

(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
2018 年 5 月 3 日 (03.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/077180 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01F 41/18 (2006.01) **H01F 3/02** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/107630
- (22) 国际申请日: 2017 年 10 月 25 日 (25.10.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610929057.9 2016 年 10 月 31 日 (31.10.2016) CN
- (71) 申请人: 北京北方华创微电子装备有限公司 (BEIJING NAURA MICROELECTRONICS EQUIPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。
- (72) 发明人: 杨玉杰 (YANG, Yujie); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。丁培军 (DING, Peijun); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(CN)。张同文 (ZHANG, Tongwen); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。夏威 (XIA, Wei); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。王厚工 (WANG, Hougong); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京天昊联合知识产权代理有限公司 (TEE & HOWE INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 中国北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 D 座 10 层张天舒, Beijing 100005 (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, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,

(54) Title: MAGNETIC THIN FILM LAMINATE STRUCTURE DEPOSITION METHOD, MAGNETIC THIN FILM LAMINATE STRUCTURE AND MICRO-INDUCTOR DEVICE

(54) 发明名称: 磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构及微电感器件

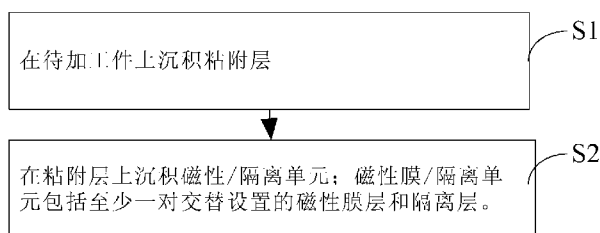


图 2

- S1 DEPOSIT ADHESIVE LAYER ON WORKPIECE TO BE PROCESSED
- S2 DEPOSIT MAGNETIC/ISOLATION UNIT, MAGNETIC/ISOLATION UNIT COMPRISING AT LEAST ONE PAIR OF MAGNETIC FILM LAYER AND ISOLATION LAYER WHICH ARE ALTERNATELY ARRANGED

(57) Abstract: A magnetic thin film laminate structure deposition method, a magnetic thin film laminate structure and a micro-inductor device. The deposition method comprises the following steps: S1, depositing an adhesive layer (1) on a workpiece to be processed; S2, depositing a magnetic/isolation unit, the magnetic/isolation unit comprising at least one pair of a magnetic film layer (2) and an isolation layer (3) which are alternately arranged. The magnetic thin film laminate structure deposition method, magnetic thin film laminate structure and micro-inductor device increase the total thickness of the magnetic thin film laminate structure, thereby expanding the application frequency range of the inductor device prepared from the structure.

(57) 摘要: 一种磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构及微电感器件, 该沉积方法包括以下步骤: S1, 在待加工工件上沉积粘附层 (1); S2, 沉积磁性/隔离单元; 磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层 (2) 和隔离层 (3); 该磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构及微电感器件, 可以增大磁性薄膜叠层结构的总厚度, 从而可拓宽由其制备所得的电感器件的应用频率范围。

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, 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))。

磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构及微电感器件

技术领域

本发明涉及微电子技术领域，具体地，涉及一种磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构及微电感器件。

背景技术

随着科学技术的发展，集成电路制造工艺已可以显著缩小处理器的尺寸，但是仍然有一些诸如集成电感、噪声抑制器等的核心元器件在高频化、微型化、集成化等方面面临诸多困难。为了解决此问题，具有高磁化强度、高磁导率、高共振频率及高电阻率的软磁薄膜材料引起人们越来越多的关注。

图 1 为现有的磁性薄膜叠层结构的结构图。如图 1 所示，磁性薄膜叠层结构是通过交替设置隔离层和磁性膜层而形成，其中，在所述待加工工件上直接沉积隔离层。

但在上述磁性薄膜叠层结构中，由于磁性膜层拉应力大、质脆，由该磁性膜层所得的上述磁性薄膜叠层结构不易做厚，且若制备的上述磁性薄膜叠层结构总厚度超过 500nm，因磁性膜层拉应力大、质脆的特性导致磁性薄膜叠层结构拉应力也相应较大，由此会出现上述磁性薄膜叠层结构脱落其所附的待加工工件（或龟裂脱落）的现象，因此其不适用于制备微电感器件。此外，由于上述磁性薄膜叠层结构不易做厚，因而由其制备所得电感器件的应用频率范围通常仅为 1~5GHz，而无法涵盖 MHz 的频率范围。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构以及一种微电感器件，该磁性薄膜叠层结构的沉积方法可以增大磁性薄膜叠层结构的总厚度，拓宽由其制备的电感器件的应用频率范

围，并可将其应用在大尺寸被加工件上制作微电感器件。

为实现本发明的目的而提供一种磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其包括以下步骤：S1，在待加工工件上沉积粘附层；S2，在所述粘附层上沉积磁性/隔离单元；所述磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层和隔离层。

其中，在所述步骤 S2 中，在所述粘附层上沉积所述磁性膜层，在所述磁性膜层上沉积所述隔离层。

其中，交替进行所述步骤 S1 和所述步骤 S2 至少两次。

其中，磁性薄膜叠层结构的沉积方法还包括步骤 S3：在所述磁性/隔离单元上沉积一层所述磁性膜层。

其中，交替进行所述步骤 S1、所述步骤 S2 和所述步骤 S3 至少两次。

其中，所述粘附层采用具有压应力的材料制作。

其中，所述具有压应力的材料包括 Ta 薄膜、TaN 薄膜或者 TiN 薄膜。

其中，在所述步骤 S1 中，采用溅射工艺沉积所述粘附层，所述溅射工艺中，靶材与脉冲直流电源电连接，所述脉冲直流电源输出的溅射功率小于或等于 15kw；或者靶材与射频电源电连接，所述射频电源输出的溅射功率小于或等于 3kw；或者靶材与直流电源电连接，所述直流电源输出的溅射功率小于或等于 20kw。

其中，在所述靶材与脉冲直流电源电连接的情况下，所述脉冲直流电源输出的溅射功率的取值范围在 3~10kw；或者在所述靶材与射频电源电连接的情况下，所述射频电源输出的溅射功率的取值范围在 0.3~1.5kw；或者在所述靶材与直流电源电连接的情况下，所述直流电源输出的溅射功率的取值范围在 15~19kw。

其中，在所述步骤 S1 中，采用溅射工艺沉积所述粘附层，所述溅射工艺的工艺压力小于或等于 5mTorr。

其中，所述溅射工艺的工艺压力的取值范围在 0.5~2mTorr。

其中，所述磁性膜层采用具有软磁性的材料制作。

其中，所述具有软磁性的材料包括 NiFe 坡莫合金材料、

CoZrTa 非晶态材料、Co 基材料、Fe 基材料或者 Ni 基材料。

其中，在所述步骤 S2 中，采用溅射工艺沉积所述磁性膜层，所述溅射工艺中，靶材与激励电源电连接；所述激励电源输出的溅射功率小于或等于 2kw；所述溅射工艺的工艺压力小于或等于 5mTorr。

其中，所述溅射功率的取值范围在 0.5~1.5kw；所述溅射工艺的工艺压力的取值范围在 0.3~3mTorr。

其中，在沉积所述磁性膜层的同时，利用偏置磁场装置在用于沉积所述磁性薄膜叠层结构的晶片附近形成水平磁场，所述水平磁场用于使沉积的所述磁性膜层具有面内各向异性。

其中，所述隔离层由非导磁性材料制作。

其中，所述非导磁性材料包括 Cu、Ta、SiO₂ 或者 TiO₂。

其中，在所述步骤 S2 中，采用溅射工艺沉积所述隔离层，所述溅射工艺中，靶材与激励电源电连接；所述激励电源输出的溅射功率的小于或等于 5kw；所述溅射工艺的工艺压力小于或等于 20mTorr。

其中，所述激励电源输出的溅射功率的取值范围在 1~2kw；所述溅射工艺的工艺压力的取值范围在 9~12mTorr。

其中，所述粘附层厚度的取值范围在 50~300nm；所述磁性膜层厚度的取值范围在 30~200nm；所述隔离层厚度的取值范围在 3~10nm。

其中，所述粘附层厚度的取值范围在 80~200nm；所述磁性膜层厚度的取值范围在 50~150nm；所述隔离层厚度的取值范围在 5~8nm。

作为另一个方面，本发明还提供一种磁性薄膜叠层结构，其包括：粘附层；磁性/隔离单元；所述磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层和隔离层。

其中，所述磁性膜层位于所述粘附层上，所述隔离层位于所述磁性膜层上。

其中，所述的磁性薄膜叠层结构包括至少两个磁性薄膜叠层单元，其中，每个所述磁性薄膜叠层单元包括所述粘附层和所述

磁性/隔离单元。

其中，在所述磁性薄膜叠层结构的顶层还设置有一层所述磁性膜层。

其中，所述的磁性薄膜叠层结构包括至少两个磁性薄膜叠层单元，其中，每个所述磁性薄膜叠层单元包括所述粘附层、所述磁性/隔离单元和所述磁性膜层。

其中，所述磁性薄膜叠层结构的总厚度的取值范围在400~3000nm。

其中，所述交替设置的磁性膜层和隔离层的对数为2~50对。

其中，所述粘附层厚度的取值范围在3~50nm。

作为又一个方面，本发明还提供一种微电感器件，包括磁芯，所述磁芯采用本发明前述任意一方案所述的磁性薄膜叠层结构制备得到，所述微电感器件的应用频率的取值范围在100MHz~5GHz。

本发明具有以下有益效果：

本发明提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其在粘附层上沉积磁性/隔离单元，该粘附层可以改善由于磁性膜层的拉应力造成的磁性薄膜叠层结构的拉应力过大现象，从而可以制得总厚度较大的磁性薄膜叠层结构，进而拓宽由其制备的电感器件的应用频率范围；此外，由于粘附层对磁性薄膜叠层结构的应力调节作用，可在大尺寸被加工工件上制备厚度较大的磁性薄膜叠层结构，并可避免龟裂脱落现象。

本发明提供的磁性薄膜叠层结构，其磁性/隔离单元沉积于粘附层上，该粘附层可以调节磁性膜层的拉应力，进而调节磁性薄膜叠层结构的应力，从而使得包含粘附层的磁性薄膜叠层结构总厚度得以增大，进而拓宽了由其制备的电感器件的应用频率范围。

本发明提供的微电感器件，其包括由本发明提供的磁性薄膜叠层结构制备的磁芯，由于该磁性薄膜叠层结构总厚度得以增大，因而拓宽了该电感器件的应用频率范围，例如该微电感器件的应用频率的取值范围可以在100MHz~5GHz。

附图说明

图 1 为现有的磁性薄膜叠层结构的结构图；

图 2 为本发明第一实施例提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法的流程框图；

图 3 为采用本发明第一实施例提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法获得的磁性薄膜叠层结构的结构图；

图 4 为采用本发明第二实施例提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法获得的磁性薄膜叠层结构的结构图。

具体实施方式

为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图来对本发明提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法、磁性薄膜叠层结构及微电感器件进行详细描述。

图 2 为本发明第一实施例提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法的流程框图。图 3 为采用本发明第一实施例提供的沉积方法获得的磁性薄膜叠层结构的结构图。请一并参阅图 2 和图 3，磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其包括以下步骤：

S1，在待加工工件上沉积粘附层 1。

需要说明的是，在本发明实施例中的 S1 中，待加工工件包括表面上未沉积有薄膜的待加工工件，也包括表面上沉积有磁性膜层 2 或隔离层 3 的待加工工件。

S2，在粘附层 1 上沉积磁性/隔离单元，该磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层 2 和隔离层 3，所谓交替设置是指沿待加工工件的轴向交替地层叠设置。

其中，磁性/隔离单元中与粘附层 1 相接触的那一层为磁性膜层 2，相应地，在磁性膜层 2 上沉积隔离层 3。

隔离层 3 采用非导磁的材料制作，该非导磁性材料包括 Cu、Ta、SiO₂ 或者 TiO₂。隔离层 3 不仅可以对相邻的两层磁性膜层 2 进行隔离，减小磁通趋肤效应，而且还可以起到调节磁性薄膜叠

层结构的电阻率、减少涡流损耗以及提高磁性薄膜叠层结构的高频性能的作用。容易理解，为了使隔离层 3 充分发挥上述作用，可以在粘附层 1 上沉积磁性膜层 2，再在磁性膜层 2 上沉积隔离层 3，这样交替设置磁性膜层 2 和隔离层 3；进一步地，使最顶层为隔离层 3，可以进一步提高磁性薄膜叠层结构的电阻率。

而且，可选的，本发明提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法还可以包括以下步骤：

S3，在磁性/隔离单元上沉积一层磁性膜层 2。

在本实施例中，磁性膜层 2 和隔离层 3 的对数为 4 对，且在最上层的隔离层 3 上再沉积一层磁性膜层 2。即，磁性膜层 2 的总层数为 5 层；隔离层 3 的总层数为 4 层。当然，在实际应用中，也可以省去步骤 S3，即，磁性膜层 2 和隔离层 3 的总层数相等。

借助上述粘附层 1，可以改善由磁性膜层 2 的拉应力作用造成的磁性薄膜叠层结构的拉应力过大现象，从而可以制得总厚度较大的磁性薄膜叠层结构，拓宽由其制备的电感器件的适用频率范围。

粘附层 1 可以采用诸如 Ta 薄膜、TaN 薄膜或者 TiN 薄膜等的具有压应力的材料制作，以起到调节磁性薄膜叠层结构的拉应力的作用。

对磁性薄膜叠层结构而言，磁性薄膜叠层结构其性能由磁性膜层 2 以及隔离层 3 共同决定。磁性膜层 2 形成微电感的磁芯，增加磁通。隔离层 3 起到隔离相邻的两层磁性膜层 2 的作用，并调节磁性膜层 2 的电阻率，减少涡流损耗，提高高频性能。优选的，通过步骤 S3 在磁性/隔离单元上沉积一层磁性膜层 2，可以进一步增加磁性薄膜叠层结构中的磁性膜层 2 的总体厚度，从而可以增加磁性能，进而在实际应用过程中可以对所需磁性薄膜叠层结构的磁性能进行匹配。

下面对粘附层 1 的沉积方法进行详细描述。

具体地，在步骤 S1 中，采用溅射工艺沉积粘附层 1。进行该溅射工艺的设备主要包括反应腔室、靶材、用于承载基片的基座和脉冲直流电源，其中，靶材设置在反应腔室内的顶部，基座设

置在反应腔室内，且位于该靶材的下方，可选的，靶材与基座之间的竖直间距（即，靶基间距）为 30~90mm。而且，靶材与脉冲直流电源电连接，用于向靶材加载溅射功率，以激发反应腔室内的工艺气体形成等离子体，并轰击靶材而溅射出靶材材料，并沉积在晶片表面，以形成薄膜。由于受限于工艺过程中所用到的光刻胶的耐温范围，在工艺整合中，采用较低的溅射功率更容易对晶片及其上光刻胶的温度进行控制，而采用靶材与脉冲直流电源电连接，在该较低的溅射功率下仍可得到应力调节效果较优的粘附层 1。

进行上述溅射工艺的参数为：脉冲直流电源输出的溅射功率小于或等于 15kw；溅射工艺的工艺压力小于或等于 5mTorr。优选的，为了满足工艺整合需求，提高工艺效果，脉冲直流电源输出的溅射功率的取值范围在 3~10kw。溅射工艺的工艺压力的取值范围在 0.5~2mTorr；溅射厚度的取值范围在 80~200nm。

可选的，在步骤 S1 中，上述靶材也可以与射频电源电连接，该射频电源输出的溅射功率小于或等于 3kw；或者，靶材还可以与直流电源电连接，该直流电源输出的溅射功率小于或等于 20kw。优选的，为了满足工艺整合需求，提高工艺效果，射频电源输出的溅射功率的取值范围在 0.3~1.5kw。或者，直流电源输出的溅射功率的取值范围在 15~19kw。

在步骤 S2 中，可以采用溅射工艺沉积磁性膜层 2。进行该溅射工艺的设备主要包括反应腔室、靶材、用于承载基片的基座、溅射电源和偏置磁场装置，其中，靶材设置在反应腔室内的顶部，基座设置在反应腔室内，且位于该靶材的下方，而且，靶材与溅射电源电连接，溅射电源用于向靶材加载溅射功率，以激发反应腔室内的工艺气体形成等离子体，并轰击靶材而溅射出靶材材料，并沉积在粘附层 1 的表面，从而形成磁性膜层 2。

此外，偏置磁场装置设置在反应腔室内，且包括极性相反的两组磁体组，两组磁体组分别设置在基座相对的两侧。该偏置磁场装置可以在反应腔室内靠近基座的区域形成水平磁场（平行于晶片表面），该水平磁场的磁场强度可以达到 50~300Gs，这使得

在进行溅射工艺时，沉积在晶片上的磁性材料的磁畴沿水平方向排列，从而能够在磁畴排列方向上形成易磁化场，而在与磁畴排列方向相互垂直的方向上形成难磁化场，即，形成面内各向异性场，进而获得面内各向异性的磁性薄膜叠层结构，以便用于制备微电感器件。

进行上述溅射工艺的参数为：激励电源输出的溅射功率小于或等于 2kw；溅射工艺的工艺压力小于或等于 5mTorr。优选的，为了满足工艺整合需求，优化磁性膜层的性能，提高工艺效果，激励电源输出的溅射功率的取值范围在 0.5~1.5kw；溅射工艺的工艺压力的取值范围在 0.3~3mTorr。

磁性膜层 2 采用具有软磁性的材料制作，该软磁性材料满足饱和磁化强度（Ms）高、剩余磁化强度（Mr）低、初始磁导率（ μ_i ）和最大磁导率（ μ_{max} ）高、矫顽力（Hc）小的条件，由此可迅速响应外磁场的变化，且能低损耗地获得高磁通密度。可选的，该具有软磁性的材料包括 NiFe 坡莫合金材料、CoZrTa 非晶态材料、Co 基材料、Fe 基材料或者 Ni 基材料。其中，NiFe 坡莫合金材料例如可以为 $Ni_{80}Fe_{20}$ 、 $Ni_{45}Fe_{55}$ 或者 $Ni_{81}Fe_{19}$ 等等。CoZrTa 非晶态材料例如可以为 $Co_{91.5}Zr_{4.0}Ta_{4.5}$ 等等。Co 基材料、Fe 基材料或者 Ni 基材料例如可以为 $Co_{60}Fe_{40}$ 、NiFeCr 等等。

在步骤 S2 中，可以采用溅射工艺沉积隔离层 3。进行该溅射工艺的设备主要包括反应腔室、靶材、用于承载基片的基座和溅射电源，其中，靶材设置在反应腔室内的顶部，基座设置在反应腔室内，且位于该靶材的下方。而且，靶材与溅射电源电连接。

进行上述溅射工艺的参数为：溅射电源输出的溅射功率小于或等于 5kw；溅射工艺的工艺压力小于或等于 20mTorr。优选的，为了满足工艺整合需求，提高工艺效果，溅射电源输出的溅射功率的取值范围在 1~2kw；溅射工艺的工艺压力的取值范围在 9~12mTorr。

可选的，粘附层 1 的厚度的取值范围在 50~300nm。磁性膜层 2 的厚度的取值范围在 30~200nm。隔离层 3 的厚度的取值范围在 3~10nm。优选的，粘附层 1 的厚度的取值范围在 80~200nm。

磁性膜层 2 的厚度的取值范围在 50~150nm。隔离层 3 的厚度的取值范围在 5~8nm。

图 4 为采用本发明第二实施例提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法获得的磁性薄膜叠层结构的结构图。请参阅图 4，本实施例提供的沉积方法与上述第一实施例相比，其区别在于：步骤 S1 和步骤 S2 交替进行至少两次，以获得区别于实施例一中的磁性薄膜叠层结构的结构。

具体来说，采用本实施例提供的沉积方法获得的磁性薄膜叠层结构包括 M 个磁性薄膜叠层单元，即，第一个磁性薄膜叠层单元 100、第二个磁性薄膜叠层单元 200、...、第 M 个磁性薄膜叠层单元，M 为大于 1 的整数。对于每个磁性薄膜叠层单元，包括粘附层 1 和磁性/隔离单元。其中，磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层 2 和隔离层 3，优选的，对于各磁性/隔离单元而言，与粘附层 1 相接触的那一层为磁性膜层 2，磁性膜层 2 上设置隔离层 3。

在磁性薄膜叠层结构厚度一定的情况下，若磁性膜层 2 及隔离层 3 的对数过多，则表明制备磁性膜层 2 及隔离层 3 的次数过多，由此对整个工艺设备系统而言，工艺次数很大，从而导致系统的工艺压力大，使得单位时间内的系统产能减小，从而导致该系统的生产成本增加；另一方面，若隔离层 3 及磁性膜层 2 的对数过少，会导致磁性薄膜叠层结构涉及到的各个粘附层 1、磁性膜层 2 和隔离层 3 的单层厚度较大，这将导致磁性薄膜叠层结构的性能受损。因此，对于磁性薄膜叠层结构而言，需要综合考量系统产能与磁性薄膜叠层结构的性能来优化磁性薄膜叠层结构总厚度以及各层厚度，特别是对隔离层 3 及磁性膜层 2 的对数的优化。优选的，隔离层 3 和磁性膜层 2 的对数为 2~50 对，该对数范围既可以满足对磁性薄膜叠层结构的性能要求，又可以保证良好的系统产能。

通过采用多层结构的磁性薄膜叠层结构，可以进一步增大磁性薄膜叠层结构的总厚度，从而拓宽由其制备的电感器件的应用频率范围。优选的，上述磁性薄膜叠层结构的总厚度的取值范围

在 400~3000nm。优选的，上述磁性薄膜叠层结构的应用频率的取值范围在 100MHz~5GHz。

在本实施例中，粘附层 1 的溅射厚度的取值范围在 3~50nm。磁性膜层 2 和隔离层 3 的厚度与上述第一实施例相同。此外，制备粘附层 1、磁性膜层 2 和隔离层 3 的其他工艺参数与上述第一实施例相同。

另外，在本实施例中，每进行一次步骤 S2，沉积一层磁性/隔离单元，即，相邻的两层粘附层 1 之间，具有单层磁性/隔离单元。但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，每进行一次步骤 S2，也可以沉积两层以上的磁性/隔离单元，即，相邻的两层粘附层 1 之间，具有连续设置的两层以上的磁性/隔离单元。

需要说明的是，在本实施例中，每个磁性薄膜叠层单元包括粘附层 1 和磁性/隔离单元。但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，每个磁性薄膜叠层单元包括粘附层 1、磁性/隔离单元和磁性膜层 2。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种磁性薄膜叠层结构，其包括粘附层 1 和磁性/隔离单元。其中，磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层 2 和隔离层 3。

可选的，磁性膜层 2 位于粘附层上，隔离层 3 位于磁性膜层 2 上。

可选的，如图 3 所示，在上述磁性薄膜叠层结构（包含有至少一对交替设置的磁性膜层 2 和隔离层 3）的顶层还设置有一层磁性膜层 2。

优选的，如图 4 所示，磁性薄膜叠层结构包括 M 个磁性薄膜叠层单元，即，第一个磁性薄膜叠层单元 100、第二个磁性薄膜叠层单元 200、...、第 M 个磁性薄膜叠层单元，M 为大于 1 的整数。对于每个磁性薄膜叠层单元，包括粘附层 1 和磁性/隔离单元。其中，磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层 2 和隔离层 3，可选的，磁性膜层 2 位于粘附层上，隔离层 3 位于磁性膜层 2 上。优选的，隔离层 3 和磁性膜层 2 的对数为 2~50 对。粘附层 1 的溅射厚度的取值范围在 3~50nm。

通过采用多层磁性薄膜叠层结构的结构，可以进一步增大磁性薄膜叠层结构的总厚度，从而拓宽由其制备的电感器件的应用频率的范围。优选的，上述磁性薄膜叠层结构的总厚度的取值范围在 400~3000nm。优选的，由上述磁性薄膜叠层结构制备的电感器件的应用频率的取值范围在 100MHz~5GHz。

另外，在本实施例中，相邻的两层粘附层 1 之间，具有单层磁性/隔离单元。但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，相邻的两层粘附层 1 之间，也可以具有连续设置的两层以上的磁性/隔离单元。

需要说明的是，在本实施例中，每个磁性薄膜叠层单元包括粘附层 1 和磁性/隔离单元。但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，每个磁性薄膜叠层单元还可以包括粘附层 1、磁性/隔离单元和磁性膜层 2。

本发明提供的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其在粘附层上沉积磁性/隔离单元，该粘附层可以调节由磁性膜层的拉应力造成的磁性薄膜叠层结构的拉应力过大现象，从而可以制得总厚度较大的磁性薄膜叠层结构，拓宽由其制备的电感器件的应用频率范围；此外，由于粘附层对磁性薄膜叠层结构的应力调节作用，可在大尺寸被加工工件上制备厚度较大的磁性薄膜叠层结构，避免龟裂脱落现象。

本发明实施例提供的磁性薄膜叠层结构，其磁性/隔离单元沉积于粘附层 1 上，该粘附层 1 可以调节由磁性膜层 2 的拉应力造成的磁性薄膜叠层结构的拉应力，增大磁性薄膜叠层结构的总厚度，从而拓宽了由其制备的电感器件的应用频率范围。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种微电感器件，其包括由本发明提供的上述磁性薄膜叠层结构制备的磁芯，由于该磁性薄膜叠层结构总厚度得以增大，因而拓宽了该电感器件的应用频率范围，例如该微电感器件的应用频率的取值范围在 100MHz~5GHz。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领

域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1，在待加工工件上沉积粘附层；

S2，在所述粘附层上沉积磁性/隔离单元；所述磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层和隔离层。

2. 根据权利要求 1 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，在所述步骤 S2 中，在所述粘附层上沉积所述磁性膜层，在所述磁性膜层上沉积所述隔离层。

3. 根据权利要求 1 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，交替进行所述步骤 S1 和所述步骤 S2 至少两次。

4. 根据权利要求 1 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，还包括步骤 S3：在所述磁性/隔离单元上沉积一层所述磁性膜层。

5. 根据权利要求 4 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，交替进行所述步骤 S1、所述步骤 S2 和所述步骤 S3 至少两次。

6. 根据权利要求 1-5 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，所述粘附层采用具有压应力的材料制作。

7. 根据权利要求 6 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，所述具有压应力的材料包括 Ta 薄膜、TaN 薄膜或者 TiN 薄膜。

8. 根据权利要求 1-5 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，

其特征在于，在所述步骤 S1 中，采用溅射工艺沉积所述粘附层，所述溅射工艺中，靶材与脉冲直流电源电连接，所述脉冲直流电源输出的溅射功率小于或等于 15kw；或者

靶材与射频电源电连接，所述射频电源输出的溅射功率小于或等于 3kw；或者

靶材与直流电源电连接，所述直流电源输出的溅射功率小于或等于 20kw。

9. 根据权利要求 8 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于：
在所述靶材与脉冲直流电源电连接的情况下，所述脉冲直流电源输出的溅射功率的取值范围在 3~10kw；或者

在所述靶材与射频电源电连接的情况下，所述射频电源输出的溅射功率的取值范围在 0.3~1.5kw；或者

在所述靶材与直流电源电连接的情况下，所述直流电源输出的溅射功率的取值范围在 15~19kw。

10. 根据权利要求 1-5 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，在所述步骤 S1 中，采用溅射工艺沉积所述粘附层，
所述溅射工艺的工艺压力小于或等于 5mTorr。

11. 根据权利要求 10 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，所述溅射工艺的工艺压力的取值范围在 0.5~2mTorr。

12. 根据权利要求 1-5 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在于，所述磁性膜层采用具有软磁性的材料制作。

13. 根据权利要求 12 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法，其特征在

于, 所述具有软磁性的材料包括 NiFe 坡莫合金材料、CoZrTa 非晶态材料、Co 基材料、Fe 基材料或者 Ni 基材料。

14. 根据权利要求 1-4 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于, 在所述步骤 S2 中, 采用溅射工艺沉积所述磁性膜层, 所述溅射工艺中, 靶材与激励电源电连接;

所述激励电源输出的溅射功率小于或等于 2kw;

所述溅射工艺的工艺压力小于或等于 5mTorr。

15. 根据权利要求 14 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于, 所述溅射功率的取值范围在 0.5~1.5kw;

所述溅射工艺的工艺压力的取值范围在 0.3~3mTorr。

16. 根据权利要求 1-5 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于, 在沉积所述磁性膜层的同时, 利用偏置磁场装置在用于沉积所述磁性薄膜叠层结构的晶片附近形成水平磁场, 所述水平磁场用于使沉积的所述磁性膜层具有面内各向异性。

17. 根据权利要求 1-5 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于, 所述隔离层由非导磁性材料制作。

18. 根据权利要求 17 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于, 所述非导磁性材料包括 Cu、Ta、SiO₂ 或者 TiO₂。

19. 根据权利要求 1-5 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于, 在所述步骤 S2 中, 采用溅射工艺沉积所述隔离层, 所述溅射工艺中, 靶材与激励电源电连接;

所述激励电源输出的溅射功率的小于或等于 5kw;
所述溅射工艺的工艺压力小于或等于 20mTorr。

20. 根据权利要求 19 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于,

所述激励电源输出的溅射功率的取值范围在 1~2kw;
所述溅射工艺的工艺压力的取值范围在 9~12mTorr。

21. 根据权利要求 1-5 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于,

所述粘附层厚度的取值范围在 50~300nm;
所述磁性膜层厚度的取值范围在 30~200nm;
所述隔离层厚度的取值范围在 3~10nm。

22. 根据权利要求 21 所述的磁性薄膜叠层结构的沉积方法, 其特征在于,

所述粘附层厚度的取值范围在 80~200nm;
所述磁性膜层厚度的取值范围在 50~150nm;
所述隔离层厚度的取值范围在 5~8nm。

23. 一种磁性薄膜叠层结构, 其特征在于, 包括:

粘附层;

磁性/隔离单元; 所述磁性/隔离单元包括至少一对交替设置的磁性膜层和隔离层。

24. 根据权利要求 23 所述的磁性薄膜叠层结构, 其特征在于, 所述磁性膜层位于所述粘附层上, 所述隔离层位于所述磁性膜层上。

25. 根据权利要求 23 所述的磁性薄膜叠层结构，其特征在于，包括至少两个磁性薄膜叠层单元，其中，每个所述磁性薄膜叠层单元包括所述粘附层和所述磁性/隔离单元。

26. 根据权利要求 23 所述的磁性薄膜叠层结构，其特征在于，在所述磁性薄膜叠层结构的顶层还设置有一层所述磁性膜层。

27. 根据权利要求 23 所述的磁性薄膜叠层结构，其特征在于，包括至少两个磁性薄膜叠层单元，其中，每个所述磁性薄膜叠层单元包括所述粘附层、所述磁性/隔离单元和所述磁性膜层。

28. 根据权利要求 23-27 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构，其特征在于，所述磁性薄膜叠层结构的总厚度的取值范围在 400~3000nm。

29. 根据权利要求 23-27 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构，其特征在于，所述交替设置的磁性膜层和隔离层的对数为 2~50 对。

30. 根据权利要求 23-27 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构，其特征在于，所述粘附层厚度的取值范围在 3~50nm。

31. 一种微电感器件，包括磁芯，其特征在于，所述磁芯采用如权利要求 23-27 任意一项所述的磁性薄膜叠层结构制备，所述微电感器件的应用频率的取值范围在 100MHz~5GHz。

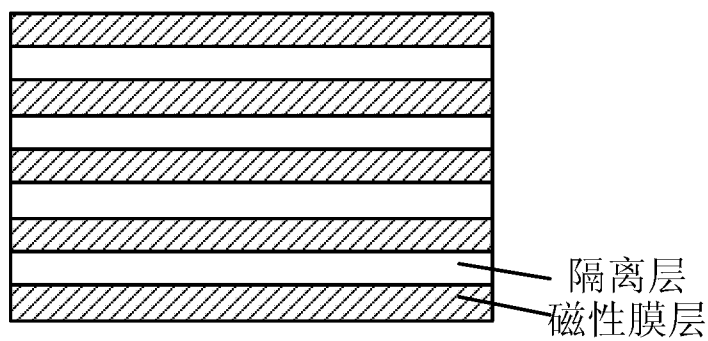


图 1

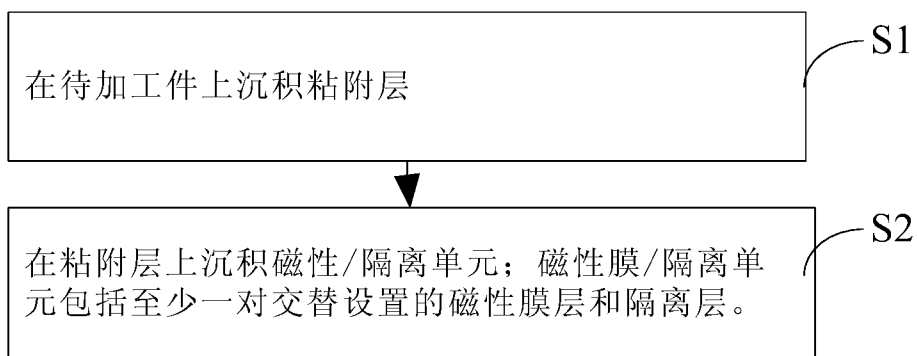


图 2

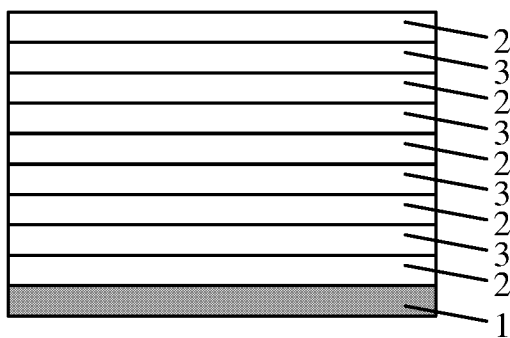


图 3

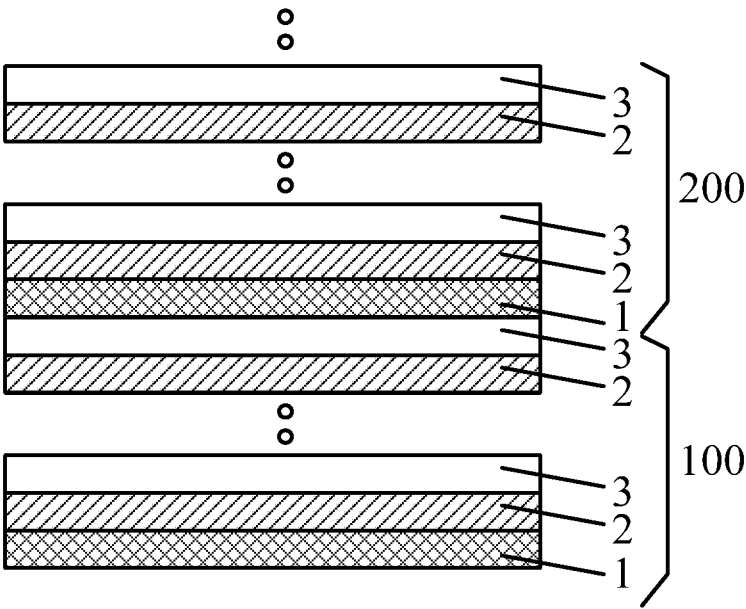


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/107630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F 41/18 (2006.01) i; H01F 3/02 (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)

H01F

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)

WPI, CNPAT, CNKI, IEEE: 磁, 薄膜, 沉积, 派射, 叠层, 层叠, 粘附, 应力, 隔离, 绝缘, 非导磁, 软磁, 电感, 变压器, magnet+, film+, deposit+, sputter+, stack+, adher+, stress+, insulat+, coil?, induct+, transformer?

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5328523 A (COMMISSARIAT A L' ENERGIE ATOMIQUE), 12 July 1994 (12.07.1994), description, column 1, lines 6-25, column 2, lines 26-68, column 3, lines 15-21, and column 4, line 13 to column 6, line 27, and figures 3-4	1-5, 8-31
X	CN 103929933 A (KUNSHAN AEM CO., LTD.), 16 July 2014 (16.07.2014), description, paragraphs [0020]-[0041], and figures 1-2	1-5, 8-30
A	CN 101285170 A (LANZHOU UNIVERSITY), 15 October 2008 (15.10.2008), entire document	1-31
A	CN 101391497 A (SEIKO EPSON CORPORATION), 25 March 2009 (25.03.2009), entire document	1-31
A	CN 103918042 A (GEORGIA TECH RESEARCH CORPORATION), 09 July 2014 (09.07.2014), entire document	1-31
A	CN 101260514 A (LANZHOU UNIVERSITY), 10 September 2008 (10.09.2008), entire document	1-31

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 21 January 2018	Date of mailing of the international search report 31 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Guangjun Telephone No. (86-10) 010-53961225

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/107630

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 5328523 A	12 July 1994	FR 2655180 A1	31 May 1991
		DE 69006368 T2	04 August 1994
		EP 0502940 B1	26 January 1994
		EP 0502940 A1	16 September 1992
		DE 69006368 D1	10 March 1994
		FR 2655180 B1	07 February 1992
		WO 9108577 A1	13 June 1991
CN 103929933 A	16 July 2014	CN 103929933 B	12 April 2017
CN 101285170 A	15 October 2008	CN 101285170 B	08 September 2010
CN 101391497 A	25 March 2009	JP 2009074001 A	09 April 2009
		JP 4720808 B2	13 July 2011
		US 2009081424 A1	26 March 2009
		JP 2010229412 A	14 October 2010
CN 103918042 A	09 July 2014	US 2014347157 A1	27 November 2014
		JP 2014531742 A	27 November 2014
		WO 2013025878 A1	21 February 2013
CN 101260514 A	10 September 2008	CN 101260514 B	10 August 2011

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/107630

A. 主题的分类 H01F 41/18 (2006.01) i; H01F 3/02 (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) H01F 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)) WPI, CNPAT, CNKI, IEEE:磁, 薄膜, 沉积, 溅射, 叠层, 层叠, 粘附, 应力, 隔离, 绝缘, 非导磁, 软磁, 电感, 变压器, magnet+, film+, deposit+, sputter+, stack+, adher+, stress+, insulat+, coil?, induct+, transformer?		
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
X	US 5328523 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 1994年 7月 12日 (1994 - 07 - 12) 说明书第1栏第6-25行, 第2栏第26-68行, 第3栏第15-21行, 第4栏第13行-第6栏第27行, 附图3-4	1-5, 8-31
X	CN 103929933 A (昆山雅森电子材料科技有限公司) 2014年 7月 16日 (2014 - 07 - 16) 说明书第[0020]-[0041]段, 附图1-2	1-5, 8-30
A	CN 101285170 A (兰州大学) 2008年 10月 15日 (2008 - 10 - 15) 全文	1-31
A	CN 101391497 A (精工爱普生株式会社) 2009年 3月 25日 (2009 - 03 - 25) 全文	1-31
A	CN 103918042 A (乔治亚技术研究公司) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-31
A	CN 101260514 A (兰州大学) 2008年 9月 10日 (2008 - 09 - 10) 全文	1-31
☐ 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		国际检索报告邮寄日期
2018年 1月 21日		2018年 1月 31日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局 (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		王光军 电话号码 (86-10)010-53961225

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/107630

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)
US	5328523	A	1994年 7月 12日	FR	2655180	A1	1991年 5月 31日
				DE	69006368	T2	1994年 8月 4日
				EP	0502940	B1	1994年 1月 26日
				EP	0502940	A1	1992年 9月 16日
				DE	69006368	D1	1994年 3月 10日
				FR	2655180	B1	1992年 2月 7日
				WO	9108577	A1	1991年 6月 13日
CN	103929933	A	2014年 7月 16日	CN	103929933	B	2017年 4月 12日
CN	101285170	A	2008年 10月 15日	CN	101285170	B	2010年 9月 8日
CN	101391497	A	2009年 3月 25日	JP	2009074001	A	2009年 4月 9日
				JP	4720808	B2	2011年 7月 13日
				US	2009081424	A1	2009年 3月 26日
				JP	2010229412	A	2010年 10月 14日
CN	103918042	A	2014年 7月 9日	US	2014347157	A1	2014年 11月 27日
				JP	2014531742	A	2014年 11月 27日
				WO	2013025878	A1	2013年 2月 21日
CN	101260514	A	2008年 9月 10日	CN	101260514	B	2011年 8月 10日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)