



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110640552 B

(45) 授权公告日 2020.11.06

(21) 申请号 201910867396.2

B24B 41/06 (2012.01)

(22) 申请日 2019.09.12

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110640552 A

CN 106695478 A, 2017.05.24

CN 102009387 A, 2011.04.13

CN 101673668 A, 2010.03.17

(43) 申请公布日 2020.01.03

CN 109333360 A, 2019.02.15

(73) 专利权人 大连理工大学

CN 101716747 A, 2010.06.02

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工
路2号

CN 206373778 U, 2017.08.04

CN 105563329 A, 2016.05.11

(72) 发明人 高尚 康仁科 董志刚 何宜伟
朱祥龙 李洪钢

CN 204893721 U, 2015.12.23

CN 1887528 A, 2007.01.03

(74) 专利代理机构 大连东方专利代理有限责任
公司 21212

柳滨. 晶片减薄技术原理概况.《电子工业专
用设备》.2005, (第06期),

代理人 唐楠 李洪福

林培勇等. 树脂结合剂金刚石砂轮精密磨削
单晶硅片的磨削力研究.《金刚石与磨料磨具工
程》.2012, (第04期),

(51) Int. Cl.

审查员 王跃琪

B24B 1/00 (2006.01)

B24B 19/22 (2006.01)

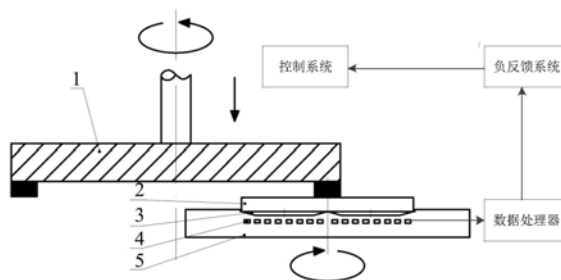
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种易解理半导体晶体的加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种易解理半导体晶体的加工方法,该方法采用控制磨削力和工件旋转法对易解理的氧化镓晶片进行磨削加工,步骤为将氧化镓晶片固定在工作台上,其下设有压力传感器;分别采用粗、细粒度的金刚石砂轮对氧化镓晶片进行粗磨削和精磨削;分别设定粗磨削和精磨削时的初始进给速度、进给量、最大磨削力 $F_{粗}$ 和 $F_{细}$,并且在粗、精磨削过程中分别保证磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 、 $F_{细} \pm 0.1N$ 的范围内。数据处理器实时采集力传感器测得的磨削力信号,并放大处理输送给负反馈系统,负反馈系统对进给速度实时控制以实现磨削力小于氧化镓解理应力阈值。此方案解决了氧化镓机械加工中易出现的解离现象,实现了高成品率。



1. 一种易解理半导体晶体的加工方法,其特征在于具有如下步骤:

S1、将氧化镓晶片固定在工作台上,其下设有力传感器;

S2、启动粗粒度金刚石砂轮和工作台旋转;

S3、将粗粒度金刚石砂轮进给至氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给,设定粗磨削的初始进给速度,最大磨削力 $F_{粗}$ 和进给量后对氧化镓晶片进行粗磨削直至达到设定进给量,粗磨削过程中保证磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 的范围内波动,所述粗粒度金刚石砂轮的磨料粒度大小为W10-W14;

S4、停止进给继续对粗磨削后的氧化镓晶片进行无进给磨削,之后,抬起粗粒度金刚石砂轮,并停止粗粒度金刚石砂轮和工作台旋转;

S5、将粗粒度金刚石砂轮更换成细粒度金刚石砂轮,启动细粒度金刚石砂轮和工作台旋转;

S6、将细粒度金刚石砂轮进给至无进给磨削后的氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给,设定精磨削的初始进给速度,最大磨削力 $F_{细}$ 和进给量后对氧化镓晶片进行精磨削直至达到设定进给量,精磨削过程中保证磨削力在 $F_{细} \pm 0.1N$ 的范围内波动;所述细粒度金刚石砂轮的磨料粒度大小为W1-W5;

所述步骤S3中,将粗粒度金刚石砂轮进给至氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给的具体步骤如下:

将粗粒度金刚石砂轮进给至接近氧化镓晶片上方,之后,以 $10\mu\text{m}/\text{min}$ 的进给速度缓慢向氧化镓晶片进给,直至力传感器出现示值后停止进给;

所述步骤S3中,所述初始进给速度为 $0.5-1\mu\text{m}/\text{min}$,所述最大磨削力 $F_{粗}$ 为20-30N,所述进给量为 $10-20\mu\text{m}$;

所述步骤S3中,通过负反馈系统保证粗磨削过程中磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 的范围内波动;

数据处理器实时采集力传感器测得的磨削力信号,并放大处理输送给所述负反馈系统,所述负反馈系统将其与设定的最大磨削力进行比较,不断地反馈给控制系统控制粗粒度金刚石砂轮进给速度,进给速度的增减程度与所受实时磨削力与设定的最大磨削力的差值相关,以保证粗磨削过程中磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 的范围内波动;

所述无进给磨削的参数除进给速度为零外,其余参数和所述粗磨削参数一致;

所述无进给磨削的磨削时间为3min;

所述步骤S6中,将细粒度金刚石砂轮进给至无进给磨削后的氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给的具体步骤如下:

将细粒度金刚石砂轮进给至接近无进给磨削后的氧化镓晶片上方,之后,以 $10\mu\text{m}/\text{min}$ 的进给速度缓慢向氧化镓晶片进给,直至力传感器出现示值后停止进给;

所述步骤S6中,所述初始进给速度为 $0.5-1\mu\text{m}/\text{min}$,所述最大磨削力 $F_{细}$ 为30-60N,所述进给量为 $5-10\mu\text{m}$;

所述步骤S6中,通过负反馈系统保证精磨削过程中磨削力在 $F_{细} \pm 0.1N$ 的范围内波动;

数据处理器实时采集力传感器测得的磨削力信号,并放大处理输送给所述负反馈系统,所述负反馈系统将其与设定的最大磨削力进行比较,不断地反馈给控制系统控制细粒度金刚石砂轮进给速度,进给速度的增减程度与所受实时磨削力与设定的最大磨削力的差值相关,以保证精磨削过程中磨削力在 $F_{细} \pm 0.1N$ 的范围内波动。

2. 根据权利要求1所述的加工方法,其特征在于,氧化镓晶片为圆形晶片,其吸附在工作台的真空吸盘上或固定在工作台上;

或,所述氧化镓晶片为周向均匀分布在圆盘上的多个小尺寸氧化镓晶片,所述圆盘吸附在工作台的真空吸盘上或固定在工作台上。

3. 根据权利要求1所述的加工方法,其特征在于,所述粗磨削、所述无进给磨削和所述精磨削过程中均通过冷却液冷却,冷却液的流量为4-6L/min,冷却液为去离子水。

4. 根据权利要求1所述的加工方法,其特征在于,所述步骤S2中,所述粗粒度金刚石砂轮的转速为600-1000r/min,转速方向为顺时针;

所述工作台的转速200-400r/min,转速方向为逆时针。

5. 根据权利要求1所述的加工方法,其特征在于,所述步骤S5中,所述细粒度金刚石砂轮的转速为1000-2400r/min,转速方向为顺时针;

所述工作台的转速300-400r/min,转速方向为逆时针。

一种易解理半导体晶体的加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于硬脆半导体晶片超精密加工技术领域,特别是涉及一种易解理半导体晶体的加工方法。

背景技术

[0002] 氧化镓(β -Ga₂O₃)是一种新型的超宽禁带氧化物半导体材料,物理和化学性能非常稳定,击穿场强度高,抗辐射能力强,较适应于大功率半导体的研制。与其他两种作为新一代功率半导体材料(如碳化硅(SiC)和氮化镓(GaN))相比,氧化镓(β -Ga₂O₃)有望以低成本制造出高耐压、低损耗的功率半导体元件。此外, β -Ga₂O₃晶体紫外截止边可达260nm,紫外波段透过率高,可满足新一代光电材料对短波长工作范围的要求,这使得光电探测器可在更短的波长(紫外线)下运行。因此,氧化镓(β -Ga₂O₃)将在高性能光电子和电力电子器件等领域都有重大的应用前景。

[0003] 目前,氧化镓晶体超精密加工技术难点在于其硬度高、脆性大、各向异性、易解理,属于典型的极难加工材料。在传统的晶体加工过程中,为提高材料去除率,必须对晶片施加一定的压力。但氧化镓晶体极易在应力作用下发生解理破碎,加工精度和表面质量不稳定。近年来, β -Ga₂O₃基片的加工工艺类似于硅晶片的加工,需要先对生长良好的氧化镓单晶棒进行切片,氧化镓晶体在切割之后,晶片表面会留下切割刀痕和微裂纹,通常先采用游离磨料研磨工艺快速消除刀痕、减少损伤层厚度和改善面型精度,随后采用金刚石砂轮对其进行超精密磨削和机械抛光,最后采用CMP抛光工艺获得无损伤平坦化表面。因此,鉴于氧化镓晶体极易在应力作用下发生解理破碎,氧化镓晶体的研磨工艺效果并不理想。

[0004] 在硬脆半导体晶片超精密加工领域对加工的质量要求非常高,氧化镓由生产或加工引起的表面和亚表面损伤可能会显著影响半导体材料的机械、光学和电学性能,高质量晶片的获得是半导体器件制作的基础,特别是在对硬脆且具有较强的解理属性的氧化镓晶体的机械加工过程中。在超精密加工方面,氧化镓晶片的加工多采用磨削的方式,虽然 β -Ga₂O₃易解理的特性在磨削过程中会产生崩裂和凹坑,降低成品率,但是相对比研磨工艺,磨削工艺更容易控制。另外,目前国内外关于易解理氧化镓单晶晶片超精密加工的研究仅处于初期探索阶段。因此,迫切需要一种易解理半导体晶体的高效率加工方法来弥补目前的空缺。

发明内容

[0005] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供了一种易解理半导体晶体的加工方法,本发明整个加工过程基于负反馈系统来有效控制最大磨削力,确保整个磨削过程中的实时磨削力小于氧化镓晶体发生解理的临界磨削力;其次采用细粒度金刚石砂轮来减小磨削力的波动,降低解理现象,二者相结合有效地控制了在传统晶体加工工艺中(尤其是磨削阶段)出现的解理现象,提高了产品的成品率,提高了产品的表面质量。

[0006] 本发明采用的技术手段如下:

- [0007] 一种易解理半导体晶体的加工方法,具有如下步骤:
- [0008] S1、将氧化镓晶片固定在工作台上,其下设有有力传感器;
- [0009] S2、启动粗粒度金刚石砂轮和工作台旋转;
- [0010] S3、将粗粒度金刚石砂轮进给至氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给,设定粗磨削的初始进给速度,最大磨削力 $F_{粗}$ 和进给量后对氧化镓晶片进行粗磨削直至达到设定进给量,粗磨削过程中保证磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 的范围内波动;
- [0011] S4、停止进给继续对粗磨削后的氧化镓晶片进行无进给磨削,之后,抬起粗粒度金刚石砂轮,并停止粗粒度金刚石砂轮和工作台旋转;
- [0012] S5、将粗粒度金刚石砂轮更换成细粒度金刚石砂轮,启动细粒度金刚石砂轮和工作台旋转;
- [0013] S6、将细粒度金刚石砂轮进给至无进给磨削后的氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给,设定精磨削的初始进给速度,最大磨削力 $F_{细}$ 和进给量后对氧化镓晶片进行精磨削直至达到设定进给量,精磨削过程中保证磨削力在 $F_{细} \pm 0.1N$ 的范围内波动。
- [0014] 氧化镓晶片为圆形晶片7,其吸附在工作台的真空吸盘上或固定在工作台上,如图2(b)所示;
- [0015] 或,所述氧化镓晶片为周向均匀分布在圆盘上的多个小尺寸氧化镓晶片6,所述圆盘吸附在工作台的真空吸盘上或固定在工作台上,如图2(a)所示;
- [0016] 所述粗磨削、所述无进给磨削和所述精磨削过程中均通过冷却液冷却,冷却液的流量为4-6L/min,冷却液为去离子水。
- [0017] 所述步骤S2中,所述粗粒度金刚石砂轮的转速为600-1000r/min,转速方向为顺时针;
- [0018] 所述工作台的转速200-400r/min,转速方向为逆时针。
- [0019] 所述步骤S3中,将粗粒度金刚石砂轮进给至氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给的具体步骤如下:
- [0020] 将粗粒度金刚石砂轮进给至接近氧化镓晶片上方,之后,以 $10\mu\text{m}/\text{min}$ 的进给速度缓慢向氧化镓晶片进给,直至力传感器出现示值后停止进给;
- [0021] 所述步骤S3中,所述初始进给速度为 $0.5-1\mu\text{m}/\text{min}$,所述最大磨削力 $F_{粗}$ 为20-30N,所述进给量为10-20 μm ;
- [0022] 所述步骤S3中,通过负反馈系统保证粗磨削过程中磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 的范围内波动;
- [0023] 数据处理器实时采集力传感器测得的磨削力信号,并放大处理输送给所述负反馈系统,所述负反馈系统将其与设定的最大磨削力进行比较,不断地反馈给控制系统控制粗粒度金刚石砂轮进给速度,进给速度的增减程度与所受实时磨削力与设定的最大磨削力的差值相关,如图3中流程图所示, m 与 V_n 、 V_m 呈一定关系,以保证粗磨削过程中磨削力在 $F_{粗} \pm 0.1N$ 的范围内波动;
- [0024] 所述粗粒度金刚石砂轮的磨料粒度大小为W10-W14。
- [0025] 粗磨削过程中利用数据处理器,分析磨削力数据,并反馈控制粗粒度金刚石砂轮进给速度,不断地控制其最大磨削力,使其在一定波动范围($F_{粗} \pm 0.1N$)内实现恒力磨削,以控制氧化镓晶体发生解理的概率。

- [0026] 所述无进给磨削的参数除进给速度为零外,其余参数和所述粗磨削参数一致;
- [0027] 所述无进给磨削的磨削时间为3min。
- [0028] 所述无进给磨削的目的是为了消除由于进刀时产生的弹性变形及其让刀量,提高表面光洁度,为精磨削做准备。
- [0029] 所述步骤S5中,所述细粒度金刚石砂轮的转速为1000-2400r/min,转速方向为顺时针;
- [0030] 所述工作台的转速300-400r/min,转速方向为逆时针。
- [0031] 所述步骤S6中,将细粒度金刚石砂轮进给至无进给磨削后的氧化镓晶片上方,直至力传感器出现示值后停止进给的具体步骤如下:
- [0032] 将细粒度金刚石砂轮进给至接近无进给磨削后的氧化镓晶片上方,之后,以 $10\mu\text{m}/\text{min}$ 的进给速度缓慢向氧化镓晶片进给,直至力传感器出现示值后停止进给;
- [0033] 所述步骤S6中,所述初始进给速度为 $0.5-1\mu\text{m}/\text{min}$,所述最大磨削力 $F_{\text{细}}$ 为30-60N,所述进给量为5- $10\mu\text{m}$;
- [0034] 所述步骤S6中,通过负反馈系统保证精磨削过程中磨削力在 $F_{\text{细}}\pm 0.1\text{N}$ 的范围内波动;
- [0035] 数据处理器实时采集力传感器测得的磨削力信号,并放大处理输送给所述负反馈系统,所述负反馈系统将其与设定的最大磨削力进行比较,不断地反馈给控制系统控制细粒度金刚石砂轮进给速度,进给速度的增减程度与所受实时磨削力与设定的最大磨削力的差值相关如图3中流程图所示, m 与 V_n 、 V_m 呈一定关系,以保证精磨削过程中磨削力在 $F_{\text{细}}\pm 0.1\text{N}$ 的范围内波动;
- [0036] 所述细粒度金刚石砂轮的磨料粒度大小为 W_1-W_5 。
- [0037] 精磨削过程中利用数据处理器,分析磨削力数据,并反馈控制细粒度金刚石砂轮进给速度,不断地控制其最大磨削力,使其在一定波动范围($F_{\text{细}}\pm 0.1\text{N}$)内实现恒力磨削,以控制氧化镓晶体发生解理的概率。
- [0038] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:
- [0039] 本发明基于力传感器的反馈来控制进给速度以控制磨削力,同时采用细粒度金刚石砂轮的超精密加工方法,有效的解决了氧化镓在机械加工阶段,尤其是磨削阶段出现的解理问题,并且细粒度的磨粒可降低损伤层的损伤程度和损伤厚度,缩短了后续的化学机械抛光工序的时间和减少了其去除量。
- [0040] 负反馈系统实时接收由数据处理器采集并放大的力传感器测得的磨削力的信号,不断地反馈给控制系统对进给速度实时控制以实现磨削力小于氧化镓解理应力阈值,解决了氧化镓机械加工中易出现的解离现象,提高了氧化镓晶体表面质量,实现了高成品率。
- [0041] 基于上述理由本发明可在硬脆半导体晶片超精密加工等领域广泛推广。

附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做以简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0043] 图1为本发明的具体实施方式中易解理半导体晶体的加工方法的防解理示意图。

[0044] 图2(a)为本发明的小尺寸氧化镓晶片固定圆盘在工作台上的布置示意图;图2(b)为本发明的圆形晶片在工作台上的布置示意图。

[0045] 图3为本发明的控制系统流程图。

[0046] 图中:1为金刚石砂轮;2为氧化镓晶片;3为真空吸盘;4为力传感器;5为工作台;6为小尺寸氧化镓晶片;7为圆形晶片;

具体实施方式

[0047] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0048] 如图1所示,一种易解理半导体晶体的加工方法,具有如下步骤:

[0049] S1、打开超精密磨床,将一片切割后的2英寸的氧化镓晶片2吸附在超精密磨床的工作台5上的真空吸盘3上,安装工件上的位置如图2(b)所示,装夹氧化镓晶片2时,使工作台5的中心与氧化镓晶片2的中心重合;

[0050] S2、使用粗粒度金刚石砂轮1,所述粗粒度金刚石砂轮1的磨料粒度大小为W10-W14,将粗粒度金刚石砂轮1的磨料层端面调整到工作台5的中心位置,然后打开冷却液,冷却液为去离子水,冷却液流量为4-6L/min;然后启动粗粒度金刚石砂轮1,其转速为600-1000r/min,转速方向为顺时针;然后启动工作台5,工作台5转速为200-400r/min,转速方向为逆时针;

[0051] S3、打开力传感器4,将粗粒度金刚石砂轮1手动进给至氧化镓晶片2上方1mm处,打开自动进给,进给速度为 $10\mu\text{m}/\text{min}$,直至力传感器4出现示值后关掉自动进给,然后打开负反馈系统,同时设定粗磨削的初始进给速度 V_i 为 $0.5\mu\text{m}/\text{min}$,最大磨削力 $F_{\text{粗}}$ 为30N,进给量为 $20\mu\text{m}$,之后,对氧化镓晶片2进行粗磨削直至达到设定进给量,粗磨削过程中所述负反馈系统实时接收由数据处理器采集并放大的所述力传感器4测得的磨削力的信号,不断地反馈给控制系统控制粗粒度金刚石砂轮1进给速度,以保证粗磨削过程中磨削力在 $F_{\text{粗}}\pm 0.1\text{N}$ 的范围内波动,如图3所示,以控制氧化镓晶体发生解理的概率。粗磨削后,进行3min无进给磨削,为下一步精磨削做准备;

[0052] S4、抬起粗粒度金刚石砂轮1,并停止粗粒度金刚石砂轮1和工作台5旋转,将粗粒度金刚石砂轮1更换成细粒度金刚石砂轮1,所述细粒度金刚石砂轮1的磨料粒度大小为W1-W5,将细粒度金刚石砂轮1的磨料层端面调整到工作台5的中心位置,然后打开冷却液,冷却液为去离子水,冷却液流量为4-6/min;然后启动细粒度金刚石砂轮1,其转速为1000-2400r/min,转速方向为顺时针;然后启动工作台5,工作台5转速为300-400r/min,转速方向为逆时针;

[0053] S5、打开力传感器4,将细粒度金刚石砂轮1手动进给至无进给磨削后的氧化镓晶片2上方1mm处,打开自动进给,进给速度为 $10\mu\text{m}/\text{min}$,直至力传感器4出现示值后关掉自动进给,然后打开负反馈系统,同时设定精磨削的初始进给速度 V_i 为 $0.5\mu\text{m}/\text{min}$,最大磨削力 $F_{\text{细}}$ 为60N,进给量为 $10\mu\text{m}$,之后,对氧化镓晶片2进行精磨削直至达到设定进给量,精磨削过

程中所述负反馈系统实时接收由数据处理器采集并放大的所述力传感器4测得的磨削力的信号,不断地反馈给控制系统控制细粒度金刚石砂轮1进给速度,以保证精磨削过程中磨削力在 $F \pm 0.1N$ 的范围内波动,如图3所示,以控制氧化镓晶体发生解理的概率,实现低于解理磨削力的超精密磨削;

[0054] 精磨削结束后,可将氧化镓晶片2取下,进行清洗,氧化镓晶片2的超精密磨削加工完成。最终测量,得到的氧化镓晶片2的 $Ra \leq 1nm$, $TTV \leq 5\mu m$ 。

[0055] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

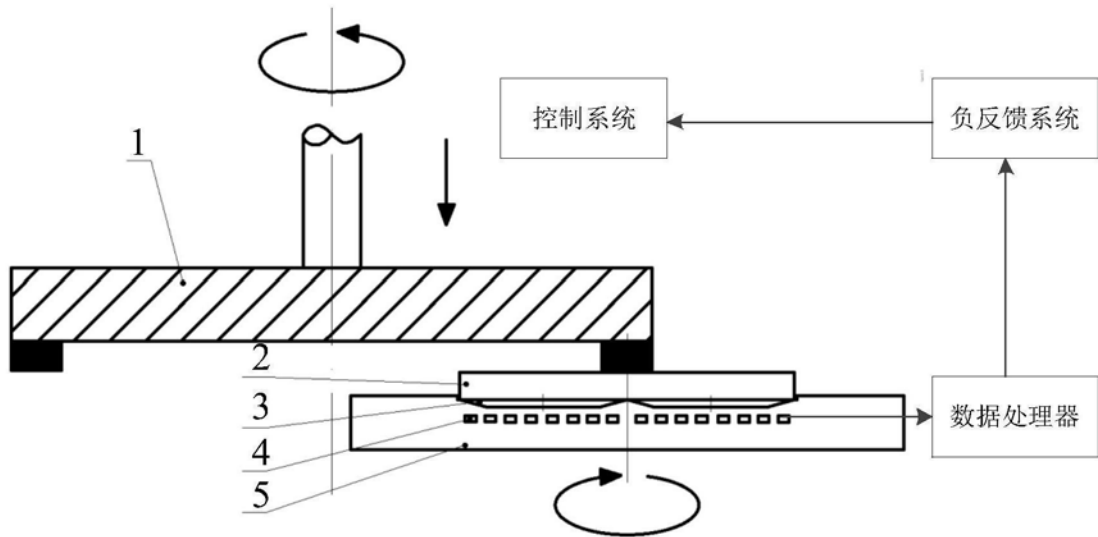


图1

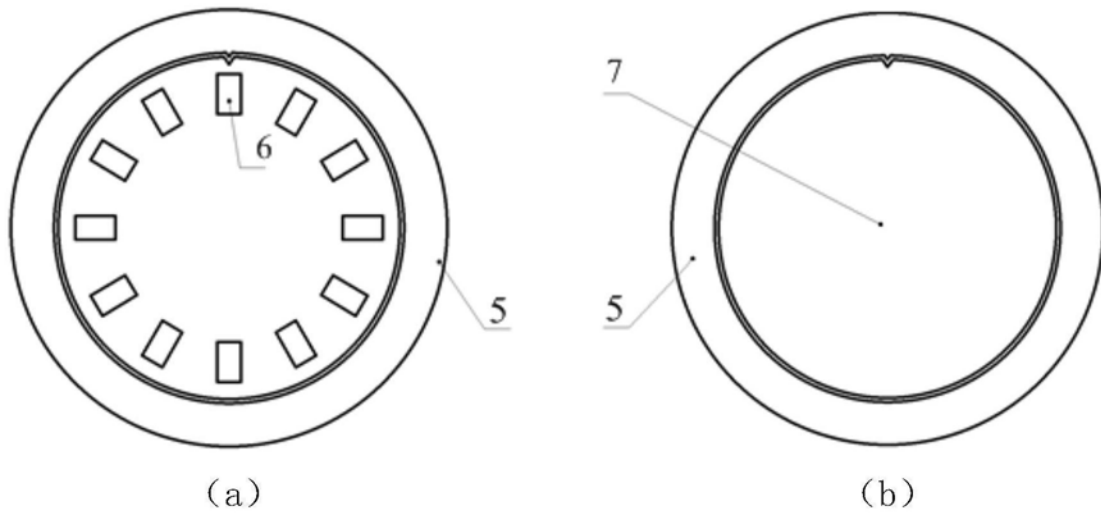


图2

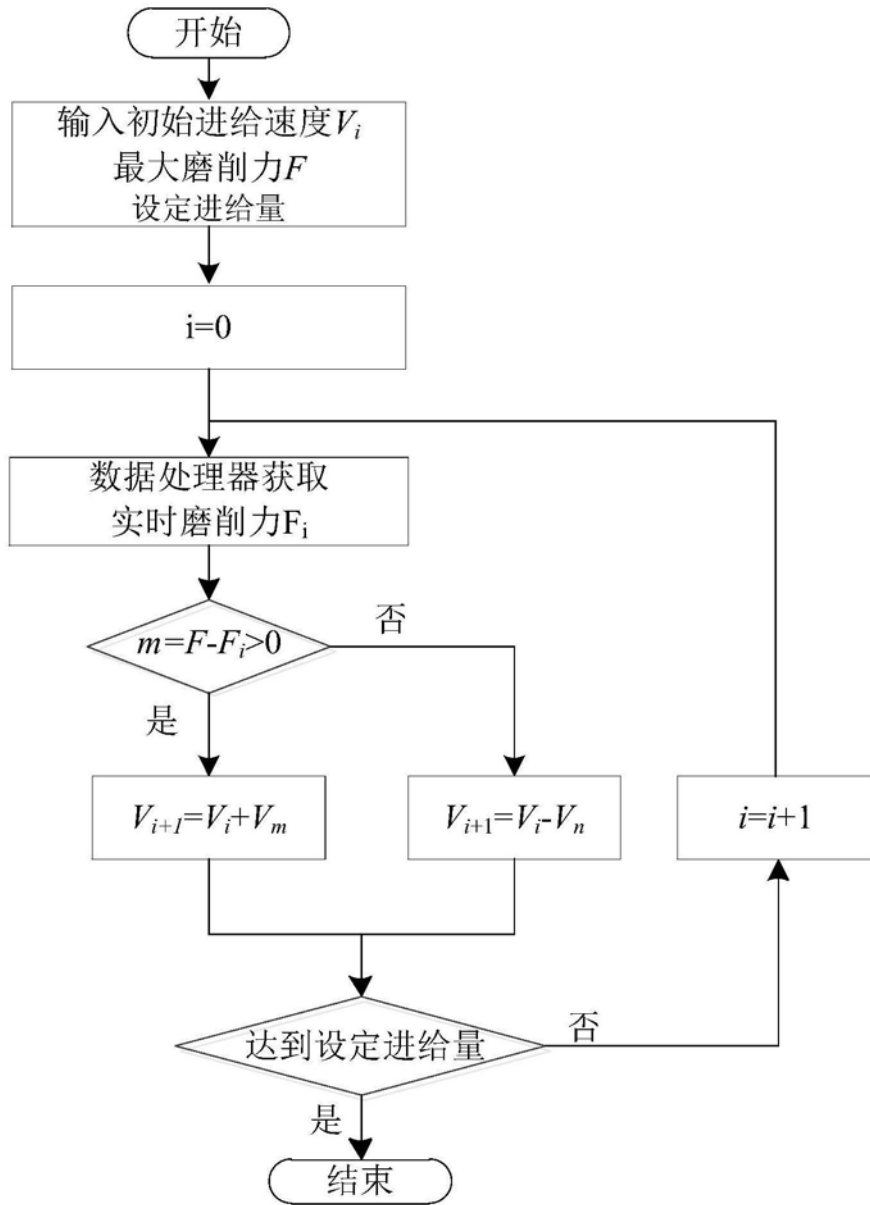


图3