

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 14/34 (2006.01)

C23C 14/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510097876.3

[43] 公开日 2006年3月8日

[11] 公开号 CN 1743497A

[22] 申请日 2005.9.1

[21] 申请号 200510097876.3

[30] 优先权

[32] 2004.9.1 [33] US [31] 10/930,794

[71] 申请人 黑罗伊斯有限公司

地址 美国亚利桑那州

[72] 发明人 程远达 史蒂文·罗杰·肯尼迪

迈克尔·吉恩·拉辛

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任  
公司

代理人 杨本良 穆德骏

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 5 页

## [54] 发明名称

用于改进的磁性层的溅射靶材料

## [57] 摘要

本发明涉及一种由具有基底金属的铁磁性合金与金属 X 构成的溅射靶,其中金属 X 为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。基底金属可以为 Fe、Co, 或者其它任何铁磁性材料, 并且可进一步由例如 Pt、Ta 和/或 Cr 构成以增强其矫顽磁性。金属 X 可为从由 Al、Ba、Be、Ca、Cd、Ce、Cr、Cs、Dy、Er、Eu、Ga、Gd、Hf、Ho、K、La、Li、Mg、Mn、Na、Nb、Nd、Pm、Pr、Rb、Sc、Sm、Sr、Ta、Tb、Te、Th、Ti、V、Y、Zn 和 Zr 所构成的组中选择的金属。该溅射靶可包括高于 0 并且低于 15 原子百分数的金属 X。对该溅射靶进行反应溅射以形成具有优化的晶粒尺寸以及晶间间隔的粒状介质。

1. 一种溅射靶，由如下组分构成：  
铁磁性合金，该铁磁性合金包括基底金属；以及  
5  $X_1$ ，其中  $X_1$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。
2. 根据权利要求 1 的溅射靶，其中所述基底金属为 Co。
- 10 3. 根据权利要求 2 的溅射靶，其中所述铁磁性合金还包括 Ta。
4. 根据权利要求 2 的溅射靶，其中所述铁磁性合金还包括 Pt。
5. 根据权利要求 4 的溅射靶，其中所述铁磁性合金还包括 Cr。
- 15 6. 根据权利要求 1 的溅射靶，其中所述基底金属为 Fe。
7. 根据权利要求 6 的溅射靶，其中所述铁磁性合金还包括 Ta。
- 20 8. 根据权利要求 6 的溅射靶，其中所述铁磁性合金还包括 Pt。
9. 根据权利要求 1 的溅射靶，其中  $X_1$  为从由 Al、Ba、Be、Ca、Cd、Ce、Cr、Cs、Dy、Er、Eu、Ga、Gd、Hf、Ho、K、La、Li、Mg、Mn、Na、Nb、Nd、Pm、Pr、Rb、Sc、Sm、Sr、Ta、Tb、Te、Th、  
25 Ti、V、Y、Zn 和 Zr 所构成的组中选择的金属。
10. 根据权利要求 1 的溅射靶，其中  $X_1$  具有小于 0.18nm 的原子半径。
- 30 11. 根据权利要求 1 的溅射靶，其中该溅射靶包括高于 0 原子百

分数并且低于 15 原子百分数的  $X_1$ 。

12. 一种用于制造磁记录介质的方法，包括以下步骤：

5 在包括氧气的气氛中反应溅射一种溅射靶，其中该溅射靶由如下组分构成：

铁磁性合金，该铁磁性合金包括基底金属；以及

$X_2$ ，其中  $X_2$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。

10 13. 一种溅射在基层上的磁记录介质，包括：

形成在该基层之上的数据存储薄膜层，其中该数据存储薄膜层由如下组分构成：

铁磁性合金，该铁磁性合金包括基底金属；以及

15  $X_3$  氧化物，其中  $X_3$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。

14. 根据权利要求 13 的介质，其中所述基底金属为 Co。

15. 根据权利要求 14 的介质，其中所述铁磁性合金还包括 Ta。

20

16. 根据权利要求 14 的介质，其中所述铁磁性合金还包括 Pt。

17. 根据权利要求 16 的介质，其中所述铁磁性合金还包括 Cr。

25

18. 根据权利要求 13 的介质，其中所述基底金属为 Fe。

19. 根据权利要求 18 的介质，其中所述铁磁性合金还包括 Pt。

20. 根据权利要求 18 的介质，其中所述铁磁性合金还包括 Ta。

21. 根据权利要求 13 的介质，其中  $X_3$  选自由 Ba、Be、Ca、Cd、Ce、Cr、Cs、Dy、Er、Eu、Ga、Gd、Hf、Ho、K、La、Li、Mg、Mn、Na、Nb、Nd、Pm、Pr、Rb、Sc、Sm、Sr、Ta、Tb、Te、Th、Ti、V、Zn 和 Zr 所构成的组。

5

22. 根据权利要求 13 的介质，其中  $X_3$  具有小于 0.18nm 的原子半径。

10

23. 根据权利要求 13 的介质，其中该介质包括高于 0 原子百分数并且低于 15 原子百分数的  $X_3$ 。

## 用于改进的磁性层的溅射靶材料

## 5 技术领域

本发明涉及一种溅射靶，并且特别涉及一种改进的溅射靶材料，当在氧气环境中反应溅射时，该材料能够提供具有优化的晶粒尺寸以及晶间间隔的磁性数据存储薄膜。

## 10 背景技术

溅射工艺广泛应用于各种不同领域中以提供具有精确控制的厚度以及原子尺度光滑表面的薄膜材料沉积，例如用于涂覆半导体和/或在磁记录介质的表面上形成薄膜。在反应溅射工艺中，将阴极溅射靶置于部分的填充有化学反应气体的真空室内，并且暴露于电场中以产生等离子体。该等离子体中的离子撞击溅射靶的表面从而使得该溅射靶从溅射靶表面发射原子。从靶上溅射出去的材料与气体混合物中的活性反应组分发生化学反应以形成化合物，该化合物则在基底表面上形成所期望的薄膜。

传统的磁记录介质一般包括几个薄膜层，利用多个溅射靶使其顺序的溅射到基底上。如图 1 所示，用于传统磁记录介质的典型的薄膜堆层 100 具有非磁性基底 101、种子层 102、至少一个底层 104、至少一个夹层 105、至少一个磁性数据存储层 106，以及润滑层 108。数据在离散的区域中存储到磁性数据存储层 106 上，所述离散区域被磁化以表示数据位的开（on）或关（off）状态。

在构造具有低串话和高信噪比（SNR）的离散磁性区域中，磁性材料的晶粒细化以及晶间微结构间隔是关键。已经采用各种不同的材料做为钴（Co）基合金的添加剂，以改进这种晶粒尺寸降低和间隔，这包括铬（Cr）、硼（B）以及钽（Ta）。最近，已经开始进行涉及

到电介质材料的研究工作，这种电介质材料能够实现“粒状介质”或者具有粒状微结构的材料的形成，其中纳米级磁性晶粒被封装在绝缘基质中。但是，尽管存在这些改进方式，传统材料依然不能用于产生具有充分小的晶粒尺寸以及足够大的晶间间隔以适应日益增长的数据存储要求的数据存储薄膜。

随着磁性薄膜介质的细化接近磁偶极子稳定性的极限，愈发期望研制具有小晶粒尺寸以及足够的晶间间隔从而每个晶粒不受介质中邻近晶粒磁性影响的材料。特别的，期望提供一种溅射靶材料，其能够反应溅射以形成具有优化的晶粒尺寸以及晶间间隔的粒状介质。

#### 发明内容

本发明通过提供一种溅射靶材料而解决上述问题，该材料用于反应溅射具有优化的晶粒尺寸以及晶间间隔特性的粒状介质。

根据一个方面，本发明涉及一种由具有基底金属的铁磁性合金构成的溅射靶。该溅射靶还由金属  $X_1$  构成，该金属具有小于 0.266nm 的原子直径并且氧化电位高于基底金属的氧化电位。

溅射靶的铁磁性合金的基底金属为铁 (Fe)、Co，或者其它任何铁磁性金属。在一种配置中，基底金属为 Co，并且铁磁性合金还由 Ta、铂 (Pt) 或者 PtCr 构成。在第二种配置中，基底金属为 Fe，并且铁磁性合金还由 Ta 或者 Pt 构成。

鉴于磁性记录介质中的氧化物材料的功能在于用作晶粒间交互作用的绝缘抗磁屏障，本发明的特征包括在溅射期间  $X_1$  比其它基质材料更加快速的扩散到晶粒间界处并且更易于被氧化。当  $X_1$  具有小于 0.18nm 的原子半径以及高于 -1.0eV 的氧化电位时这些特征更为显著。

应该理解，当提及“更高的氧化电位”时，用词“更高”指的是

以 eV 测量的更负电荷。例如， $-2.7\text{eV}$  (Mg) 的氧化电位高于  $-2.3\text{eV}$  (Pm) 的氧化电位。

5 从 Al、Ba、Be、Ca、Cd、Ce、Cr、Cs、Dy、Er、Eu、Ga、Gd、Hf、Ho、K、La、Li、Mg、Mn、Na、Nb、Nd、Pm、Pr、Rb、Sc、Sm、Sr、Ta、Tb、Te、Th、Ti、V、Y、Zn 和 Zr 的列表中选择金属  $X_1$ 。而且，溅射靶材料包括高于 0 原子百分数并且低于 15 原子百分数的  $X_1$ 。

10 根据第二个方面，本发明涉及一种用于制造磁记录介质的方法。该方法包括在氧气环境中反应溅射由具有基底金属的铁磁性合金以及金属  $X_2$  构成的溅射靶，其中金属  $X_2$  具有小于  $0.266\text{nm}$  的原子直径并且其氧化电位高于基底金属的氧化电位。

15 根据第三个方面，本发明涉及一种磁记录介质，其具有基层以及形成在该基层之上的数据存储薄膜层。该数据存储薄膜层由具有基底金属的铁磁性合金以及金属  $X_3$  氧化物构成，其中金属  $X_3$  具有小于  $0.266\text{nm}$  的原子直径并且其氧化电位高于基底金属的氧化电位的金属。

20 从 Ba、Be、Ca、Cd、Ce、Cr、Cs、Dy、Er、Eu、Ga、Gd、Hf、Ho、K、La、Li、Mg、Mn、Na、Nb、Nd、Pm、Pr、Rb、Sc、Sm、Sr、Ta、Tb、Te、Th、Ti、V、Zn 和 Zr 的列表中选择金属  $X_3$ 。

25 本发明其优点在于提供一种具有晶粒间交互作用的绝缘抗磁屏障的粒状介质。本发明另一个特征及优点在于提供一种具有改进的信噪比的磁记录介质。

30 在优选实施例的下面描述中，参考形成做为其一个部分的附图，并且其中通过示意方式示出一个施行本发明的特定实施例。应该理

解，还可以采用其它的实施例并且在不背离本发明范围的前提下能够做出各种改变。

#### 附图简要说明

5 现在参考附图，其中类似的参考标记代表相应的部分：

图 1 表示一种用于传统的磁记录介质的典型的薄膜堆层；

图 2 表示根据本发明的一个实施例的溅射靶；

图 3A、3B 和 3C 同时示出用以形成根据本发明的一个实施例的磁记录介质的溅射靶的活性溅射的宏观和微观视图；

10 图 4 为表示反应溅射根据本发明的一个实施例的溅射靶的过程的流程图；

图 5 表示具有根据本发明的一个实施例的增强的磁性数据存储层的薄膜堆层。

#### 15 具体实施方式

本发明涉及一种增强的溅射靶材料，其能够被反应溅射以形成具有粒状介质的磁性数据存储薄膜，该粒状介质具有优化的晶粒尺寸以及改进的晶间间隔。

20 图 2 描述一种根据本发明的一个实施例的溅射靶。溅射靶 200 由具有基底金属的铁磁性合金以及金属  $X_1$  构成，其中金属  $X_1$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。

25 溅射靶的铁磁性合金的基底金属为 Fe、Co，或者其它任何铁磁性金属。在一种配置中，基底金属为 Co，并且铁磁性合金还由 Ta、Pt 或者 PtCr 构成。在第二种配置中，基底金属为 Fe，并且铁磁性合金还由 Ta 或者 Pt 构成。

30 磁性记录介质中的氧化物材料的功能在于用作晶粒间交互作用的绝缘抗磁屏障。因此本发明的特征包括在溅射期间金属  $X_1$  比其它基质

材料更加快速的扩散到晶粒间界处并且更易于被氧化。在这方面，考虑将表 1 中的金属用于有效粒状磁性介质中的氧化物的首选。当从表 1 的金属中选择的金属  $X_1$  结合有最高的氧化电位 ( $<-1.0\text{eV}$ ) 和最低的原子直径 ( $<0.18\text{nm}$ ) 时这些特征更为显著。

表 1  
按照最高氧化电位排序的金属

元素	氧化电位* 离子半径+	原子半径+
Li	-3.0401	0.76
Cs	-3.026	1.67
Rb	-2.98	1.52
K	-2.931	1.38
Ba	-2.912	1.35
Sr	-2.899	1.18
Ca	-2.868	1.00
Na	-2.71	1.02
Mg	-2.7	0.72
La	-2.379	1.03
Y	-2.372	0.90
Pr	-2.353	0.99
Ce	-2.336	1.02
Er	-2.331	0.89
Ho	-2.33	0.90
Nd	-2.323	0.98
Sm	-2.304	0.96
Pm	-2.3	0.97
Dy	-2.295	0.91
Tb	-2.28	0.92
Gd	-2.279	0.94
Sc	-2.077	0.75
Eu	-1.991	0.95
Th	-1.899	0.94
Be	-1.847	0.27
Al	-1.662	0.54
Ti	-1.63	0.61
Hf	-1.55	0.71
Zr	-1.45	0.72
Mn	-1.185	0.67
V	-1.175	0.54
Te	-1.143	0.56-0.97
Nb	-1.099	0.64
Zn	-0.7618	0.74
Cr	-0.744	0.55
Ta	-0.6	0.64
Ga	-0.539	0.62
Cd	-0.403	0.95

\* eV  
+ 埃

而且，溅射靶材料由高于 0 原子百分数并且低于 15 原子百分数的金属  $X_1$  构成。

5 图 3A、3B 和 3C 描述用以形成根据本发明的一个实施例的磁记录介质的溅射靶的反应溅射。

更加具体的，图 3A 描述溅射室 310 的宏观视图。在溅射过程中，溅射靶 200 置于部分填充有惰性气体和氧气的溅射室 310 中。溅射靶 200 暴露于电场中以激发气体组分产生等离子体 316。等离子体 316 中的离子撞击溅射靶 200 的表面从而使得分子从溅射靶 200 的表面发射出去。已经射离溅射靶 200 的部分材料与等离子体 316 中的氧气发生化学反应以形成氧化物分子。溅射靶 200 与基层 312 之间的电压差使得所发射的分子在基层 312 的表面上形成所期望的薄膜 314。

15 图 3B 描述在上述溅射过程中的溅射靶 200 的微观视图。在分子水平上，观察到溅射靶 200 由铁磁性合金 323 的分子以及金属  $X_2$  分子 324 构成，其中  $X_2$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。溅射靶 200 的表面 322 受到等离子体的溅射气体组分的高能离子 325 的撞击，从而溅射靶 200 的分子从表面 322 射离。所发射的  $X_2$  分子 324 与等离子体中的氧气分子 326 发生反应以形成氧化物组团 328，该氧化物组团与所发射的铁磁性合金分子 327 并非处于热动力平衡状态。因此，当碰撞溅射室中的任何表面时，这些分子将趋于冷凝至固相。

25 图 3C 描述基层 312 的微观视图。基层 312 的表面 332 涂覆有从溅射靶 200 射离的分子，所述分子冷凝形成铁磁性材料的离散晶粒 334 以及氧化物组团的基质 336。氧化物组团的基质 336 用作铁磁性材料的晶粒 334 之间交互作用的绝缘抗磁屏障，由此提高该磁记录介质的信噪比。

30

应该理解，图 3A、3B 和 3C 并未按照比例绘制，并且仅为本发明特征的简化示意。

5 在图 4 中，流程图 400 示意溅射靶的反应溅射以沉积根据本发明的一个实施例的薄膜粒状介质的步骤。

10 在步骤 410 中，过程开始。在步骤 420 中，提供溅射靶，并且置于溅射室内。该溅射靶由具有基底金属的铁磁性合金构成。该溅射靶还由  $X_2$  构成，其中  $X_2$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。溅射室为其中能够容纳活性等离子体的真空室，并且其中可同时设置溅射靶以及基层。

15 在步骤 430 中，提供基层，并且置于溅射室中。如此定位该基层从而使得在溅射过程期间能够积聚薄膜。在步骤 440 中将同时包括非活性气体组分以及氧气的气体气氛导入溅射室中以形成局部真空。

20 在步骤 450 中，溅射室中的气体组分被激发以产生等离子体。通过在基层以及溅射靶之间施加电压差以激发所述的气体组分。在步骤 460 中，溅射靶材料做为粒状介质沉积到基层上。这种沉积是如此形成的，即溅射靶受到等离子体中的溅射气体组分的高能离子的撞击，从而溅射靶的分子从其表面射离。所发射的  $X_2$  的分子与等离子体中的氧气分子发生反应以形成氧化物组团。这些氧化物组团以及所发射的铁磁性合金的分子均不处于热动力平衡状态，并且因此当碰撞溅射室  
25 中的任何表面时将冷凝至其固态相。因此做为这样一种表面，在溅射期间所述基层便可积聚期望的材料薄膜。在步骤 470 中，过程结束。

30 图 5 描述一种薄膜堆层，其中已经在氧气环境中利用由根据本发明的一个实施例的增强成分构成的溅射靶反应溅射形成磁性数据存储层。

更具体的，磁记录介质 500 具有非磁性基底 501、种子层 502、至少一个底层 504、至少一个夹层 505、数据存储薄膜层 506，以及润滑层 508。该磁记录介质 500 上的数据存储薄膜层 506 由具有基底金属的铁磁性合金以及  $X_3$  氧化物构成，其中  $X_3$  为具有小于 0.266nm 的原子直径以及高于基底金属的氧化电位的金属。在可选配置中，磁记录介质 500 不具有种子层 502、底层 504、夹层 505 和/或润滑层 508。

鉴于磁记录介质中的氧化物材料的功能在于用作晶粒间交互作用的绝缘抗磁屏障，本发明的特征包括在溅射期间  $X_3$  比其它基质材料更加快速的扩散到晶粒间界面处并且更易于被氧化。在这方面，考虑将表 2 中的金属用于有效粒状磁性介质中的氧化物的首选。当从表 2 的金属中选择的  $X_3$  结合有最低的原子直径 ( $<0.18\text{nm}$ ) 和最高的氧化电位 ( $<-1.0\text{eV}$ ) 时这些特征更为显著。

15

表 2  
按照最小原子半径排序的金属

元素	氧化电位* 离子半径+	原子半径+	原子半径+
Mn	-1.185	1.12	0.67
Be	-1.847	1.14	0.27
Cr	-0.744	1.25	0.55
V	-1.175	1.34	0.54
Ga	-0.539	1.35	0.62
Zn	-0.7618	1.39	0.74
Ti	-1.63	1.46	0.61
Nb	-1.099	1.46	0.64
Ta	-0.6	1.46	0.64
Cd	-0.403	1.51	0.95
Li	-3.0401	1.52	0.76
Hf	-1.55	1.59	0.71
Zr	-1.45	1.60	0.72
Te	-1.143	1.60	0.56-0.97
Mg	-2.7	1.61	0.72
Sc	-2.077	1.64	0.75
Ce	-2.336	1.72	1.02
Er	-2.331	1.76	0.89
Ho	-2.33	1.77	0.90
Dy	-2.295	1.77	0.91
Tb	-2.28	1.78	0.92
Th	-1.899	1.79	0.94
Sm	-2.304	1.80	0.96
Gd	-2.279	1.80	0.94
Pm	-2.3	1.81	0.97
Nd	-2.323	1.82	0.98
Pr	-2.353	1.83	0.99
Na	-2.71	1.86	1.02
La	-2.379	1.88	1.03
Ca	-2.868	1.98	1.00
Eu	-1.991	2.04	0.95
Sr	-2.899	2.15	1.08
Ba	-2.912	2.22	1.35
K	-2.931	2.31	1.38
Rb	-2.98	2.48	1.52
Cs	-3.026	2.65	1.67

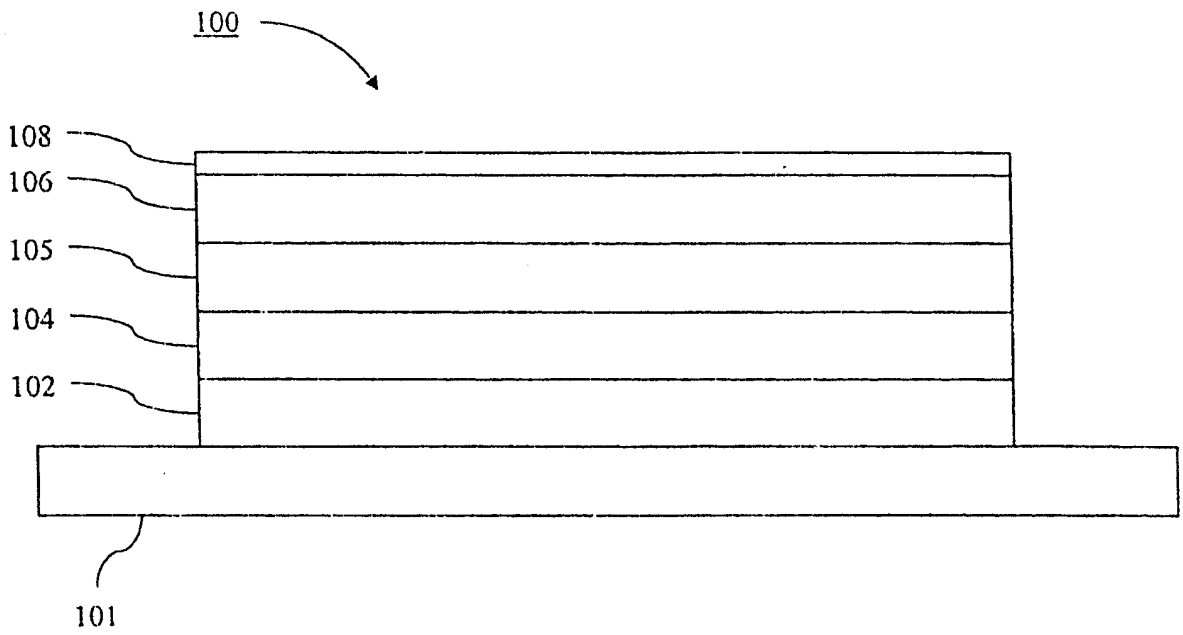
\* eV  
+ 埃

而且，磁记录介质包括高于 0 原子百分数并且低于 15 原子百分

数的  $X_3$ 。

已经结合具体的示意性实施例描述了本发明。应该理解，本发明不应局限于上述实施例并且在不背离本发明精神和范围的前提下可由本领域普通技术人员做出各种变化和修改。

5



**图1**  
现有技术

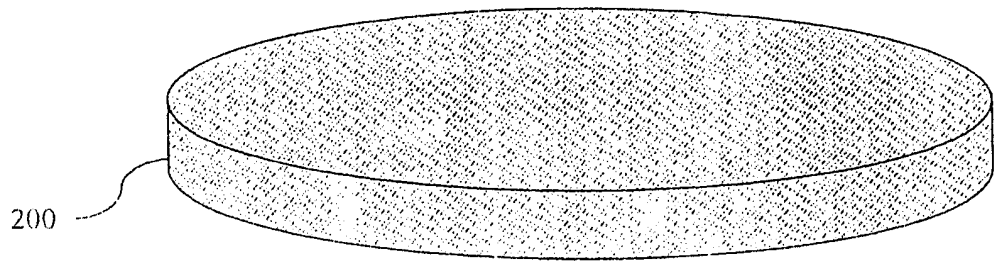
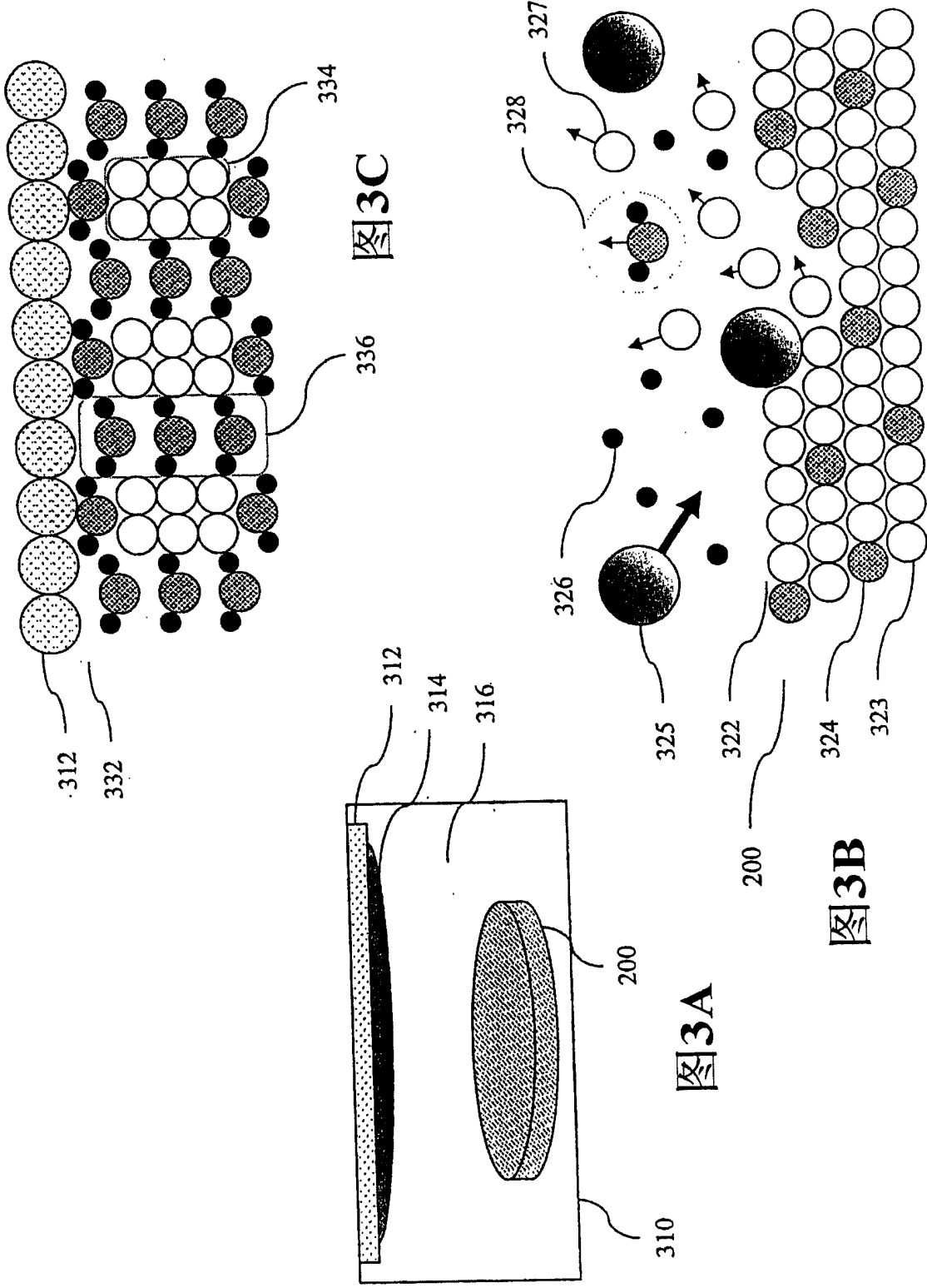


图2



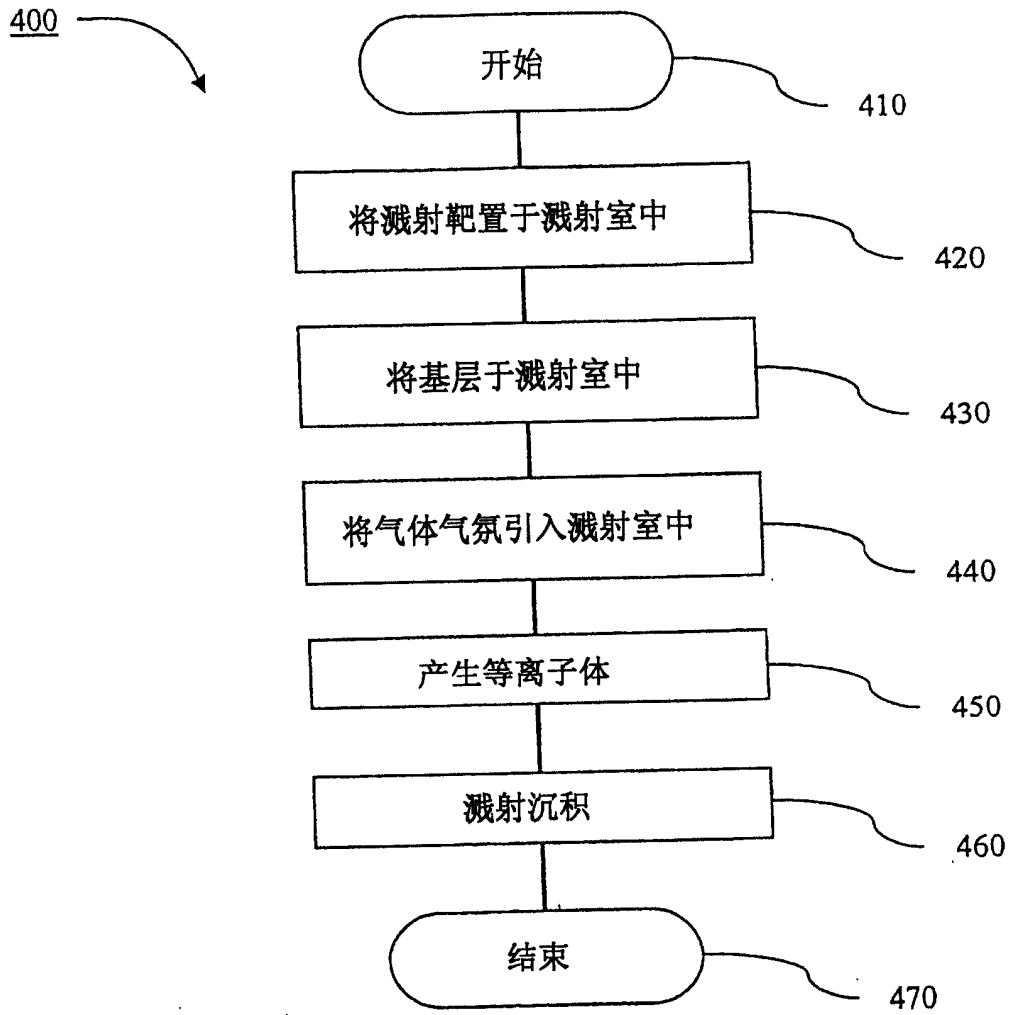


图4

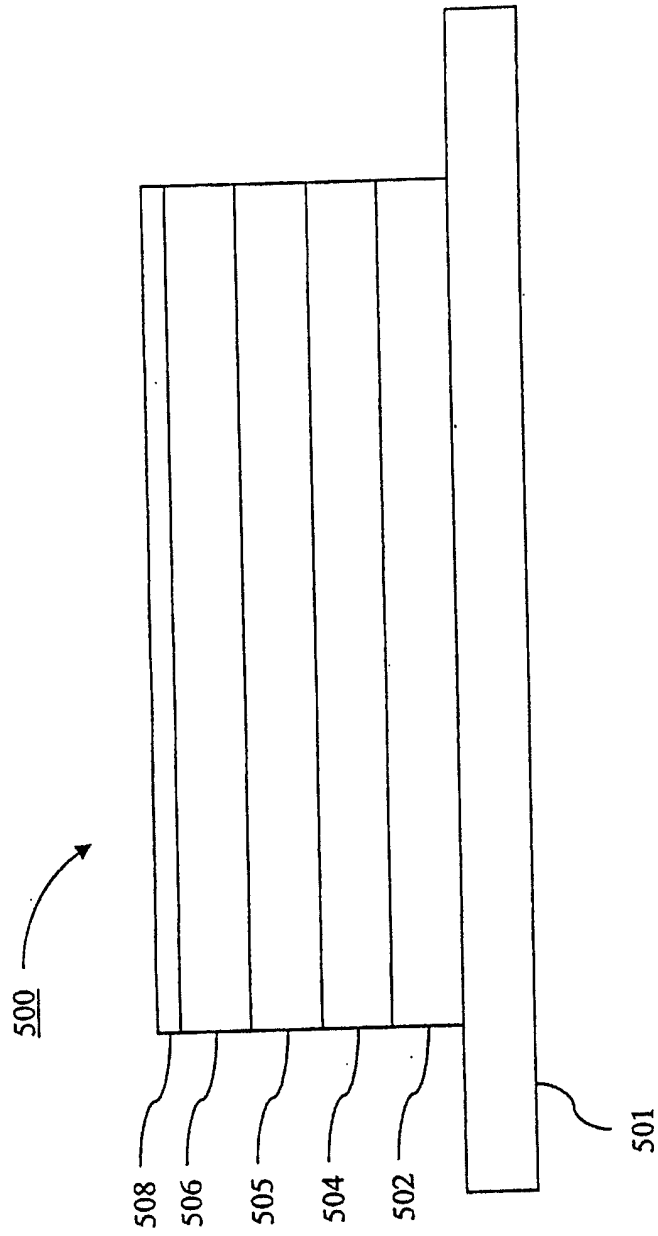


图5