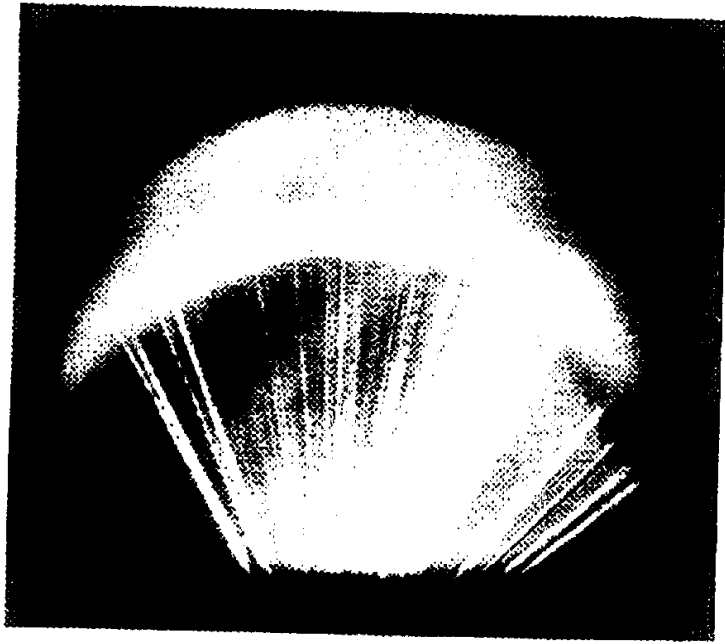


图 8

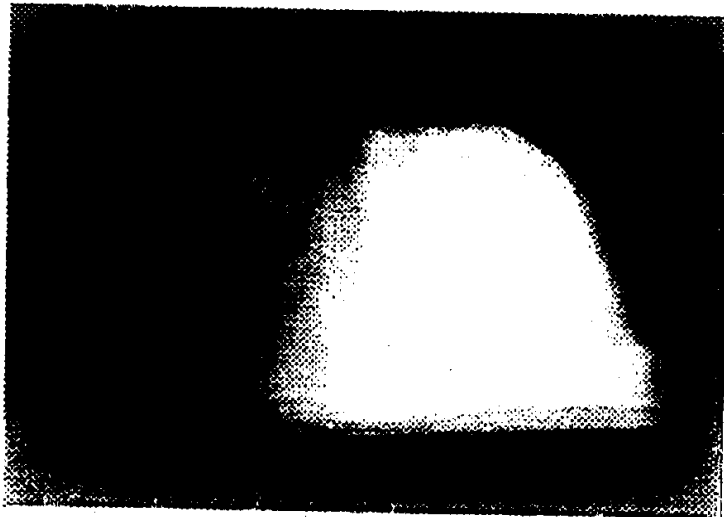


图 9

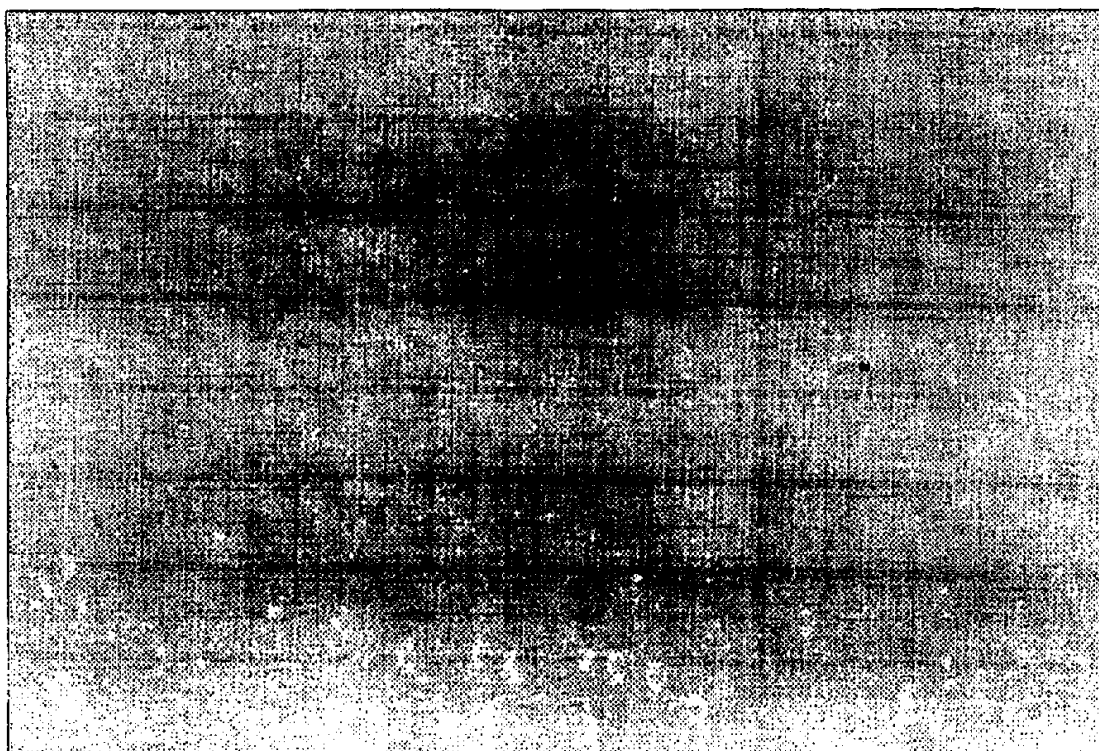


图 10

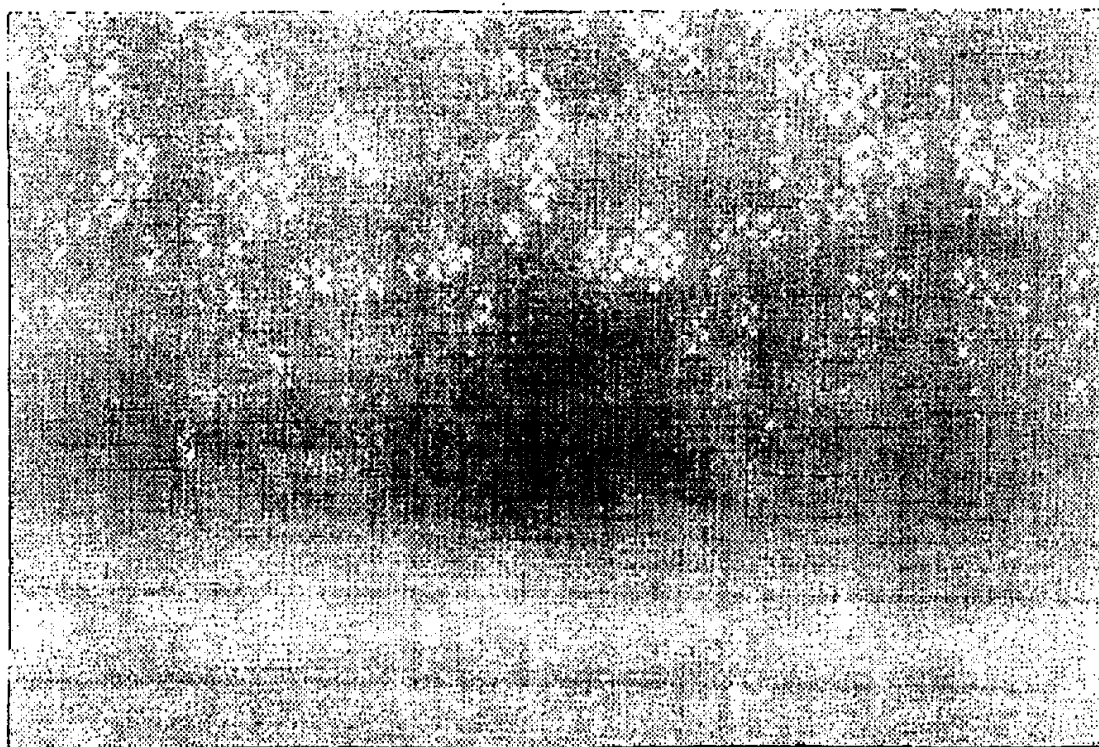


图 11