

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 5 月 6 日 (06.05.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/083166 A1

(51) 国际专利分类号:

C23C 14/35 (2006.01) C22C 27/06 (2006.01)
C23C 14/16 (2006.01) C22C 21/00 (2006.01)
C23C 14/58 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/124223

(22) 国际申请日: 2020 年 10 月 28 日 (28.10.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

201911029280.8 2019 年 10 月 28 日 (28.10.2019) CN

(71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。

(72) 发明人: 刘仲武 (LIU, Zhongwu); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号华南理工大学材料科学与工程学院, Guangdong 510640 (CN)。 何家

毅 (HE, Jiayi); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号华南理工大学材料科学与工程学院, Guangdong 510640 (CN)。 邱万奇 (QIU, Wanqi); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号华南理工大学材料科学与工程学院, Guangdong 510640 (CN)。 余红雅 (YU, Hongya); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号华南理工大学材料科学与工程学院, Guangdong 510640 (CN)。 钟喜春 (ZHONG, Xichun); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号华南理工大学材料科学与工程学院, Guangdong 510640 (CN)。

(74) 代理人: 北京方圆嘉禾知识产权代理有限公司 (FANG & ASSOCIATES); 中国北京市海淀区中关村彩和坊路 8 号天创科技大厦 1104-2, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: METHOD FOR IMPROVING COERCIVITY, WEAR RESISTANCE AND CORROSION RESISTANCE PROPERTIES OF NEODYMIUM IRON BORON MAGNET

(54) 发明名称: 一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法

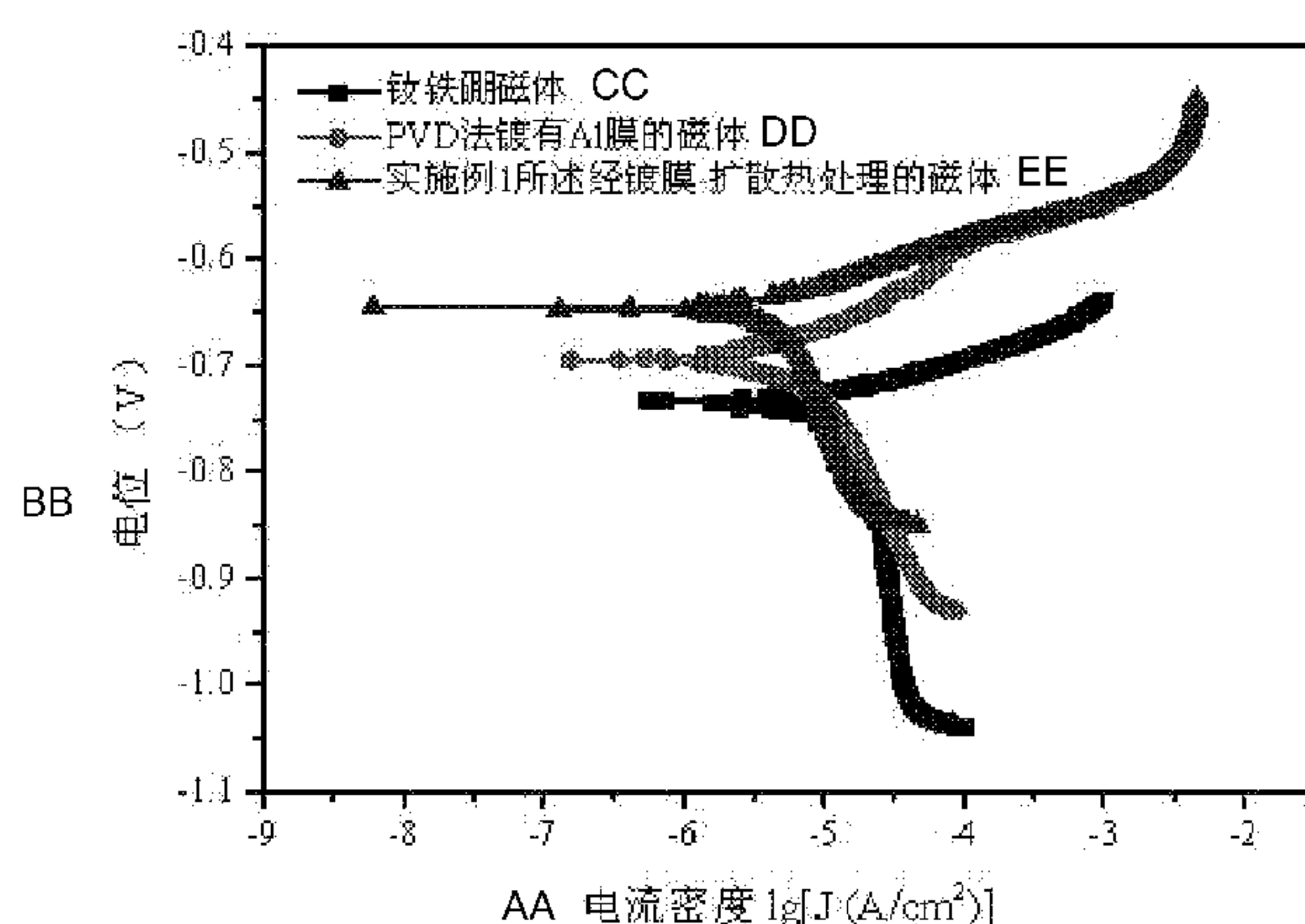


图 5

AA Current density
BB Potential
CC Neodymium iron boron magnet
DD Magnet that is coated with an Al film by a PVD method
EE Coated-diffusion heat-treated magnet described in example 1

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of neodymium iron boron permanent magnet preparation, and disclosed is a method for improving the coercivity, wear resistance and corrosion resistance properties of a neodymium iron boron magnet. An Al-Cr alloy is used as a target material to prepare an Al-Cr alloy layer on the surface of a neodymium iron boron magnet matrix by means of magnetron sputtering, and then a diffusion heat treatment is carried out in an air atmosphere. The Al-Cr coating obtained by the present invention may effectively improve the magnetic properties of the neodymium iron boron magnet, especially the coercivity, by means of the diffusion heat treatment process. At the same time, the Al-Cr metal/oxide coating has better metallic luster, higher hardness and wear resistance, and better scratch resistance properties than pure Al coatings, and has very good corrosion resistance properties. The diffusion heat treatment in the air reduces the requirements for heat treatment equipment, and the production costs are low.

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：
— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要：本发明属于钕铁硼永磁体制备技术领域，公开了一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法。以Al-Cr合金作为靶材，通过磁控溅射在钕铁硼磁体基体表面制备Al-Cr合金层，然后在大气气氛下进行扩散热处理。本发明获得的Al-Cr镀层经过扩散热处理工艺可有效提高钕铁硼磁体的磁性能，特别是矫顽力。与此同时，所述的Al-Cr金属/氧化物镀层相比于纯Al镀层具有更好的金属光泽、更高的硬度和耐磨性、更好的抗划伤能力，并且具有很好的耐腐蚀性能。在空气中进行扩散热处理降低了对热处理设备的要求，生产成本低。

一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法

本申请要求于 2019 年 10 月 28 日提交中国专利局、申请号为 201911029280.8、发明名称为“一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请
5 中。

技术领域

本发明属于钕铁硼永磁体制备技术领域，具体涉及一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法。

背景技术

钕铁硼稀土永磁材料因拥有优异的磁性能，在计算机、航空航天、新能源和智能通讯等领域已取得了广泛的应用。钕铁硼磁体性价比高，体积小的同时具有较大的磁能积。商用烧结钕铁硼的成型工艺包括成分设计、冶炼、破碎与制粉、取向压制成型、烧结、回火、机加工及表面处理等过
15 程。

在钕铁硼永磁电机的服役过程中，为适应高温、高湿等苛刻的工况，要求钕铁硼磁体有高的矫顽力和较好的耐腐蚀性能。然而，商用烧结钕铁硼磁体在烧结过程中，容易在主相($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$)的附近产生大块聚集在三角晶界处的富钕相，不利于生产较高矫顽力的磁体。这个问题可以通过后续的烧结后的回火热处理工艺或晶界扩散工艺对磁体组织进行调控优化。而工业生产中钕铁硼磁体的热处理多在真空或惰性气体的保护下进行，对热处理设备要求较高，从而增加了生产成本。传统的稀土晶界扩散工艺虽能有效提高磁体矫顽力，但扩散所用稀土价格昂贵，导致生产成本升高。而且铽(Tb)、镝(Dy)、镨(Pr)等稀土元素的加入会严重降低钕铁硼磁体的剩磁，导致磁能积下降。
20 25

此外，因为商用烧结钕铁硼磁体具有多相结构并在表面存在较多空洞，容易与外界介质发生作用并产生腐蚀，导致磁性能严重下降。针对钕铁硼磁体耐腐蚀性能差这个问题，常用有效的方法是用化学或物理的方法在磁体表面沉积耐蚀金属镀层，从而提高磁体耐蚀性。传统的电镀镍/铜/镍(Ni-Cu-Ni)以及镀锌(Zn)工艺成熟，但对环境造成污染，不符合可持续
30

-2-

绿色发展的理念。近年来,人们采用真空蒸镀或者电弧离子镀等气相沉积的方法,在钕铁硼磁体表面沉积纯 Al 镀层。与传统的电镀法相比,物理气相沉积法(PVD)具有环境友好的一大优点,而且其可保证成膜均匀,形状稳定性好。但采用 PVD 法制备的 Al 镀层硬度较低(仅为 1~2GPa),易划伤失效,使得钕铁硼基体再次暴露在外界环境中,从而易遭腐蚀。另外,经晶界扩散或回火热处理后进行镀膜处理具有膜层与磁体结合力较低等弊端。虽然有专利提供了通过钝化液钝化或者阳极氧化法等方法以提高 Al 镀层硬度,但工艺复杂,而且会产生废液,使得 PVD 法的优势大打折扣。Cr 镀层耐腐蚀性良好,硬度较高,有较美观的金属光泽。然而,用 PVD 法在烧结钕铁硼磁体表面沉积的 Cr 镀层,与基体结合力差,脆性大,使用过程中容易崩落。有学者提出用 PVD 法在烧结钕铁硼表面沉积 Cr/Cr₂O₃ 或 Al/Al₂O₃ 多层膜,以提高镀层硬度、增加耐磨性,但此工艺在工业生产中工艺复杂,生产成本低。

据已有报道,微量的非稀土金属元素,如铝(Al)、铬(Cr)、铜(Cu)、锌(Zn)、镁(Mg)等合金可加入至钕铁硼磁体中优化磁体组织结构,在不牺牲剩磁的条件下提高矫顽力。相比于传统的稀土晶界扩散,其更节省稀土元素的用量,而且能提高磁体的耐腐蚀性能。其中 Al 原子可进入钕铁硼主相中,替换硼(B)原子的位置,形成各向异性场更高的 Nd-(Fe,Al)相;Al 也可起到促进形成薄层状富钕相的作用,增加主相晶粒之间的去磁耦合作用,从而提高磁体矫顽力。而 Cr 原子则可部分替代主相中的铁(Fe)原子,亦可提高磁体矫顽力。同时 Al、Cr 两种金属是两种具有表面钝化作用的金属,具有良好的耐腐蚀性能。

因此,如何更好地结合磁体晶界扩散以及表面镀膜工艺,以简单、低成本的工艺制备出矫顽力较高、耐磨耐蚀性能好的钕铁硼磁体,是目前对商用钕铁硼急需解决的问题之一。

发明内容

针对以上现有技术存在的缺点和不足之处,本发明的目的在于提供一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法。

本发明目的通过以下技术方案实现:

一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法,包括如下步骤:

-3-

以 Al-Cr 合金作为靶材，通过磁控溅射在钕铁硼磁体基体表面制备 Al-Cr 合金层，然后在大气气氛下（无惰性气体或真空保护）进行扩散热处理。

5 优选地，所述 Al-Cr 合金靶材中 Al 的含量为 40~85wt.%，Cr 的含量为 15~60wt.%。

本发明所用的钕铁硼磁体，对其来源没有特别限制，可以包括烧结钕铁硼磁体或热压、热变形钕铁硼磁体。

优选地，所述钕铁硼磁体为 N38 烧结钕铁硼磁体。

优选地，所述磁控溅射在压力为 0.5~1.0Pa 的 Ar 气氛下进行。

10 优选地，所述磁控溅射的基体的温度为 20~100℃。

优选地，所述磁控溅射的功率密度为 5.5~6.5W/cm²。

优选地，所述磁控溅射的基体偏压为 0~-300V。

优选地，所述磁控溅射的溅射时间为 30~150min。

优选地，所述 Al-Cr 合金层的厚度为 6μm。

15 优选地，所述基体在磁控溅射之前在 Ar 气压力为 1Pa，-800~-1000V 的负偏压下溅射清洗 10~20min。

优选地，所述扩散热处理的温度为 350~650℃，保温时间为 1~5h。

优选地，所述扩散热处理的升温速率为 15~25℃/min。

20 与现有针对钕铁硼磁体的表面镀膜处理、晶界扩散及其扩散热处理工艺相比，本发明的方法具有如下优点及有益效果：

（1）通过镀膜后进行扩散热处理可使部分 Al、Cr 原子扩散至磁体内部，进一步调控优化磁体组织结构，提高磁性能（特别是矫顽力），同时形成冶金结合，增加了镀层的结合力。

25 （2）扩散热处理过程中扩散物不包含稀土元素，从而在提高磁体矫顽力的同时进一步节省了稀土用量。

（3）通过镀膜后进行空气中扩散热处理能使 Al-Cr 合金镀层表面热氧化成 Al-Cr 氧化物。这种成分连续变化的膜层结构能有效提高镀层硬度、耐磨性以及耐腐蚀性能，同时也能保证镀层有较好的韧性。

30 （4）不使用惰性气氛或真空保护，可以降低热处理设备的要求，节省生产成本。

-4-

(5) PVD 制备 Al 镀层颜色偏白, 缺乏金属光泽, 但加入 Cr 元素后, 镀层呈现银白色的金属光泽, 装饰效果更好, 能更好地符合市场需求。

(6) 加入 Cr 元素后, 溅射速率加快, 可在更短的时间里在磁体表面沉积出较厚的镀层。

5 (7) 本镀层制备方法环境友好, 符合绿色发展的环保理念。

附图说明

图 1 为实施例 1 中经过镀膜-扩散热处理制备的 Al-Cr 合金/氧化物镀层的微观形貌图及元素分析图;

10 图 2 为实施例 1~3 所得经过镀膜-扩散热处理的磁体表面与 PVD 法沉积 Al 膜于烧结钕铁硼表面的外观形貌对比图;

图 3 为实施例 1 经过镀膜-扩散热处理的磁体 (b) 与原始磁体 (a) 的组织结构对比图;

图 4 为实施例 1 经过镀膜-扩散热处理的磁体与原始 N38 钕铁硼磁体的磁性能对比图;

15 图 5 为实施例 1 经过镀膜-扩散热处理的磁体与原始钕铁硼磁体、PVD 法镀有 Al 膜的磁体的耐腐蚀性对比图。

具体实施方式

下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述, 但本发明的实施方式不限于此。

实施例 1

本实施例采用 85wt.%Al 的 Al-Cr 靶材通过磁控溅射及扩散热处理改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能:

(1) 依据磁控溅射系统靶材尺寸, 订制含 85wt.%Al 的 Al-Cr 靶材;

25 (2) 用 N38 烧结钕铁硼磁体作基体, 将基体抛光至镜面后, 在丙酮与无水乙醇中超声清洗 15 分钟后, 置于 50°C 烘箱中烘干;

(3) 安装 Al-Cr 合金溅射靶至连接有直流溅射电源靶位, 调节基体与靶材之间距离至 80mm, 将烘干的样品置于样品台, 抽真空并开启红外烘烤至 150°C, 抽至本底真空度后, 关闭真空烘烤, 将基体冷却至室温;

30 (4) 向真空室通入氩气 (Ar) 至 1Pa, 基体施加 -900V 的负偏压, 开启直流溅射系统, 样品在负偏压下溅射清洗 15min;

—5—

(5) 逐渐减少 Ar 气流量, 使真空度维持在 0.5~0.8Pa 范围, 将负偏压调整至 -50~-80V, 用 5.5~6.0W/cm² 的功率密度沉积 90min, 可沉积出约 6μm 的 Al-Cr 合金膜 (图 1);

5 (6) Al-Cr 合金膜沉积完成后, 关闭溅射镀膜电源, 抽至本底真空后, 炉冷却至室温后取出样品。

(7) 镀膜后样品置于通入空气的热处理炉中, 以 15°C/min 的升温速率升温至 550°C 进行扩散热处理, 保温 2h。随后炉冷至室温, 取出样品。

本实施例中, 经过镀膜-扩散热处理后, 制备出 Al-Cr 合金/氧化物镀层的微观形貌图及元素分析图如图 1 所示。所得磁体表面与 PVD 法沉积 Al 膜于烧结钕铁硼表面的外观形貌对比图如图 2 所示, 其外观为银白色, 10 有较好的装饰效果, 表面致密平整, 硬度为 10.5GPa; 镀层与基体结合力高, 受撞击性冲击不破裂, 不脱落, 能满足大部分抗划伤耐蚀镀层要求。所得磁体 (b) 与原始磁体 (a) 的组织结构对比图如图 3 所示, 磁体组织结构得到优化。所得镀膜-扩散热处理的磁体与原始 N38 钕铁硼磁体的磁性能对比图如图 4 所示。磁体磁性能有一定的提高, 在剩磁和最大磁能积 15 没有明显变化的条件下, 矫顽力提升约 7.2%。此外所得镀膜-扩散热处理的磁体与原始钕铁硼磁体、PVD 法镀有 Al 膜的磁体的耐腐蚀性对比图如图 5 所示。磁体耐腐蚀性能比 PVD 法制备的纯 Al 镀层更好。

实施例 2

20 本实施例采用 70wt.%Al 的 Al-Cr 靶材通过磁控溅射及扩散热处理改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能:

(1) 依据磁控溅射系统靶材尺寸, 订制含 70wt.%Al 的 Al-Cr 靶材;

(2) 用 N38 烧结钕铁硼磁体作基体, 将基体抛光至镜面后, 在丙酮与无水乙醇中超声清洗 15 分钟后, 置于 50°C 烘箱中烘干;

25 (3) 安装 Al-Cr 合金溅射靶至连接有直流溅射电源靶位, 调节基体与靶材之间距离至 80mm, 将烘干的样品置于样品台, 抽真空并开启红外烘烤至 150°C, 抽至本底真空度后, 关闭真空烘烤, 将基体冷却至室温;

(4) 向真空室通入 Ar 气至 1Pa, 基体施加 -800V 的负偏压, 开启直流溅射系统, 样品在负偏压下溅射清洗 15min;

30 (5) 逐渐减少 Ar 气流量, 使真空度维持在 0.5~0.8Pa 范围, 将负偏

—6—

压调整至-50~-80V, 用 $5.5\sim 6.0\text{W}/\text{cm}^2$ 的功率密度沉积 90min, 可沉积出约 $6.5\ \mu\text{m}$ 的 Al-Cr 合金膜;

(6) Al-Cr 合金膜沉积完成后, 关闭溅射镀膜电源, 抽至本底真空后, 炉冷却至室温后取出样品。

5 (7) 镀膜后样品置于通入空气的热处理炉中, 以 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 350°C 进行扩散热处理, 保温 5h。随后炉冷至室温, 取出样品。

本实施例中, 经过镀膜-扩散热处理后, 制备出的 Al-Cr 合金/氧化物镀层外观为银灰色薄膜 (见图 2), 有良好的装饰效果, 表面致密平整, 硬度为 11.1GPa ; 薄膜的韧性较好, 与基体结合力较高, 受一般冲击载荷冲击镀层不破裂, 不脱落。在剩磁和最大磁能积没有明显变化的条件下, 矫顽力提升约 8.7%。磁体耐腐蚀性能比 PVD 法镀纯 Al 的更好。

实施例 3

本实施例采用 55wt.%Al 的 Al-Cr 靶材通过磁控溅射及扩散热处理改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能:

15 (1) 依据磁控溅射系统靶材尺寸, 订制含 55wt.%Al 的 Al-Cr 靶材;

(2) 用 N38 烧结钕铁硼磁体作基体, 将基体抛光至镜面后, 在丙酮与无水乙醇中超声清洗 15 分钟后, 置于 50°C 烘箱中烘干;

(3) 安装 Al-Cr 合金溅射靶至连接有直流溅射电源靶位, 调节基体与靶材之间距离至 80mm, 将烘干的样品置于样品台, 抽真空并开启红外烘烤至 150°C , 抽至本底真空度后, 关闭真空烘烤, 将基体冷却至室温;

(4) 向真空室通入 Ar 气至 1Pa, 基体施加 -900V 的负偏压, 开启直流溅射系统, 样品在负偏压下溅射清洗 15min;

(5) 逐渐减少 Ar 气流量, 使真空度维持在 $0.5\sim 0.8\text{Pa}$ 范围, 将负偏压调整至-50~-80V, 用 $5.5\sim 6.0\text{W}/\text{cm}^2$ 的功率密度沉积 90min, 可沉积出约 $6\ \mu\text{m}$ 的 Al-Cr 合金膜;

(6) Al-Cr 合金膜沉积完成后, 关闭溅射镀膜电源, 抽至本底真空后, 炉冷却至室温后取出样品。

(7) 镀膜后样品置于通入空气的热处理炉中, 以 $25^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 650°C 进行扩散热处理, 保温 1h。随后炉冷至室温, 取出样品。

30 本实施例中, 经过镀膜-扩散热处理后, 制备的 Al-Cr 合金/氧化物镀

-7-

层为银灰色薄膜(见图2),有良好的装饰效果,表面平整,硬度为11.6GPa;薄膜的韧性较好,与基体结合力较高,受一般冲击载荷冲击镀层不破裂,不脱落。能满足大多数抗划伤耐蚀性薄膜要求。在剩磁和最大磁能积没有明显变化的条件下,矫顽力提升约6.1%。磁体耐腐蚀性能比PVD法镀纯Al的更好。

实施例4

本实施例采用40wt.%Al的Al-Cr靶材通过磁控溅射及扩散热处理改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能:

(1) 依据磁控溅射系统靶材尺寸,订制含40wt.%Al的Al-Cr靶材;

(2) 用N38烧结钕铁硼磁体作基体,将基体抛光至镜面后,在丙酮与无水乙醇中超声清洗15分钟后,置于50℃烘箱中烘干;

(3) 安装Al-Cr合金溅射靶至连接有直流溅射电源靶位,调节基体与靶材之间距离至80mm,将烘干的样品置于样品台,抽真空并开启红外烘烤至150℃,抽至本底真空度后,关闭真空烘烤,将基体冷却至室温;

(4) 向真空室通入Ar气至1Pa,基体施加-900V的负偏压,开启直流溅射系统,样品在负偏压下溅射清洗15min;

(5) 逐渐减少Ar气流量,使真空度维持在0.5~0.8Pa范围,将负偏压调整至-50~-80V,用5.5~6.0W/cm²的功率密度沉积90min,可沉积出约6μm的Al-Cr合金膜;

(6) Al-Cr合金膜沉积完成后,关闭溅射镀膜电源,抽至本底真空后,炉冷却至室温后取出样品。

(7) 镀膜后样品置于通入空气的热处理炉中,以20℃/min的升温速率升温至500℃进行扩散热处理,保温2h。随后炉冷至室温,取出样品。

本实施例中,经过镀膜-扩散热处理后,制备的Al-Cr合金/氧化物镀层为银白色薄膜,有较好的装饰效果,表面致密平整,硬度为9.7GPa;薄膜的韧性较好,与基体结合力较高,受一般冲击载荷冲击镀层不破裂,不脱落。能满足大多数抗划伤耐蚀性薄膜要求。在剩磁和最大磁能积没有明显变化的条件下,矫顽力提升约4%。磁体耐腐蚀性能比PVD法镀纯Al的更好。

上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上

—8—

述实施例的限制, 其它的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化, 均应为等效的置换方式, 都包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1.一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：包括如下步骤：

以 Al-Cr 合金作为靶材，通过磁控溅射在钕铁硼磁体基体表面制备
5 Al-Cr 合金层，然后在大气气氛下进行扩散热处理。

2.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：所述 Al-Cr 合金靶材中 Al 的含量为 40~85wt.%，Cr 的含量为 15~60wt.%。

3.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能
10 的方法，其特征在于：所述钕铁硼磁体包括烧结钕铁硼磁体、热压钕铁硼磁体或热变形钕铁硼磁体。

4.根据权利要求1或3所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：所述钕铁硼磁体为 N38 烧结钕铁硼磁体。

5.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能
15 的方法，其特征在于：所述磁控溅射在压力为 0.5~1.0Pa 的 Ar 气氛下进行。

6.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：所述磁控溅射的基体的温度为 20~100℃。

7.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能
20 的方法，其特征在于：所述磁控溅射的功率密度为 5.5~6.5W/cm²。

8.根据权利要求1和5~7中任一项所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：所述磁控溅射的基体偏压为 0~-300V；磁控溅射的溅射时间为 30~150min。

9.根据权利要求8所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能
25 的方法，其特征在于：所述 Al-Cr 合金层的厚度为 6μm。

10.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：所述磁控溅射前还包括：钕铁硼磁体基体在 Ar 气压力为 1Pa，-800~-1000V 的负偏压下溅射清洗 10~20min。

11.根据权利要求1所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能
30 的方法，其特征在于：所述扩散热处理的温度为 350~650℃，保温时间

—10—

为 1~5h。

12.根据权利要求11所述的一种改善钕铁硼磁体矫顽力和耐磨耐蚀性能的方法，其特征在于：所述扩散热处理的升温速率为 15~25°C/min。

说明书附图

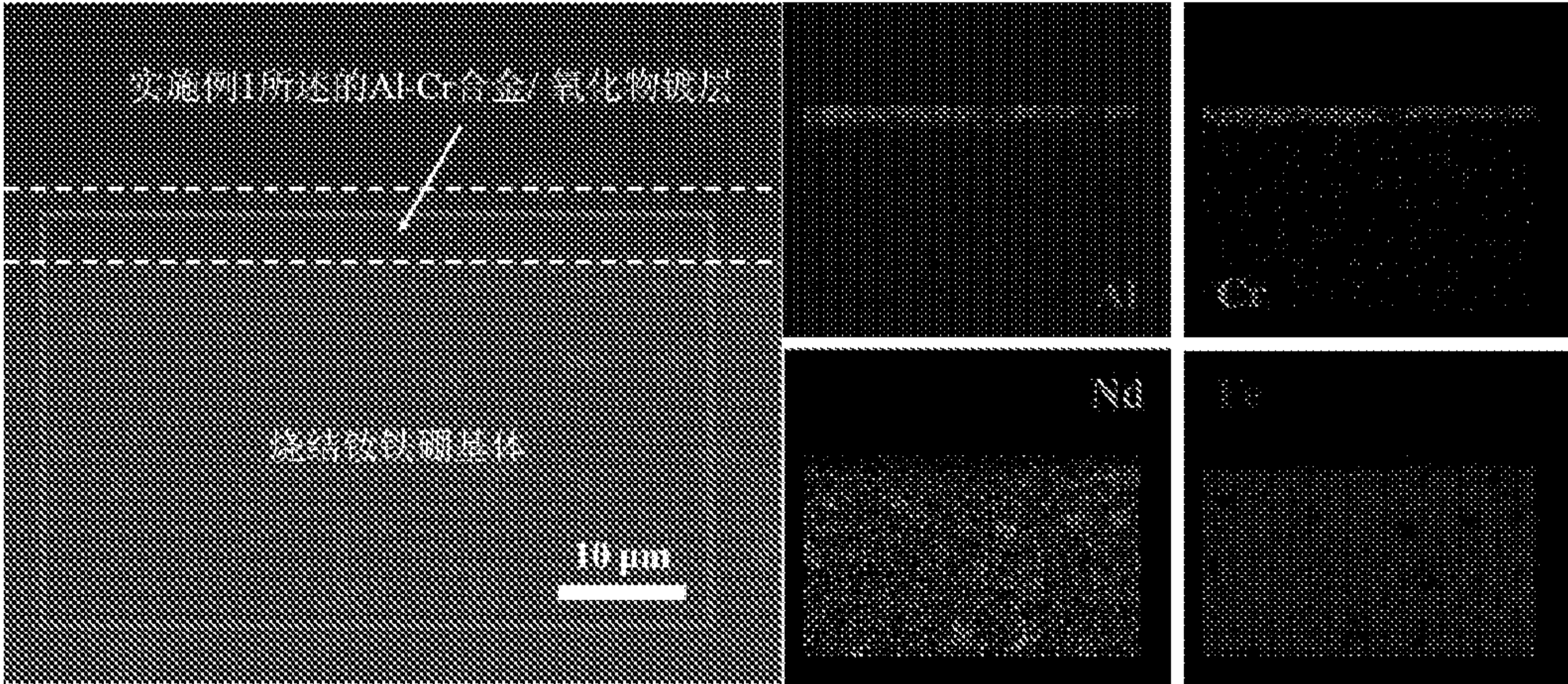


图 1

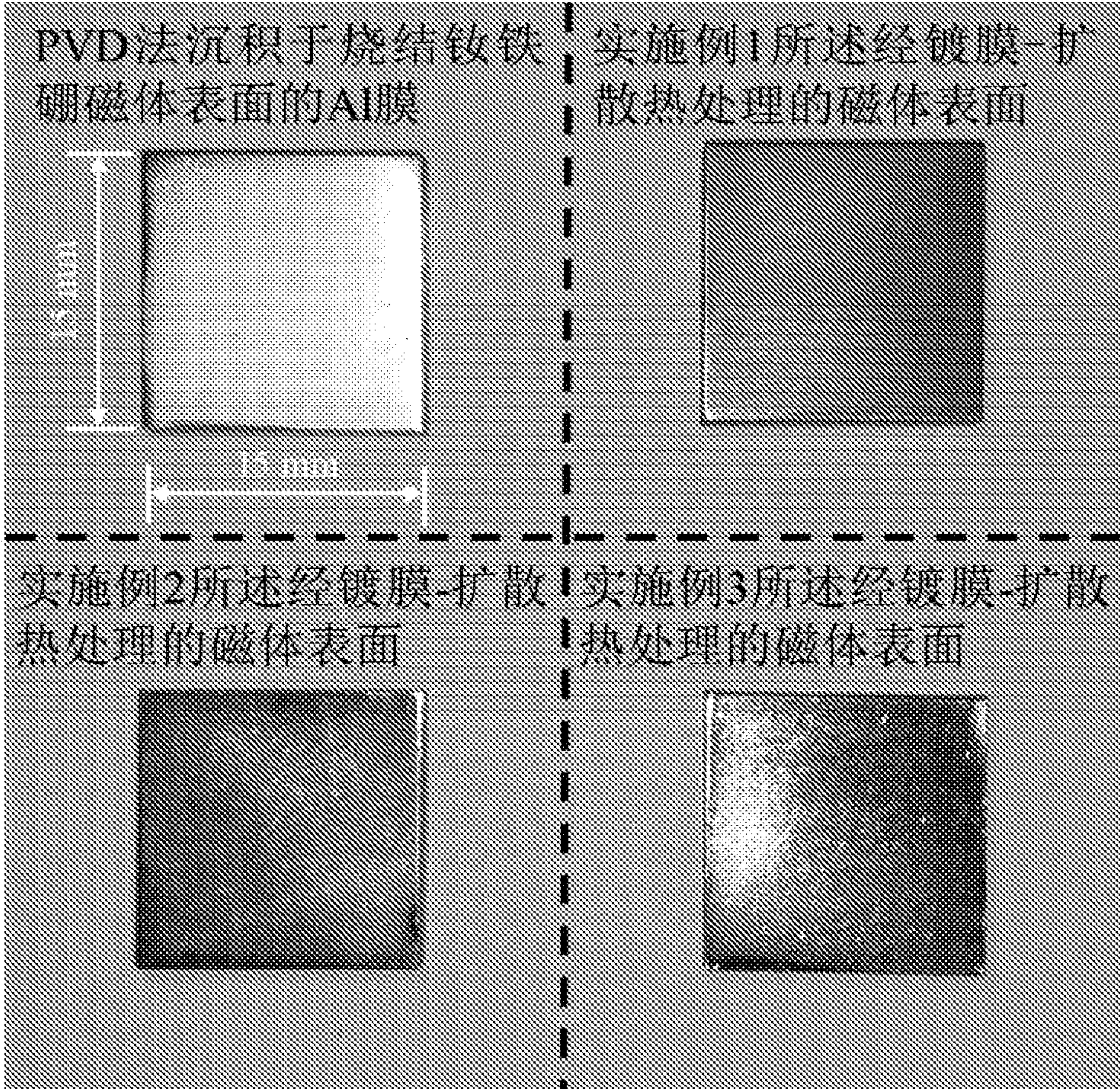


图 2

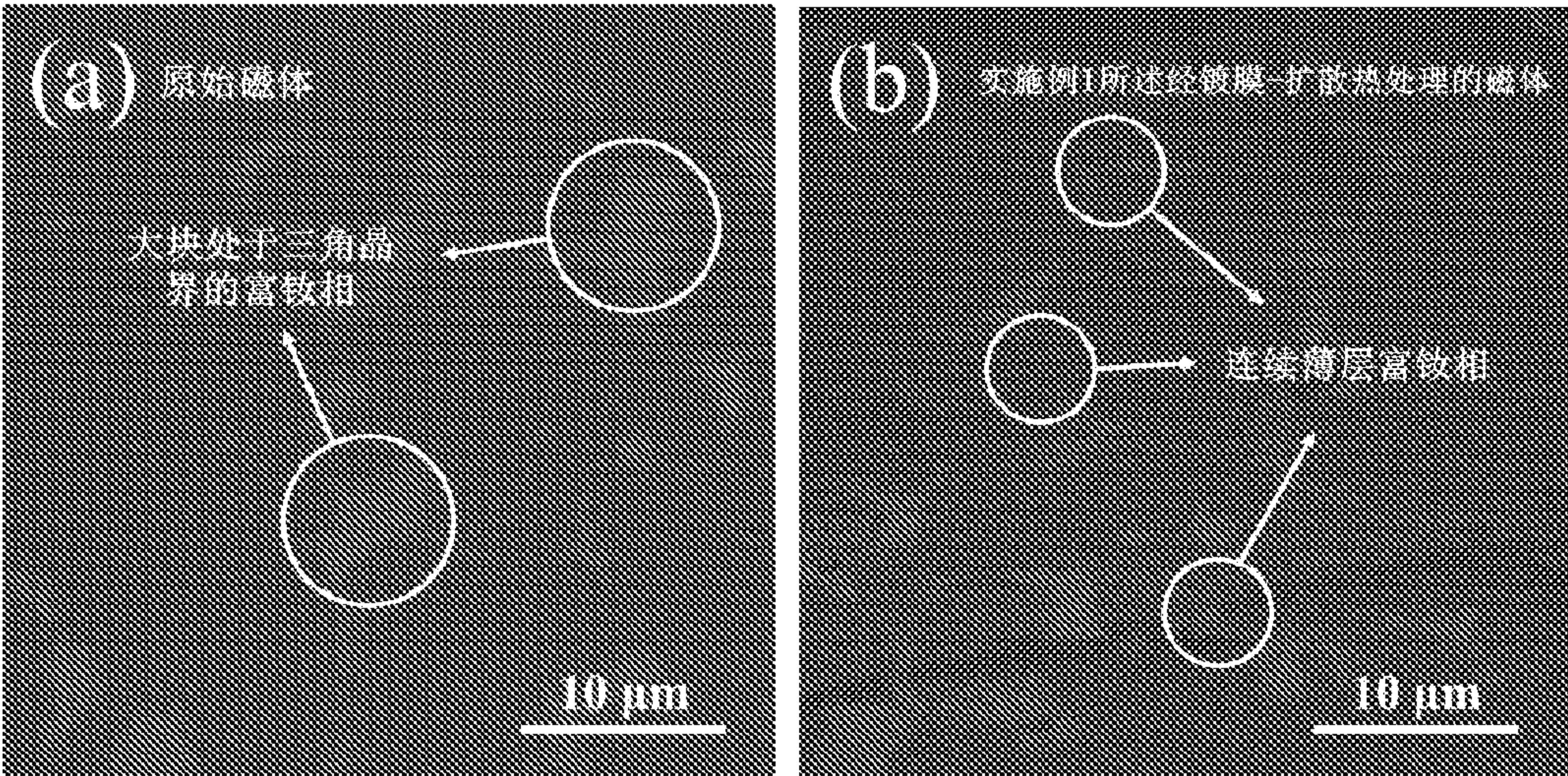


图 3

5

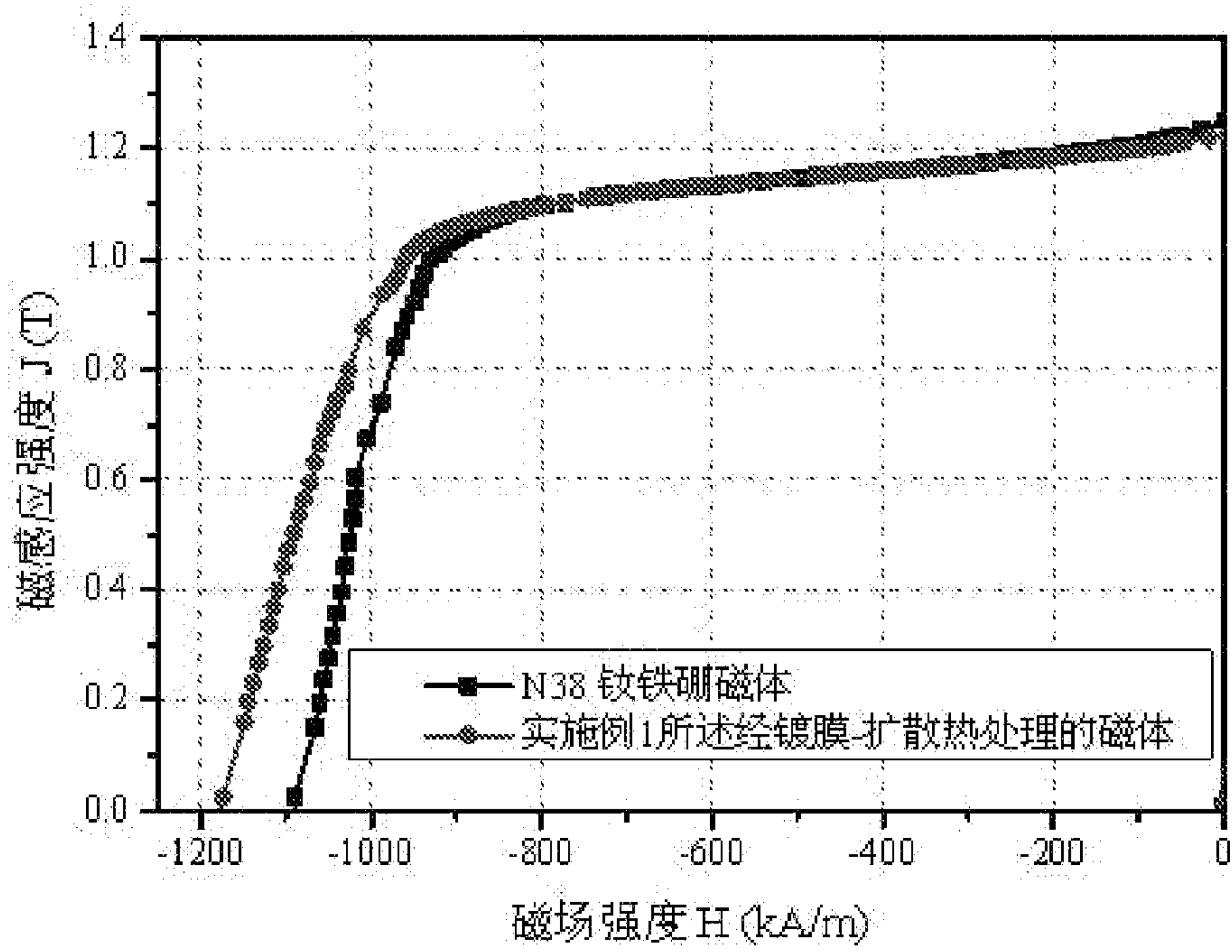


图 4

10

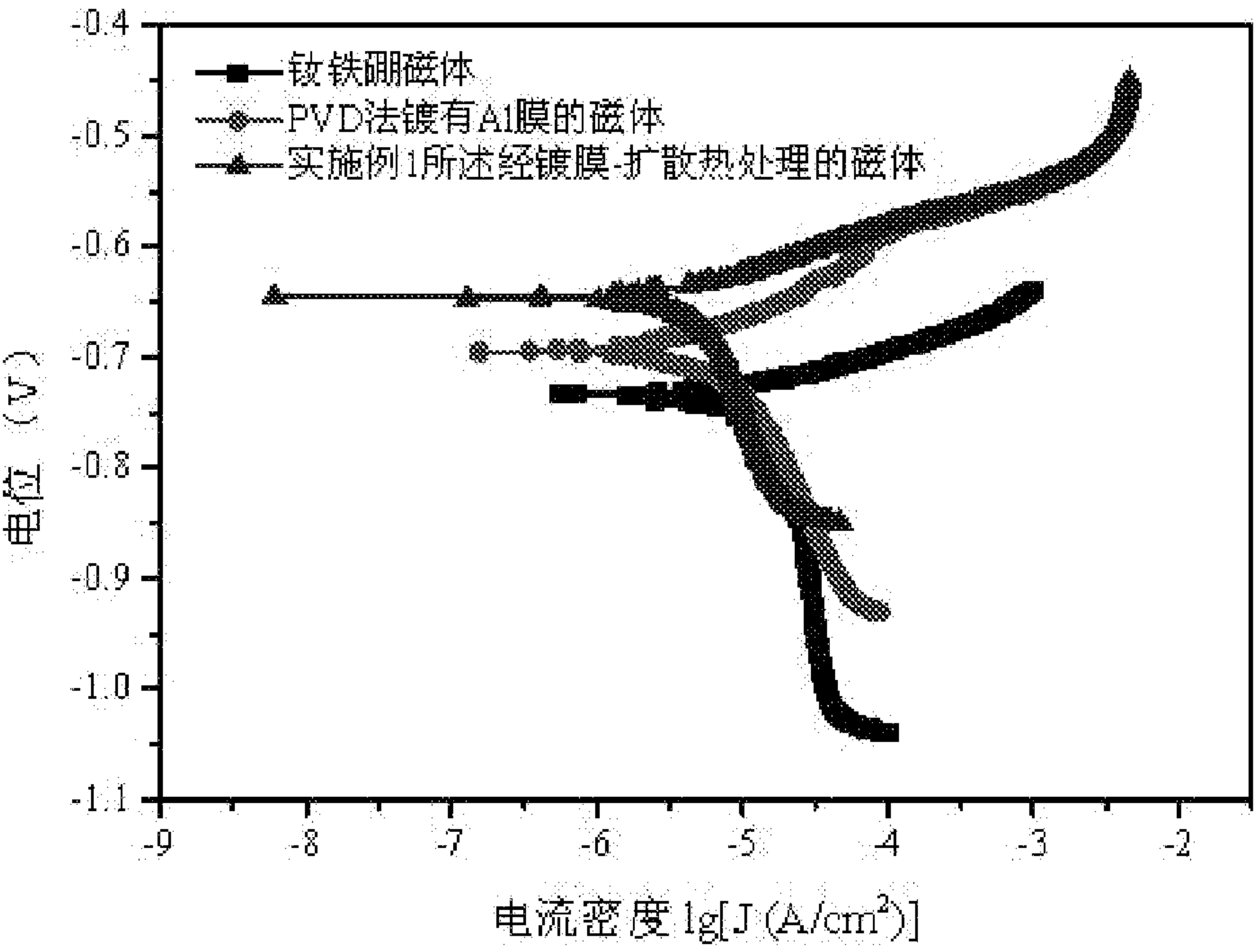


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/124223

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C 14/35(2006.01)i; C23C 14/16(2006.01)i; C23C 14/58(2006.01)i; C22C 27/06(2006.01)i; C22C 21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C 14/-,C22C 27/-,C22C 21/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN, CNTXT, EPTXT, USTXT, WOTXT, CNKI: 钕铁硼, 铝, Al, 铬, Cr, 磁体, 溅射, 扩散, 热处理; NdFeB, aluminum, Al, chromium, Cr, magnet, sputter+, diffus+, heat treatment

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110656315 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 07 January 2020 (2020-01-07) description, paragraphs [0007]-[0042]	1-12
X	CN 102191464 A (BEIJING ZHONG KE SAN HUAN HI-TECH CO., LTD.) 21 September 2011 (2011-09-21) description, paragraphs [0011]-[0019] and [0027]	1-12
X	CN 106198366 A (NINGBO INTERNATIONAL INSTITUTE OF MATERIALS GENOME ENGINEERING CO., LTD.) 07 December 2016 (2016-12-07) description, paragraphs [0007]-[0017]	1-12
A	CN 109402556 A (BAOTOU CAS-TECH COATING CO., LTD.) 01 March 2019 (2019-03-01) entire document	1-12
A	CN 110133029 A (HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY) 16 August 2019 (2019-08-16) entire document	1-12
A	CN 102031522 A (BAI, Xuekai) 27 April 2011 (2011-04-27) entire document	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 November 2020

Date of mailing of the international search report

26 November 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/124223

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP S6187246 A (SEIKO EPSON CORP.) 02 May 1986 (1986-05-02) entire document	1-12
A	CN 103456451 A (NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 18 December 2013 (2013-12-18) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/124223

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110656315	A	07 January 2020	None			
CN	102191464	A	21 September 2011	CN	102191464	B	10 December 2014
CN	106198366	A	07 December 2016	None			
CN	109402556	A	01 March 2019	None			
CN	110133029	A	16 August 2019	None			
CN	102031522	A	27 April 2011	CN	102031522	B	17 October 2012
JP	S6187246	A	02 May 1986	None			
CN	103456451	A	18 December 2013	CN	103456451	B	21 September 2016

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2020/124223
A. 主题的分类 C23C 14/35(2006.01)i; C23C 14/16(2006.01)i; C23C 14/58(2006.01)i; C22C 27/06(2006.01)i; C22C 21/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) C23C 14/-, C22C 27/-, C22C 21/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) VEN, CNTXT, EPTXT, USTXT, WOTXT, CNKI:钕铁硼, 铝, Al, 铬, Cr, 磁体, 溅射, 扩散, 热处理; NdFeB, aluminum, Al, chromium, Cr, magnet, sputter+, diffus+, heat treatment		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 110656315 A (华南理工大学) 2020年 1月 7日 (2020 - 01 - 07) 说明书第[0007]-[0042]段	1-12
X	CN 102191464 A (北京中科三环高技术股份有限公司) 2011年 9月 21日 (2011 - 09 - 21) 说明书第[0011]-[0019]段及[0027]段	1-12
X	CN 106198366 A (宁波国际材料基因工程研究院有限公司) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 说明书第[0007]-[0017]段	1-12
A	CN 109402556 A (包头中科泰磁涂层科技有限责任公司) 2019年 3月 1日 (2019 - 03 - 01) 全文	1-12
A	CN 110133029 A (杭州电子科技大学) 2019年 8月 16日 (2019 - 08 - 16) 全文	1-12
A	CN 102031522 A (白雪铠) 2011年 4月 27日 (2011 - 04 - 27) 全文	1-12
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 11月 10日		国际检索报告邮寄日期 2020年 11月 26日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 赵妍妍 电话号码 86-010-62084737

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP S6187246 A (SEIKO EPSON CORP) 1986年 5月 2日 (1986 - 05 - 02) 全文	1-12
A	CN 103456451 A (南京理工大学等) 2013年 12月 18日 (2013 - 12 - 18) 全文	1-12

国际申请号
PCT/CN2020/124223

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110656315	A	2020年 1月 7日		无		
CN	102191464	A	2011年 9月 21日	CN	102191464	B	2014年 12月 10日
CN	106198366	A	2016年 12月 7日		无		
CN	109402556	A	2019年 3月 1日		无		
CN	110133029	A	2019年 8月 16日		无		
CN	102031522	A	2011年 4月 27日	CN	102031522	B	2012年 10月 17日
JP	S6187246	A	1986年 5月 2日		无		
CN	103456451	A	2013年 12月 18日	CN	103456451	B	2016年 9月 21日