

(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  
2024年7月4日 (04.07.2024)



(10) 国际公布号  
WO 2024/139560 A1

(51) 国际专利分类号:  
H01L 21/67 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/125092

(22) 国际申请日: 2023年10月18日 (18.10.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
202211724362.6 2022年12月30日 (30.12.2022) CN  
202211724333.X 2022年12月30日 (30.12.2022) CN

(71) 申请人: 山东天岳先进科技股份有限公司 (SICC CO., LTD.) [CN/CN]; 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。

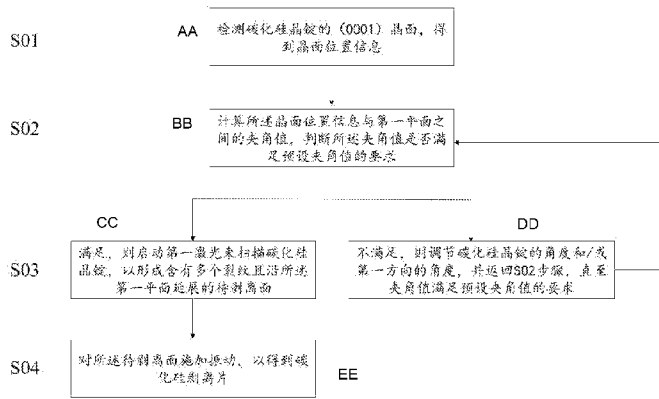
(72) 发明人: 梁庆瑞 (LIANG, Qingrui); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。高宇晗 (GAO, Yuhan); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。王瑞 (WANG, Rui); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。刘家朋 (LIU, Jiapeng); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。王含冠 (WANG, Hanguan); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。宋生 (SONG, Sheng); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。马立兴 (MA, Lixing); 中国山东省济南市槐荫区天岳南路99号, Shandong 250118 (CN)。

(74) 代理人: 济南舜源专利事务所有限公司 (JINAN SHUNYUAN PATENT OFFICE CO. LTD.); 中国山

(54) Title: SILICON CARBIDE STRIPPING FILM BASED ON LASER CRACKING, AND PROCESSING METHOD AND LASER STRIPPING SYSTEM

(54) 发明名称: 一种基于激光致裂的碳化硅剥离片及加工方法和激光剥离系统

图1



- AA Detect a (0001) crystal face of a silicon carbide crystal ingot to obtain crystal face position information
- BB Calculate an included angle between the crystal face position information and a first plane, and determine whether the included angle meets the requirement for a preset included angle
- CC If so, start a first laser beam to scan the silicon carbide crystal ingot, so as to form a face to be stripped that contains a plurality of cracks and extends along the first plane
- DD If not, adjust the angle of the silicon carbide crystal ingot and/or the angle of a first direction, and return to step S02 until the included angle meets the requirement for the preset included angle
- EE Apply vibration to the face to be stripped, so as to obtain a silicon carbide stripping film

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of silicon carbide cutting. Provided are a silicon carbide stripping film based on laser cracking, and a processing method and a laser stripping system. The processing method comprises: S01, detecting a (0001) crystal face of a silicon carbide crystal ingot to obtain crystal face position information; S02, calculating an included angle between the crystal face position information and a first plane, and determining whether the included angle meets the requirement for a preset included angle; S03a, if so, starting a first laser beam to scan the silicon carbide crystal ingot, so as to form a face to be stripped

WO 2024/139560 A1

东省济南市高新区舜华路2000号舜泰广场2号楼2503A, Shandong 250100 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

that contains a plurality of cracks and extends along the first plane; S03b, if not, adjusting the angle of the silicon carbide crystal ingot and/or the angle of a first direction, and returning to step S02 until the included angle meets the requirement for the preset included angle; and S04, applying vibration to the face to be stripped, so as to obtain the silicon carbide stripping film. The processing method provided in the present invention can reduce stress and material loss of the silicon carbide stripping film, and improve the quality of the silicon carbide stripping film.

(57) 摘要: 本发明提供了一种基于激光致裂的碳化硅剥离片及加工方法和激光剥离系统, 涉及碳化硅切割技术领域。加工方法包括S01、检测碳化硅晶锭的(0001)晶面, 得到晶面位置信息; S02、计算所述晶面位置信息与第一平面之间的夹角值, 判断所述夹角值是否满足预设夹角值的要求; S03a、如满足, 则启动第一激光束扫描碳化硅晶锭, 以形成含有多个裂纹且沿所述第一平面延展的待剥离面; S03b、如不满足, 则调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度, 并返回S02步骤, 直至夹角值满足预设夹角值的要求; S04、对所述待剥离面施加振动, 以得到碳化硅剥离片。本发明加工方法能够降低碳化硅剥离片的应力和材料损耗, 提高碳化硅剥离片的品质。

# 说明书

## 发明名称: 一种基于激光致裂的碳化硅剥离片及加工方法和激光剥离系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及碳化硅切割技术领域，具体来讲，涉及一种基于激光致裂的碳化硅剥离片及加工方法和激光剥离系统，尤其涉及尺寸不小于8英寸的碳化硅晶圆用剥离片的加工方法。

### 背景技术

[0002] 随着产业的发展，对于元器件的性能要求越来越高，逐步逼近硅材料的物理极限。碳化硅衬底由于其优异的物理特性，相比于Si材料，在高压、高频、高温等领域有着无可比拟的优势。目前广泛应用于电力电子，微波射频器件及高端照明等领域。

[0003] 碳化硅晶体莫氏硬度为9.2，仅次于金刚石，物理化学性质及其稳定，是典型的硬脆材料，超精密加工一直是业界面临的难题。目前行业现状是，国内6英寸处于上量阶段，8寸处于研发阶段，国外6英寸已经量产，8英寸处于小批量阶段。8英寸必然是未来发展的趋势。目前国际上已经实现了8英寸衬底的小批量生产，国内衬底厂商也在进行8英寸碳化硅衬底的研发，随着尺寸向8英寸扩展，加工问题更加突出，严重制约着衬底产业化发展。

[0004] 现有技术是采用机械的方式进行切割，主要是利用砂浆多线切割和金刚石线多线切割的方式。这两种方式的磨料参与加工的方式不同，一个是游离磨料切割，一个是固结磨料加工，但是本质上是相同的，都是一种物理接触式切割方式。

[0005] 但这两种切割方法同样存在一些问题：随着尺寸的增加，纵向切割接触面积越来越大，磨料所能提供单位面积的切削力降低，会在加工过程中产生较大的形变应力。

[0006] 发明专利CN110010519A“一种碳化硅晶体激光切片装置及方法”提出了通过脉冲激光在晶锭内部进行聚焦，进而在焦点处形成一层改性层，然后将晶片从这层改性层进行分离，该方法不但可以提高加工效率，也可以极大的减少材料的浪费。但是，该发明在整个加工过程中，平台加减速的时间占据了很大一部分，同时，频繁有加减速也可能因惯性造成平台上加工晶锭固定不稳定而影响激光焦点在晶锭内的深度不一，造成形成的改性层高度不一致，并最终造成晶片的厚度均匀性较差，在加减速段也可能造成激光能量的不足或过度而影响到改性层的改性程度，影响后续晶片分离的成功率。

[0007] 发明专利CN114473188A“一种用于剥离晶片的激光加工方法、装置”公开了通过碳化硅晶锭做旋转运动，激光扫描线运动，对碳化硅晶锭进行扫描形成改性层，激光改性的运动轨迹不再是晶体内部往复的折线，减少了折线运动过程中电机加速减速所浪费的时间，提高加工效率，通过两个激光头分别对晶体内部和边缘分区域加工，实现了内部和边缘的改性层处于同一水平面上，从而保证了晶片片内的厚度一致性。但是该发明剥离过程中无法自动调节激光头与碳化硅晶锭的角度，每剥离完一片都需要人工调节，增加了加工时间，且容易造成材料的损耗和产生加工应力，加工应力会导致后续加工过程中裂片，以及弯曲度和翘曲度超标的问题。因此，降低加工应力势在必行。

## 发明内容

[0008] 发明人经分析发现：传统的技术方案是通过平面磨床和外圆磨床将晶体加工成圆柱形晶棒，然后通过多线切割的方式获得切割片（晶体穿过均匀间距线网实现切割），通过边缘倒角，多片研磨，机械抛光，多片化学机械抛光获得抛光片，最终多片清洗封装产出开盒即用的碳化硅单晶衬底。这种方式适用于6英寸以下的碳化硅衬底加工。目前8英寸以上碳化硅衬底加工面临的主要问题有衬底加工应力大，SFQR值大，外延前后面型（bow和Sori）变化大，表面金属沾污等，严重制约着衬底的产业化。

[0009] 针对现有技术中存在的缺陷，本发明的目的在于提供一种基于激光致裂的碳化硅剥离片及加工方法和激光剥离系统，能够降低碳化硅剥离片的应力和材料的损耗，提高碳化硅剥离片的品质。

- [0010] 第一方面，本发明提供了一种基于激光致裂的碳化硅剥离片的加工方法，所述方法包括以下步骤：
- [0011] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；
- [0012] S02、计算所述晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断所述夹角值是否满足预设夹角值的要求，其中，所述第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直；
- [0013] S03a、如满足，则启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿所述第一平面延展的待剥离面；S03b、如不满足，则调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，并返回S02步骤，直至夹角值满足预设夹角值的要求；
- [0014] S04、对所述待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片。
- [0015] 第二方面，本发明提供了一种8英寸以上碳化硅剥离片， $Bow \leq 60 \mu m$ ， $Sori \leq 100 \mu m$ ，损伤层深度 $\leq 100 \mu m$ 且表面裂纹台阶高度最大值不超过损伤层深度的70%。
- [0016] 第三方面，本发明提供了一种激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，包括：激光剥离装置，包括晶面检测单元、夹角判定单元、角度调节单元、激光扫描单元、外力施加单元、以及用于固定和支撑碳化硅晶锭的固定单元，
- [0017] 所述晶面检测单元被配置在碳化硅晶锭的待剥离位置上方，并能够检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；所述夹角判定单元被设置为接收所述晶面位置信息，并计算所述晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断所述夹角值是否满足预设夹角值的要求，如满足，则输出第一信号，如不满足，则输出第二信号，其中，所述第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直；所述角度调节单元包括能够调节碳化硅晶锭角度的晶锭角度调节机构和/或能够调节第一方向的第一激光束角度调节机构，并被设置为能够接收第二信号并启动所述晶锭角度调节机构和/或所述第一激光束角度调节机构；所述激光扫描单元包括能够产生所述第一激光束的第一激光头，并被设置为能够接收所述第一信号并启动所述第一激光头对碳化硅晶锭进行扫描，以形成含有多个裂纹且沿所述第一平面延展的待剥离面；所述外力施加单元被设置为能够对所述待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片；

- [0018] 减薄装置，具有能够对单个剥离片的单面的至少一部分进行减薄和/或对该单个剥离片的另一单面的至少一部分进行减薄的磨制机构；
- [0019] 抛光装置，具有工作台以及通过所述工作台依次串联连接的第i抛光机构，所述第i抛光机构包括第i抛光组件、第i供液组件、第i清扫组件、第i回收组件，其中，i为自然数且从1遍历至n，n为自然数且不小于2；
- [0020] 清洗装置，具有能够对所述抛光片进行清洗从而得到大尺寸碳化硅衬底的清洗机构；
- [0021] 其中，所述大尺寸碳化硅衬底为8英寸以上的碳化硅衬底。
- [0022] 第四方面，本发明还提供了一种8英寸以上碳化硅衬底低应力加工方法。

## 有益效果

- [0023] 与现有技术相比，本发明基于激光致裂的碳化硅剥离片及加工方法的有益效果包括以下内容中的至少一项：
- [0024] （1）本发明的激光剥离可以降低碳化硅晶片加工应力，减少外延后面型变化量（ $<10\mu\text{m}$ ）。
- [0025] （2）使用本发明提供的基于激光致裂的碳化硅剥离片的加工方法，能够提高单位碳化硅棒长的产片数量（ $>30\%$ ）。
- [0026] （3）本发明提供的加工方法中，以裂纹扩展的方式代替磨削的方式，实现了晶体材料零损耗。
- [0027] （4）本发明的8英寸以上碳化硅剥离片可以为后续的减薄和抛光工序制定合理的工艺参数提供依据，降低碳化硅晶片的加工损伤。
- [0028] 与现有技术相比，本发明激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统的有益效果包括以下内容中的至少一项：
- [0029] （5）本发明采用的激光剥离技术可以实现自动化加工，激光剥离可以降低晶片加工应力，减少外延后面型变化量，提高单位棒长的产片数量，单位厚度碳化硅晶体产片数提升30%，此外本发明采用的激光剥离技术效率提升2-3倍。
- [0030] （6）本发明采用减薄装置，可以根据切割片的情况进行匹配设计，降低单片衬底内的应力，大幅度提升厚度均匀性。此外，本发明的减薄装置可以提高碳化硅衬底平整度，降低碳化硅衬底SFQR指标。

[0031] (7) 本发明采用的抛光装置, 可以大幅度提升后续衬衬底的厚度均匀性同时改善衬底表面粗糙度, 实现对晶片质量的精确控制。

[0032] (8) 本发明采用的清洗装置, 能够实现单片清洗, 使得衬底表面呈现极亲水性, 清洗效果良好, 表面金属离子浓度低。

[0033] (9) 本发明的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统可以解决衬底应力大, SFQR值大, 外延后面型变化大, 表面金属沾污问题, 提供高品质的碳化硅晶片。

## 附图说明

[0034] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解, 构成本发明的一部分, 本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明, 并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0035] 图1示出了本发明激光致裂的碳化硅剥离片加工方法的一个示例性实施例的工艺流程示意图;

[0036] 图2示出了本发明激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统示例性实施例中激光剥离装置结构图;

[0037] 图3示出了本发明激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统示例性实施例中单片抛光装置结构图。

[0038] 附图标记说明如下:

[0039] 11-定向仪信号发射器, 12-定向仪信号接收器;

[0040] 211-第一调节组件, 2111-第一调节旋钮, 212-第二调节组件, 2121-第二调节旋钮;

[0041] 31-激光头, 32-聚焦透镜;

[0042] 41-真空吸盘;

[0043] 51-第一抛光机构, 511-第一抛光盘, 512-第一抛光头, 513-第一供液组件, 514-第一清扫组件, 52-第二抛光机构, 53-第三抛光机构。

## 实施方式

[0044] 为了更清楚的阐释本发明的整体构思，下面结合说明书附图以示例的方式进行详细说明。

[0045] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是，本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施，因此，本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0046] 另外，在本发明的描述中，需要理解的是，术语“顶”、“底”、“内”、“外”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0047] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接，还可以是通信；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0048] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0049] 示例1

[0050] 图1示出了本发明的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法的一个示例性实施例的工艺流程示意图。



[0051] 在本发明的一个示例性实施例中，如图1所示，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：

[0052] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息。

[0053] 具体来讲，可以利用布拉格衍射的原理进行晶面检测，即碳化硅表面晶体由晶面族A、B、C组成面间距为d，当激光射线以掠射角 $\alpha$ 投射到碳化硅晶体时，晶面A上点阵的散射和晶面B、C上的点阵的散射相互干涉，对于同一层的激光散射线，当散射线与晶面间的夹角等于掠射角时，在这个方向上射线产生相长干涉，对于同一层的散射线，当散射线与晶面间的夹角等于掠射角时，在这个方向上射线产生相长干涉。而对于不同层的散射线，当光程差为波长的整数倍时，各个面的散射线相互加强，形成极大的光强。利用这一原理，完成晶面检测，得到晶面信息。

[0054] S02、计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求，其中，第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直。

[0055] 具体来讲，第一平面为与第一激光束基本保持垂直的碳化硅晶锭所在的面。第一方向为第一激光束照射的方向。夹角值为碳化硅晶锭的（0001）晶面与碳化硅晶锭的第一平面的夹角。预设夹角值可以为在 $0\sim 10^\circ$  范围内选择的确定值，进一步地，预设夹角值可以为在 $0.5\sim 3.5^\circ$  或 $4.5\sim 7^\circ$  范围内选择的确定值。例如，也可以为 $0^\circ$  或 $4^\circ$  。所述预设夹角值的要求可以为等于预设夹角值，也可以为在预设夹角值的上下10%范围内，例如， $4 \pm 0.1^\circ$  。

[0056] S03a、如满足，则启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面。

[0057] 具体来讲，若碳化硅晶锭的（0001）晶面与碳化硅晶锭的第一平面的夹角在预设夹角值范围内，则启动第一激光束对碳化硅晶锭进行激光扫描，以形成含有多个裂纹且沿所述第一平面延展的待剥离面。第一激光束的平均输出功率可以为 $0.8\sim 3.5\text{W}$ ，波长可以为 $780\sim 1100\text{nm}$ ，扫描速度可以为 $300\sim 700\text{mm/s}$ ，扫描间距可以为 $0.1\sim 0.5\text{mm}$ ，扫描时间可以为 $10\sim 40\text{min}$ ，扫描次数可以为 $2\sim 6$ 次。

[0058] S03b、如不满足，则调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，并返回S02步骤，直至夹角值满足预设夹角值的要求，随后进行S03a步骤。

- [0059] 具体来讲，若碳化硅晶锭的（0001）晶面与碳化硅晶锭的第一平面的夹角不在预设夹角值范围内，则可以通过调节碳化硅晶锭的角度，即调节碳化硅的晶锭的（0001）面，或者可以通过调节第一激光束所在的第一方向。调节完后返回S02步骤中，计算夹角值，并判断是否满足预设夹角值。若满足，则进入S03a；若不满足，则继续调节夹角值，直至满足预设夹角值。
- [0060] S04、对待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片。
- [0061] 对S03a步骤中的待剥离面施加振动，以使待剥离面沿裂纹延伸或断开，得到剥离片。振动可以通过机械振动、超声方式等实现。例如，对于超声方式而言，超声的频率可以为100~150KHZ，超声时间可以为10~60s，发射模式可以为连续波或脉冲波。
- [0062] 采用上述加工方法得到的8英寸以上碳化硅剥离片的厚度可以为100~1000  $\mu\text{m}$ ， $Bow \leq 60 \mu\text{m}$ ， $Sori \leq 100 \mu\text{m}$ ，损伤层深度 $\leq 100 \mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值不超过损伤层深度的70%。
- [0063] 在本发明中Bow指的是弯曲度，代表晶片中心相对参考平面凹或凸的程度。Sori指的是基于最小二乘法前表面的翘曲度，代表衬底整体相对于中位面的偏差程度。外延前后面型变化指的是外延前后Bow的变化、外延前后Sori的变化。
- [0064] 示例2
- [0065] 在本发明的另一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法除包括上述步骤外，还可进一步包括：S05步骤或者S05'步骤。
- [0066] 具体来讲，S05步骤可以为：沿第一平面磨平S04步骤留在碳化硅晶锭上的剥离区域，并再次进行S01至S04的步骤，以得到另一碳化硅剥离片。
- [0067] S05'步骤可以为：沿第一平面磨平S04步骤留在碳化硅晶锭上的剥离区域后，直接启动第一激光束再次扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的另一待剥离面，随后进行S04步骤，以得到又一碳化硅剥离片。
- [0068] 在S03a步骤，若夹角判定单元通过计算并判断夹角值满足预设夹角值的要求的情况下，可以启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描该碳化硅晶锭，且确保第二激光束所在的第二方向始终处于第一平面内，即第二激光束可以完全照射到碳化硅晶锭的表面进行圆周方向的剥离。第一激光束的致裂方向垂直

于激光入射方向，第二激光束的致裂方向是沿着激光入射方向，可以通过光斑整形对激光致裂方向进行调节。有利于碳化硅晶锭边缘圆周的剥离，还可以进一步优化损伤层深度和表面台阶裂纹的深度。第二激光头被设置为能够与第一激光头联动控制，两个激光头先后对碳化硅晶锭进行剥离，第一激光头产生第一激光束对碳化硅晶锭除圆周边缘以外的区域进行剥离，第二激光头产生第二激光束对碳化硅晶锭圆周边缘区域进行剥离，控制第一激光束的焦点和第二激光束的位置，确保二者在同一平面产生裂纹。设置第二激光束与只有第一激光束剥离的结果相比，可以优化至少10%的损伤层深度和表面台阶裂纹的深度。第二激光束的平均输出功率为设置的第一激光束平均输出功率参数的0.3~0.5倍，波长为780~1100nm，扫描速度为设置的第一激光束扫描速度参数的0.3~0.5倍，扫描间距为0.1~0.5mm，扫描时间为10~40min，扫描次数为2~6次。

[0069] 采用上述加工方法得到的8英寸以上碳化硅剥离片的Bow可以为30~57  $\mu\text{m}$ ，Sori可以为50~97  $\mu\text{m}$ ，损伤层深度可以为60~95  $\mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值可以为损伤层深度的50~70%。

[0070] 示例3

[0071] 在本发明的另一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：

[0072] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；

[0073] S02、设置预设值为 $0^\circ \pm 0.01^\circ$ ，计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求；

[0074] S03、判断夹角值为 $0^\circ$ ，满足预设夹角值的要求，启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，设置第一激光束激光的平均输出功率为1.1w，波长为1064nm，扫描速度为300mm/s，扫描间距为0.12mm，扫描时间为20min，扫描次数为5次。启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描，设置第二激光束激光的平均输出功率为0.55w，波长为1064nm，扫描速度为150mm/s，扫描间距为0.12mm，扫描时间为20min，扫描次数为5次。形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；

[0075] S04、对S03步骤中的待剥离面施加超声，超声的频率为150KHZ，超声时间为40s，发射模式为脉冲波，得到8英寸碳化硅剥离片1#。

[0076] 示例4

[0077] 在本发明的又一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：

[0078] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；

[0079] S02、设置预设值为 $4^{\circ} \pm 0.01^{\circ}$ ，计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求；

[0080] S03b、夹角值为 $0^{\circ}$ ，不满足预设值要求，则通过设置在碳化硅晶锭下方的倾角调节机构来调节碳化硅晶锭的角度，并返回S02步骤，循环调节和判断多次，直至夹角值满足预设夹角值的要求，随后进行S03a步骤。这里，倾角调节机构可设置在用于固定和支撑碳化硅晶锭下端的固定单元（例如，负压吸附机构或夹持机构）的下方，且能够沿位于同一平面且彼此垂直、或者位于平行的两个平面且异面垂直的两个方向（例如，基本沿水平面方向延伸的X方向和Y方向）调整碳化硅晶锭的角度。

[0081] S03a、判断夹角值为 $4^{\circ}$ ，满足预设夹角值的要求，启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，设置第一激光束激光的平均输出功率为2.5w，波长为1064nm，扫描速度为500mm/s，扫描间距为0.18mm，扫描时间为30min，扫描次数为4次。形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；

[0082] S04、对S03步骤中的待剥离面施加超声，超声的频率为120KHZ，超声时间为30s，发射模式为脉冲波，得到8英寸碳化硅剥离片2#。

[0083] 示例5

[0084] 在本发明的再一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：

[0085] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；

[0086] S02、设置预设值为 $4^{\circ} \pm 0.01^{\circ}$ ，计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求；

- [0087] S03b、夹角值为 $0^{\circ}$ ，不满足预设值要求，则通过设置在碳化硅晶锭下方的倾角调节机构来调节碳化硅晶锭的角度，并返回S02步骤，循环调节和判断多次，直至夹角值满足预设夹角值的要求，随后进行S03a步骤。这里，倾角调节机构可设置在用于固定和支撑碳化硅晶锭下端的固定单元（例如，负压吸附机构或夹持机构）的下方，且能够沿位于同一平面且彼此垂直、或者位于平行的两个平面且异面垂直的两个方向（例如，基本沿水平面方向延伸的X方向和Y方向）调整碳化硅晶锭的角度。
- [0088] S03a、判断夹角值为 $4^{\circ}$ ，满足预设夹角值的要求，启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，设置第一激光束激光的平均输出功率为2.5w，波长为1064nm，扫描速度为500mm/s，扫描间距为0.18mm，扫描时间为30min，扫描次数为4次。启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描，设置第二激光束激光的平均输出功率为1.0w，波长为1064nm，扫描速度为150mm/s，扫描间距为0.18mm，扫描时间为30min，扫描次数为4次。形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；
- [0089] S04、对S03步骤中的待剥离面施加超声，超声的频率为120KHZ，超声时间为30s，发射模式为脉冲波，得到8英寸碳化硅剥离片3#。
- [0090] 示例6
- [0091] 在本发明的再一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：
- [0092] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；
- [0093] S02、设置预设值为 $2^{\circ} \pm 0.01^{\circ}$ ，计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求；
- [0094] S03b、夹角值为 $1^{\circ}$ ，不满足预设值要求，则通过设置在第一激光头上方的激光调节机构来调节第一激光束所在的第一方向的角度，并返回S02步骤，循环调节和判断多次，直至夹角值满足预设夹角值的要求，随后进行S03a步骤。这里，激光调节机构至少可以在两个维度上变化，以调整第一方向的角度，并且能够使得第一激光束在扫描时始终维持前述调整后的角度。

- [0095] S03a、判断夹角值为 $2^{\circ}$ ，满足预设夹角值的要求，启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，设置第一激光束激光的平均输出功率为3.2w，波长为1064nm，扫描速度为700mm/s，扫描间距为0.25mm，扫描时间为10min，扫描次数为3次。形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；
- [0096] S04、对S03步骤中的待剥离面施加超声，超声的频率为100KHZ，超声时间为20s，发射模式为连续波，得到8英寸碳化硅剥离片4#。
- [0097] 示例7
- [0098] 在本发明的再一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：
- [0099] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；
- [0100] S02、设置预设值为 $2^{\circ} \pm 0.01^{\circ}$ ，计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求；
- [0101] S03b、夹角值为 $1^{\circ}$ ，不满足预设值要求，则通过设置在第一激光头上方的激光调节机构来调节第一激光束所在的第一方向的角度，并返回S02步骤，循环调节和判断多次，直至夹角值满足预设夹角值的要求，随后进行S03a步骤。这里，激光调节机构至少可以在两个维度上变化，以调整第一方向的角度，并且能够使得第一激光束在扫描时始终维持前述调整后的角度。
- [0102] S03a、判断夹角值为 $2^{\circ}$ ，满足预设夹角值的要求，启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，设置第一激光束激光的平均输出功率为3.2w，波长为1064nm，扫描速度为700mm/s，扫描间距为0.25mm，扫描时间为10min，扫描次数为3次。启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描，设置第二激光束激光的平均输出功率为1.5w，波长为1064nm，扫描速度为350mm/s，扫描间距为0.25mm，扫描时间为10min，扫描次数为3次。形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；
- [0103] S04、对S03步骤中的待剥离面施加超声，超声的频率为100KHZ，超声时间为20s，发射模式为连续波，得到8英寸碳化硅剥离片5#。
- [0104] 示例8

[0105] 在本发明的再一个示例性实施例中，基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法包括以下步骤：

[0106] S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；

[0107] S02、设置预设值为 $6^{\circ} \pm 0.01^{\circ}$ ，计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求；

[0108] S03、判断夹角值为 $6^{\circ}$ ，满足预设夹角值的要求，启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，设置第一激光束激光的平均输出功率为0.8w，波长为1064nm，扫描速度为600mm/s，扫描间距为0.5mm，扫描时间为40min，扫描次数为6次。启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描，设置第二激光束激光的平均输出功率为0.32w，波长为1064nm，扫描速度为240mm/s，扫描间距为0.5mm，扫描时间为40min，扫描次数为6次。形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；

[0109] S04、对S03步骤中的待剥离面施加超声，超声的频率为200KHZ，超声时间为10s，发射模式为连续波，得到8英寸碳化硅剥离片6#。

[0110] 将上述示例3至示例8所得到的8英寸碳化硅剥离片1#~6#进行性能测试，测试结果如表1所示。

[0111] 表1 碳化硅剥离片性能测试表

[0112] [表1\_sm\_0001]

剥离片	厚度（ $\mu$ m）	尺寸（"）	Bow（ $\mu$ m）	Sori（ $\mu$ m）	损伤层深度（ $\mu$ m）	表面裂纹台阶高度（ $\mu$ m）
1#	389	8	42.394	82.943	80.2	48.125
2#	286	8	40.432	75.829	78.85	55.115
3#	155	8	35.637	55.163	68.7	34.35
4#	556	8	56.203	96.656	94.892	66.424
5#	336	8	47.89	73.257	75.459	45.275
6#	974	8	59.538	97.309	98.95	69.265

- [0113] 根据表1所示,采用本申请的加工方法得到的碳化硅剥离片1#~6#的厚度为100~1000  $\mu\text{m}$ ,尺寸为8英寸,  $Bow \leq 60 \mu\text{m}$ ,  $Sori \leq 100 \mu\text{m}$ ,损伤层深度  $\leq 100 \mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值不超过损伤层深度的70%。进一步的,碳化硅剥离片1#~6#的Bow为30~57  $\mu\text{m}$ , Sori为50~97  $\mu\text{m}$ ,损伤层深度为60~95  $\mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值为损伤层深度的50~70%。因此,采用本申请加工方法能够降低碳化硅晶片的加工损伤,提高了加工效率,可以为后续的减薄和抛光工序制定合理的工艺参数提供依据。
- [0114] 在本发明的一个示例性实施例中,本发明激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统,包括:激光剥离装置、减薄装置、抛光装置以及清洗装置。
- [0115] 激光剥离装置由晶面检测单元、夹角判定单元、角度调节单元、激光扫描单元、外力施加单元、以及固定单元构成。
- [0116] 晶面检测单元被配置在碳化硅晶锭的待剥离位置上方,并能够检测碳化硅晶锭的(0001)晶面,得到晶面位置信息。具体来讲,晶面检测单元包括定向部件,例如定向仪,可以利用布拉格衍射原理检测晶面信息,随后将检测到的信息传输到夹角判定单元。
- [0117] 夹角判定单元被设置为接收晶面位置信息,并计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值,判断夹角值是否满足预设夹角值的要求,如满足,则输出第一信号,如不满足,则输出第二信号,其中,第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直。具体来讲,第一平面为与第一激光束保持垂直的碳化硅晶锭所在的面。第一方向为第一激光束照射的方向。夹角值为碳化硅晶锭的(0001)晶面与碳化硅晶锭的第一平面的夹角,预设夹角值为在0~10范围内选择的确定值,进一步地,预设夹角值为在0.5~3.5或4.5~7范围内选择的确定值。第一信号和第二信号为电信号或无线信号,然而本发明不限于此。
- [0118] 经过判断,若碳化硅晶锭的(0001)面与第一平面的夹角值满足预设夹角值,则输出第一信号到激光扫描单元,若碳化硅晶锭的(0001)面与第一平面的夹角值不满足预设夹角值,则输出第二信号到角度调节单元。
- [0119] 角度调节单元包括晶锭角度调节机构和/或第一激光束角度调节机构。具体来讲,晶锭角度调节机构能够调节碳化硅晶锭角度,包括设置在固定单元下方的



第一调节组件和第二调节组件，第一调节组件被设置为能够沿X轴方向调节碳化硅晶锭，第二调节组件被设置为能够沿Y轴方向调节碳化硅晶锭，X轴方向与Y轴方向位于同一平面且彼此垂直或者分别平行两个平面且异面垂直。第一激光束角度调节机构被设置为能够调节第一激光束所在的第一方向。

[0120] 角度调节单元被设置为能够接收夹角判定单元传输的第二信号，并根据接收到的第二信号启动晶锭角度调节机构调节碳化硅晶锭的角度，和/或启动第一激光束角度调节机构调节第一方向。调节完碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度后，将信息再次传输到夹角判定单元，重新计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求。

[0121] 激光扫描单元包括能够产生第一激光束的第一激光头，并被设置为能够接收第一信号并启动第一激光头对碳化硅晶锭进行扫描，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面。其中，第一激光束的平均输出功率为0.8~3.5W，波长为780~1100nm，扫描速度为300~700mm/s，扫描间距为0.5~1mm，扫描时间为10~40min，扫描次数为2~6次。

[0122] 具体来讲，第一激光头分为扫描状态和非扫描状态，例如，当第一激光头呈现扫描状态时，第一激光头距离碳化硅晶锭距离为0.5~2cm，当第一激光头呈非扫描状态时，第一激光头距离碳化硅晶锭距离为10~20cm。

[0123] 激光扫描单元还包括聚焦透镜，用于将第一激光束在整个第一平面内形成均匀大小的聚焦光斑，有利于第一激光束均匀照射到碳化硅晶锭表面或内部。

[0124] 激光扫描单元接收夹角判定单元传输的第一信号后，第一激光头由非扫描状态转变为扫描状态，根据剥离晶片厚度设定焦点位置，产生第一激光束沿第一平面对碳化硅晶锭进行蛇形扫描或者圆形扫描，以产生平行或基本平行于碳化硅晶锭第一平面的裂纹。

[0125] 在本发明的另一个实施例中，激光扫描单元还包括能够产生第二激光束的第二激光头。若夹角判定单元通过计算并判断夹角值满足预设夹角值的要求的情况下，可以启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描该碳化硅晶锭，且确保第二激光束所在的第二方向始终处于第一平面内，即第二激光束可以完全照射到碳化硅晶锭的表面进行圆周方向的剥离。第一激光束的致裂方向垂直于激

光入射方向，第二激光束的致裂方向是沿着激光入射方向，可以通过光斑整形对激光致裂方向进行调节。有利于碳化硅晶锭边缘圆周的剥离，还可以进一步优化损伤层深度和表面台阶裂纹的深度。第二激光头被设置为能够与第一激光头联动控制，两个激光头先后对碳化硅晶锭进行剥离，第一激光头产生第一激光束对碳化硅晶锭除圆周边缘以外的区域进行剥离，第二激光头产生第二激光束对碳化硅晶锭圆周边缘区域进行剥离，控制第一激光束的焦点和第二激光束的位置，确保二者在同一平面产生裂纹。设置第二激光束与只有第一激光束剥离的结果相比，可以优化至少10%的损伤层深度和表面台阶裂纹的深度。第二激光束的平均输出功率为设置的第一激光束平均输出功率参数的0.3~0.5倍，波长为780~1100nm，扫描速度为设置的第一激光束扫描速度参数的0.3~0.5倍，扫描间距为0.1~0.5mm，扫描时间为10~40min，扫描次数为2~6次。

[0126] 角度调节单元还包括能够调节第二激光束所在的第二方向的第二激光束角度调节机构，并被设置为能够接收第二信号并启动所述第二激光束角度调节机构，使得所述第二方向始终处于所述第一平面内。角度调节单元接收夹角判定单元传输的第二信号，并根据接收到的第二信号启动晶锭角度调节机构调节碳化硅晶锭的角度，和/或启动第一激光束角度调节机构调节第一方向，并且同时启动第二激光束角度调节机构调节第二方向。调节完碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，并且调节完第二方向的角度后，将信息再次传输到夹角判定单元，重新计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求。

[0127] 在本发明的另一个实施例中，激光剥离装置还可进一步包括磨平单元。本实施例的装置的一种操作方式可以为：磨平单元沿第一平面磨平留在碳化硅晶锭上的剥离区域，利用晶面检测单元检测晶面信息，利用夹角判定单元，重新计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求，若满足，则启动第一激光头产生第一激光束再次扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的另一待剥离面，随后利用外力施加单元，对待剥离面施加振动，以得到另一碳化硅剥离片。若不满足，则利用角度调节单元，调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，随后将信息再次传输到夹角

判定单元，重新计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求。

[0128] 本实施例的装置的另外一种操作方式也可以为：沿第一平面磨平留在碳化硅晶锭上的剥离区域后，直接启动第一激光头产生第一激光束再次扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的另一待剥离面，随后利用外力施加单元，对待剥离面施加振动，以得到又一碳化硅剥离片。设置磨平单元能够提高碳化硅剥离片的剥离品质，提高加工效率。

[0129] 外力施加单元被设置为能够对待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片。具体来讲，外力施加单元为能够朝向待剥离面发射超声的超声构件，进一步地，超声构件的超声频率为100~150KHZ，超声时间为10~60s。

[0130] 固定单元被配置用于固定和支撑碳化硅晶锭，包括具有固定碳化硅晶锭的加持机构，例如，夹持机构可以为真空吸盘，利用真空负压来吸附碳化硅晶锭以达到夹持工件的目的。真空吸盘可以为不锈钢、陶瓷、丁腈橡胶材质，然而本发明不限于此。

[0131] 激光剥离装置得到的碳化硅剥离片的尺寸为8英寸，表面粗糙度10~50  $\mu\text{m}$ ，GBIR为 $<20\mu\text{m}$ ，Bow $\leq 60\mu\text{m}$ ，Sori $\leq 100\mu\text{m}$ ，损伤层深度 $\leq 100\mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值不超过损伤层深度的70%，表面按照激光扫描方向均匀布满微裂纹。此外，所述碳化硅剥离片的厚度为100~1000  $\mu\text{m}$ 。

[0132] 依据本发明的激光剥离装置制备碳化硅剥离片的方法，具体包括以下步骤：

[0133] S01、利用晶面检测单元检测碳化硅晶锭的(0001)晶面，得到晶面位置信息；

[0134] S02、利用夹角判定单元计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求，其中，第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直；

[0135] S03a、如满足，则启动激光扫描单元的第一激光头产生第一激光束扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；

- [0136] S03b、如不满足，则利用角度调节单元调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，并返回S02步骤，再次利用夹角判定单元计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，直至夹角值满足预设夹角值的要求；
- [0137] S04、利用外力施加单元对待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片。
- [0138] 依据本发明的激光剥离装置制备碳化硅剥离的另一种方法，具体包括以下步骤：
- [0139] S01、利用晶面检测单元检测碳化硅晶锭的(0001)晶面，得到晶面位置信息；
- [0140] S02、利用夹角判定单元计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求，其中，第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直；
- [0141] S03a、如满足，则启动激光扫描单元的第一激光头产生第一激光束扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面；
- [0142] S03b、如不满足，则利用角度调节单元调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，并返回S02步骤，再次利用夹角判定单元计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，直至夹角值满足预设夹角值的要求；
- [0143] S04、利用外力施加单元对待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片；
- [0144] S05、利用磨平单元沿第一平面磨平S04步骤留在碳化硅晶锭上的剥离区域，并再次进行S01至S04的步骤，以得到另一碳化硅剥离片。
- [0145] 或者，利用磨平单元沿第一平面磨平S04步骤留在碳化硅晶锭上的剥离区域后，直接启动第一激光束再次扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的另一待剥离面，随后进行S04步骤，以得到又一碳化硅剥离片。
- [0146] 减薄装置具有能够对单个剥离片的单面的至少一部分进行减薄和/或对该单个剥离片的另一单面的至少一部分进行减薄的磨制机构。
- [0147] 磨制构件包括粗磨砂轮和细磨砂轮，粗磨处理时设置的砂轮倾角为 $0^{\circ}$ ~ $0.5^{\circ}$ ，进刀速度为 $5\sim 30\mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速为 $1000\sim 4000\text{rpm}$ ，砂轮目数 $2000\sim 5000$ 目；优选的，粗磨砂轮设置的砂轮倾角为 $0.1^{\circ}$ ~ $0.3^{\circ}$ ，进刀速度为 $10\sim 20\mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速为 $2000\sim 250\text{rpm}$ ，砂轮目数 $3000\sim 4000$ 目；精磨砂轮设置的砂轮倾

角为 $-0.5^{\circ} \sim 0^{\circ}$ ，进刀速度 $3 \sim 20 \mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速 $1000 \sim 3000\text{rpm}$ ，砂轮目数 $15000 \sim 40000$ 目；优选的，精磨砂轮设置的砂轮倾角为 $-0.3^{\circ} \sim -0.1^{\circ}$ ，进刀速度 $5 \sim 15 \mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速 $1500 \sim 2500\text{rpm}$ ，砂轮目数 $20000 \sim 30000$ 目。

[0148] 减薄装置得到的碳化硅减薄片的尺寸为8英寸， $\text{SFQR} \leq 1.2 \mu\text{m}$ ， $\text{GB IR} \leq 5 \mu\text{m}$ ， $\text{Bow} \leq 10 \mu\text{m}$ ， $\text{Sori} \leq 15 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $\leq 10\text{nm}$ 。

[0149] 抛光装置包括工作台以及通过工作台依次串联连接的第 $i$ 抛光机构，第 $i$ 抛光机构包括第 $i$ 抛光组件、第 $i$ 供液组件、第 $i$ 清扫组件、第 $i$ 回收组件，其中， $i$ 为自然数且从1遍历至 $n$ ， $n$ 为自然数且不小于2。例如， $i$ 为2时，包括依次串联连接的第1抛光机构和第2抛光机构。其中，第1抛光机构中包括第1抛光组件、第1供液组件、第1清扫组件、第1回收组件；第2抛光机构中包括第2抛光组件、第2供液组件、第2清扫组件、第2回收组件。然而，本发明并不限于此，可以根据所需晶片的质量情况进行多次抛光。

[0150] 其中，第 $i$ 抛光组件固定于工作台上并包括设置有第 $i$ 抛光垫的能够自转的第 $i$ 抛光盘以及第 $i$ 抛光头；第 $i$ 抛光头位于第 $i$ 抛光盘的周边，第 $i$ 抛光头的轴心与第 $i$ 抛光盘轴心的距离范围为 $100 \sim 200\text{mm}$ 。抛光过程中第 $i$ 抛光头能够固定待抛光的晶片实现把待抛光的晶片的一个面按在第 $i$ 抛光盘上进行抛光操作。例如，第 $i$ 抛光头的上部设置有气缸结构；抛光过程中能够将待抛光的晶片吸附到第 $i$ 抛光头上固定待抛光晶片，同时气缸结构能够给抛光头施加向下的压力实现待抛光晶片的单面抛光。此外第 $i$ 抛光垫可以套装抛光盘上或真空吸附在抛光盘上，第 $i$ 抛光垫的粗糙度高于第 $i+1$ 抛光垫，有助于进一步降低晶片的表面粗糙度。此外，抛光过程中，一方面第 $i$ 抛光盘能够沿轴心进行自转，第 $i$ 抛光头也能够沿轴心进行自转，两方面的转动可以实现在单面抛光时能够使待抛光晶片处于相对旋转摩擦，更加保证粗糙度的同时保证晶片厚度均匀性。抛光过程中，第 $i$ 抛光盘和第 $i$ 抛光头可以同时顺时针自转也可以同时逆时针旋转，第 $i$ 抛光盘的转动速度比第 $i$ 抛光头高。

[0151] 第 $i$ 供液组件用于向第 $i$ 抛光盘中注抛光液。例如，所述第 $i$ 供液组件固定于第 $i$ 抛光盘的上方且包括第 $i$ 抛光液桶，抛光液桶与流速控制管道相连接可以实现抛光

液以一定流速滴加入抛光盘中。或者第i供液组件可以通过吸管直接把抛光液滴加入抛光盘。然而，本发明并不限于此。

[0152] 第i清扫组件位于抛光盘的两侧能够在抛光过程中实现废渣清扫。抛光过程中一直存在摩擦，若摩擦轨迹不是很均匀，就会导致抛光垫的一部分绒毛被磨损比较多，通过清扫组件可以把绒毛从抛光盘刮竖起来，保证一定程度的去除率。例如，清扫组件可以是毛刷构件，在抛光过程中能够呈一定角度摆动实现对抛光盘表面残渣的清除。例如180° 角度摆动。

[0153] 第i回收组件位于抛光盘的下方，能够实现回收抛光后的废液和废渣；且第i+1抛光机构得到的晶片表面粗糙度小于第i抛光机构得到的晶片表面粗糙度。例如，第i回收组件包括第i回收槽。第i抛光盘的下方及边缘设置有与第i回收组件相连通的通道用于将抛光后的废液及废渣收集到回收槽中。所述废液进行过滤后可以继续用于晶片抛光，但为了保证进一步保证晶片的质量，废液一般可以继续作为抛光液，重复使用1-2次。

[0154] 经串联抛光装置进行抛光后所得到的抛光片表面粗糙度不高于0.5nm，GBIR为 $<3\mu\text{m}$ ，Bow为 $<20\mu\text{m}$ ，Sori为 $<40\mu\text{m}$ ，表面无痕迹或裂纹或损伤。

[0155] 在本发明的再一个实施例中，串联抛光装置还包括自动移动组件，自动移动组件类似于机械手构件，能够将待抛光的晶片移动到第i抛光机构上、将晶片从第i抛光机构移动到第i+1抛光机构或者将晶片从i+1抛光机构上移入抛光后晶片收纳组件中。此外，自动移动组件能够直线移动或呈一定角度移动。例如，待抛光晶片进行3次串联抛光时，自动移动组件可以实现将待抛光晶片移动到第1抛光构件上，当第1次抛光结束后，自动移动组件可以将经1次抛光后的晶片从第1抛光构件上移动到第2抛光构件上，第2次抛光结束后，自动移动组件实现将经2次抛光后的晶片从第2抛光构件上移动到第3抛光构件上，第3次抛光结束后，自动移动组件实现将经3次抛光后的晶片移动到晶片收纳组件中或者进行该晶片另一面的抛光处理。其中，第1抛光机构为粗抛机构实现对晶片的粗抛，第2抛光机构为中抛机构实现对晶片的中抛，第3抛光机构为精抛机构实现对晶片的精抛。粗抛得到的晶片的粗糙度比中抛高，而中抛得到的晶片的粗糙度比精抛高。

- [0156] 清洗装置，具有能够对抛光片进行清洗从而得到大尺寸碳化硅衬底的清洗机构、以及固定单个晶片的夹持机构。夹持机构可以为真空吸盘，利用真空负压来吸附碳化硅晶片以达到夹持工件的目的。真空吸盘可以为不锈钢、陶瓷、丁腈橡胶材质，然而本发明不限于此。
- [0157] 在本发明中SFQR（Site flatness front least-squares range）指的是局部平整度，代表单位平面积内的厚度最大差值。Bow指的是弯曲度，代表晶片中心相对参考平面凹或凸的程度。Sori指的是基于最小二乘法前表面的翘曲度，代表衬底整体相对于中位面的偏差程度。GBIR（Global flatness back ideal range）指的是总厚度偏差，代表基准面与测量范围内各测量点的最大值与最小值的差。外延后面型变化指的是外延前后Bow的变化、外延前后Sori的变化。
- [0158] 示例9
- [0159] 图2示出了本申请激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统示例性实施例中激光剥离装置结构图。
- [0160] 在本实施例中，如图2所示，激光致裂制备碳化硅剥离片的装置，由晶面检测单元、夹角判定单元（未示出）、角度调节单元、激光扫描单元、外力施加单元（未示出）、以及固定单元构成。
- [0161] 晶面检测单元被配置在碳化硅晶锭的待剥离位置上方，包括定向仪信号发射器11和定向仪信号接收器12，利用布拉格衍射原理检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息，随后将检测到的晶面信息传输到夹角判定单元。
- [0162] 夹角判定单元被设置为接收晶面位置信息，并计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求，如满足，则输出第一信号，如不满足，则输出第二信号，其中，第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直。预设夹角值为在0~10范围内选择的确定值，进一步地，预设夹角值为在0.5~3.5或4.5~7范围内选择的确定值。第一信号和第二信号为电信号。经过判断，若碳化硅晶锭的（0001）面与第一平面的夹角值满足预设夹角值，则输出第一信号到激光扫描单元，若碳化硅晶锭的（0001）面与第一平面的夹角值不满足预设夹角值，则输出第二信号到角度调节单元。

- [0163] 角度调节单元包括晶锭角度调节机构和/或第一激光束角度调节机构（未示出）。晶锭角度调节机构能够调节碳化硅晶锭角度，包括设置在固定单元下方的第一调节组件211和第二调节组件212，第一调节组件211包括第一调节旋钮2111，通过顺时针或逆时针转动第一调节旋钮2111调节碳化硅晶锭沿X轴方向运动，第二调节组件212包括第二调节旋钮2121，通过顺时针或逆时针转动第二调节旋钮2121调节碳化硅晶锭沿Y轴方向运动，X轴方向与Y轴方向位于同一平面且彼此垂直。第一激光束角度调节机构被设置为能够调节第一激光束所在的第一方向。
- [0164] 角度调节单元被设置为能够接收夹角判定单元传输的第二信号，并根据接收到的第二信号启动晶锭角度调节机构调节碳化硅晶锭的角度，和/或启动第一激光束角度调节机构调节第一方向。调节完碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度后，将信息再次传输到夹角判定单元，重新计算晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断夹角值是否满足预设夹角值的要求。
- [0165] 激光扫描单元包括能够产生第一激光束的第一激光头31和聚焦透镜32，激光扫描单元被设置为能够接收第一信号并启动第一激光头31对碳化硅晶锭进行扫描，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面。其中，第一激光头31产生的第一激光束的平均输出功率为0.8~3.5W，波长为780~1100nm，扫描速度为300~700mm/s，扫描间距为0.5~1mm，扫描时间为10~40min，扫描次数为2~6次。
- [0166] 第一激光头31分为扫描状态和非扫描状态，当第一激光头31呈现扫描状态时，第一激光头31距离碳化硅晶锭距离为0.5~2cm，当第一激光头31呈非扫描状态时，第一激光头31距离碳化硅晶锭距离为10~20cm。激光扫描单元接收夹角判定单元传输的第一信号后，第一激光头31由非扫描状态转变为扫描状态，根据剥离晶片厚度设定焦点位置，产生第一激光束沿第一平面对碳化硅晶锭进行蛇形扫描，以产生平行或基本平行于碳化硅晶锭的（0001）晶面的裂纹。
- [0167] 聚焦透镜32用于将第一激光束在整个第一平面内形成均匀大小的聚焦光斑，有利于第一激光束均匀照射到碳化硅晶锭表面或内部。



- [0168] 外力施加单元为能够朝向待剥离面发射超声的超声构件，对待剥离面施加超声振动，得到碳化硅剥离片。超声构件的超声频率为100~150KHZ，超声时间为10~60s。
- [0169] 固定单元被配置用于固定和支撑碳化硅晶锭。包括具有固定碳化硅晶锭的真空吸盘41，利用真空负压来吸附碳化硅晶锭以达到夹持工件的目的。真空吸盘41可以为陶瓷材质。
- [0170] 示例10
- [0171] 图3示出了本申请激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统示例性实施例中激光抛光装置结构图。
- [0172] 本实施例中，参考图3所示，抛光装置包括：工作台以及通过所述工作台依次串联连接的第一抛光机构51、第二抛光机构51以及第三抛光机构51，抛光过程中减薄片盛放在待抛光晶片承载组件中，进行抛光时，自动移动组件将待抛光减薄片移动到第一抛光机构51，先经过第一抛光机构51进行第1次抛光，然后将第1次抛光后的晶片在第二抛光机构52进行第2次抛光，最后将第2次抛光后的晶片在第三抛光机构53进行第3次抛光后得到我们所想要的抛光片，将所得到的抛光片经自动移动组件移动到抛光后晶片收纳组件中。其中，所述自动移动组件可以设置为一个或多个，自动移动组件可以进行直线角度的移动也可以呈一定角度进行移动。例如，三个抛光机构可以顺次设置围成圆型，可以设置一个自动移动组件呈360°角度移动，或者可以在每个步骤分别设置一个自动移动组件呈一定角度进行移动。然而，本发明并不限于此。自动移动组件分别设置在抛光开始和抛光结束阶段。另外本发明也可以通过人工取件的形式实现待抛光晶片制件的切换。
- [0173] 参考图3所示，抛光组件固定于工作台上并包括设置有抛光垫（图中未示出）的能够自转的第一抛光盘511以及第一抛光头512；所述第一抛光头512位于第一抛光盘511的边缘，抛光过程中第一抛光头512能够固定待抛光的晶片实现把待抛光的晶片的一个面按在第一抛光盘511上进行抛光操作。例如，第一抛光头512的上部设置有气缸结构；抛光过程中能够将待抛光的晶片吸附到第一抛光头512下方起到固定待抛光晶片的作用，同时气缸结构能够给第一抛光头511施加向下的

压力实现待抛光晶片的单面抛光。此外抛光垫可以粘结在第一抛光盘511上，第二抛光垫的粗糙度低于第一抛光垫的粗糙度，有助于进一步降低晶片的表面粗糙度。此外，抛光过程中，第一抛光盘511能够沿轴心进行自转，第二抛光头512也能够沿轴心进行自转，第一抛光盘511和第一抛光头512的转动能够使待抛光晶片处于相对旋转摩擦状态，使抛光后的晶片保证粗糙度的同时保证晶片厚度均匀性。另外，抛光过程中，第一抛光盘511和第一抛光头512可以同时顺时针自转也可以同时逆时针旋转且第一抛光盘511的转动速度比第一抛光头512高。

[0174] 所述第一供液组件513固定于第一抛光盘511的上方且包括抛光液桶（图中未示出），所述抛光液桶与流速控制管道相连接可以实现抛光液以一定流速滴加入抛光盘511中。或者第一供液组件513可以通过吸管直接把抛光液滴加入第一抛光盘511中。然而，本发明并不限于此。

[0175] 所述第一清扫组件513位于第一抛光盘511的边缘能够在抛光过程中实现抛光盘511上废渣清扫。由于抛光过程中一直存在摩擦，若摩擦轨迹不是很均匀，就会导致抛光垫的一部分绒毛被磨损比较多，通过清扫组件可以把绒毛从抛光垫刮竖起来，保证一定程度的去除率。例如，本实施例中清扫组件可以是毛刷构件，在抛光过程中能够呈一定角度摆动实现对抛光盘表面残渣的清除。例如180°角度摆动。

[0176] 所述回收组件（图中未示出）位于第一抛光盘511的下方，能够实现回收抛光后的废液和废渣。例如，本实施例中回收组件包括回收槽。第一抛光盘511的下方及边缘设置有与回收组件相连通的通道用于将抛光后的废液及废渣收集到回收槽中。所述废液进行过滤后可以继续用于晶片抛光。

[0177] 本发明源于泰山产业领军人才工程专项经费资助。

[0178] 以上所述仅为本发明的实施例而已，并不用于限制本发明。对于本领域技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

## 权利要求书

- [权利要求 1] 一种基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，所述加工方法包括步骤：
- S01、检测碳化硅晶锭的（0001）晶面，得到晶面位置信息；
- S02、计算所述晶面位置信息与第一平面之间的夹角值，判断所述夹角值是否满足预设夹角值的要求，其中，所述第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直；
- S03a、如满足，则启动第一激光束扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿所述第一平面延展的待剥离面；S03b、如不满足，则调节碳化硅晶锭的角度和/或第一方向的角度，并返回S02步骤，直至夹角值满足预设夹角值的要求；
- S04、对所述待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，所述预设夹角值为在0~10范围内选择的确定值，进一步地，所述夹角值为在0.5~3.5或4.5~7范围内选择的确定值。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，所述加工方法还包括：S05、沿所述第一平面磨平S04步骤留在碳化硅晶锭上的剥离区域，并再次进行S01至S04的步骤，以得到另一碳化硅剥离片；或者沿所述第一平面磨平S04步骤留在碳化硅晶锭上的剥离区域后，直接启动第一激光束再次扫描碳化硅晶锭，以形成含有多个裂纹且沿所述第一平面延展的另一待剥离面，随后进行S04步骤，以得到又一碳化硅剥离片。
- [权利要求 4] 根据权利要求1所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，步骤S03还包括：在所述夹角值满足预设夹角值的要求的情况下，启动第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描该碳化硅晶锭，且确保第二激光束所在的第二方向始终处于所述第一平面内。

- [权利要求 5] 根据权利要求1或2所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，所述第一激光束的平均输出功率均为0.8~3.5W，波长为780~1100nm，扫描速度为300~700mm/s，扫描间距为0.1~0.5mm，扫描时间为10~40min，扫描次数为2~6次。
- [权利要求 6] 根据权利要求5所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，所述碳化硅剥离片的厚度为100~1000  $\mu\text{m}$ 。
- [权利要求 7] 根据权利要求1所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法，其特征在于，所述振动通过超声方式实现，进一步地，所述超声的频率为100~150KHZ，超声时间为10~60s，发射模式为连续波或脉冲波。
- [权利要求 8] 一种8英寸以上碳化硅剥离片，其特征在于， $Bow \leq 60 \mu\text{m}$ ， $Sori \leq 100 \mu\text{m}$ ，损伤层深度 $\leq 100 \mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值不超过损伤层深度的70%。
- [权利要求 9] 根据权利要求8所述的8英寸以上碳化硅剥离片，其特征在于，所述8英寸以上碳化硅剥离片的Bow为30~57  $\mu\text{m}$ ，Sori为50~97  $\mu\text{m}$ ，损伤层深度为60~95  $\mu\text{m}$ 且表面裂纹台阶高度最大值为损伤层深度的50~70%。
- [权利要求 10] 根据权利要求8~9任意一项所述的8英寸以上碳化硅剥离片，其特征在于，所述8英寸以上碳化硅剥离片采用如权利要求1~7中任意一项所述的基于激光致裂的碳化硅剥离片加工方法制得。
- [权利要求 11] 一种激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，包括：  
激光剥离装置，包括晶面检测单元、夹角判定单元、角度调节单元、激光扫描单元、外力施加单元、以及用于固定和支撑碳化硅晶锭的固定单元，  
所述激光扫描单元包括能够产生第一激光束的第一激光头，并被设置为能够接收第一信号并启动所述第一激光头对碳化硅晶锭进行扫描，以形成含有多个裂纹且沿第一平面延展的待剥离面，其中，所

述第一平面与第一激光束所在的第一方向始终保持垂直，所述外力施加单元被设置为能够对所述待剥离面施加振动，以得到碳化硅剥离片；

减薄装置，具有能够对单个剥离片的单面的至少一部分进行减薄和/或对该单个剥离片的另一单面的至少一部分进行减薄的磨制机构；

抛光装置，具有工作台以及通过所述工作台依次串联连接的第i抛光机构，所述第i抛光机构包括第i抛光组件、第i供液组件、第i清扫组件、第i回收组件，其中，i为自然数且从1遍历至n，n为自然数且不小于2；

清洗装置，具有能够对所述抛光片进行清洗从而得到大尺寸碳化硅衬底的清洗机构；

其中，所述大尺寸碳化硅衬底为8英寸以上的碳化硅衬底。

[权利要求 12] 根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述晶面检测单元被配置在碳化硅晶锭的待剥离位置上方，并能够检测碳化硅晶锭的(0001)晶面，得到晶面位置信息。

[权利要求 13] 根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述夹角判定单元被设置为接收所述晶面位置信息，并计算所述晶面位置信息与所述第一平面之间的夹角值，判断所述夹角值是否满足预设夹角值的要求，如满足，则输出第一信号，如不满足，则输出第二信号。

[权利要求 14] 根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述角度调节单元包括能够调节碳化硅晶锭角度的晶锭角度调节机构和/或能够调节第一方向的第一激光束角度调节机构，并被设置为能够接收第二信号并启动所述晶锭角度调节机构和/或所述第一激光束角度调节机构。

- [权利要求 15] 根据权利要求14所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述晶锭角度调节机构包括设置在所述固定单元下方的第一调节组件和第二调节组件，所述第一调节组件被设置为能够沿X轴方向调节碳化硅晶锭，所述第二调节组件被设置为能够沿Y轴方向调节碳化硅晶锭，所述X轴方向与所述Y轴方向位于同一平面且彼此垂直或者分别平行两个平面且异面垂直。
- [权利要求 16] 根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述激光扫描单元还包括能够产生第二激光束的第二激光头，所述第二激光头被设置为能够使所述第二激光束围绕碳化硅晶锭的圆周方向扫描该碳化硅晶锭；所述第二激光头被设置为能够与第一激光头联动控制，且能够确保所述第二激光束所在的第二方向始终处于所述第一平面内；所述角度调节单元还包括能够调节第二激光束所在的第二方向的第二激光束角度调节机构，并被设置为能够接收第二信号并启动所述第二激光束角度调节机构，使得所述第二方向始终处于所述第一平面内。
- [权利要求 17] 根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述磨制构件包括粗磨砂轮和细磨砂轮，所述粗磨处理时设置的砂轮倾角为 $0^{\circ} \sim 0.5^{\circ}$ ，进刀速度为 $5 \sim 30 \mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速为 $1000 \sim 4000\text{rpm}$ ，砂轮目数 $2000 \sim 5000$ 目；优选的，所述粗磨砂轮设置的砂轮倾角为 $0.1^{\circ} \sim 0.3^{\circ}$ ，进刀速度为 $10 \sim 20 \mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速为 $2000 \sim 2500\text{rpm}$ ，砂轮目数 $3000 \sim 4000$ 目；所述精磨砂轮设置的砂轮倾角为 $-0.5^{\circ} \sim 0^{\circ}$ ，进刀速度 $3 \sim 20 \mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速 $1000 \sim 3000\text{rpm}$ ，砂轮目数 $15000 \sim 40000$ 目；优选的，所述精磨砂轮设置的砂轮倾角为 $-0.3^{\circ} \sim -0.1^{\circ}$ ，进刀速度 $5 \sim 15 \mu\text{m}/\text{min}$ ，砂轮转速 $1500 \sim 2500\text{rpm}$ ，砂轮目数 $20000 \sim 30000$ 目。
- [权利要求 18] 根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述抛光机构包括所述第i抛光组件固定于工作

台上并包括设置有第i抛光垫的能够自转的第i抛光盘以及第i抛光头；所述第i抛光头位于第i抛光盘的周边，抛光过程中第i抛光头能够固定待抛光的晶片，以实现把待抛光的晶片的一个面按在第i抛光盘上进行抛光操作；所述第i供液组件用于向第i抛光盘注抛光液；所述第i清扫组件位于抛光盘的两侧能够在抛光过程中实现废渣清扫；所述第i回收组件位于抛光盘的下方，能够实现回收抛光后的废液和废渣；且第i+1抛光机构得到的晶片表面粗糙度小于第i抛光机构得到的晶片表面粗糙度。

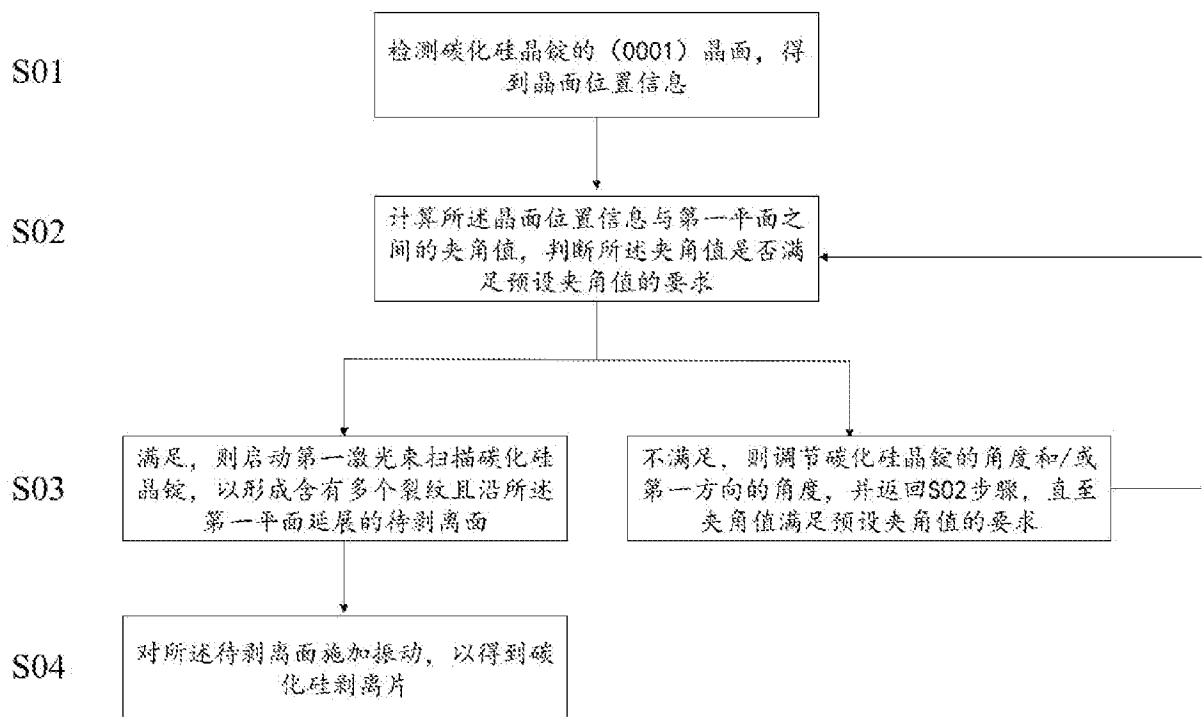
[权利要求 19]

根据权利要求11所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统，其特征在于，所述的8英寸以上的碳化硅衬底SFQR不高于 $2\mu\text{m}$ ， $\text{Bow} < 25\mu\text{m}$ ， $\text{Sori} < 45\mu\text{m}$ ，外延前后面型变化不高于 $10\mu\text{m}$ ；优选的，所述碳化硅衬底SFQR不高于 $1\mu\text{m}$ ，所述碳化硅衬底 $\text{Bow} < 10\mu\text{m}$ ， $\text{Sori} < 15\mu\text{m}$ ，所述外延前后面型变化不高于 $5\mu\text{m}$ 。

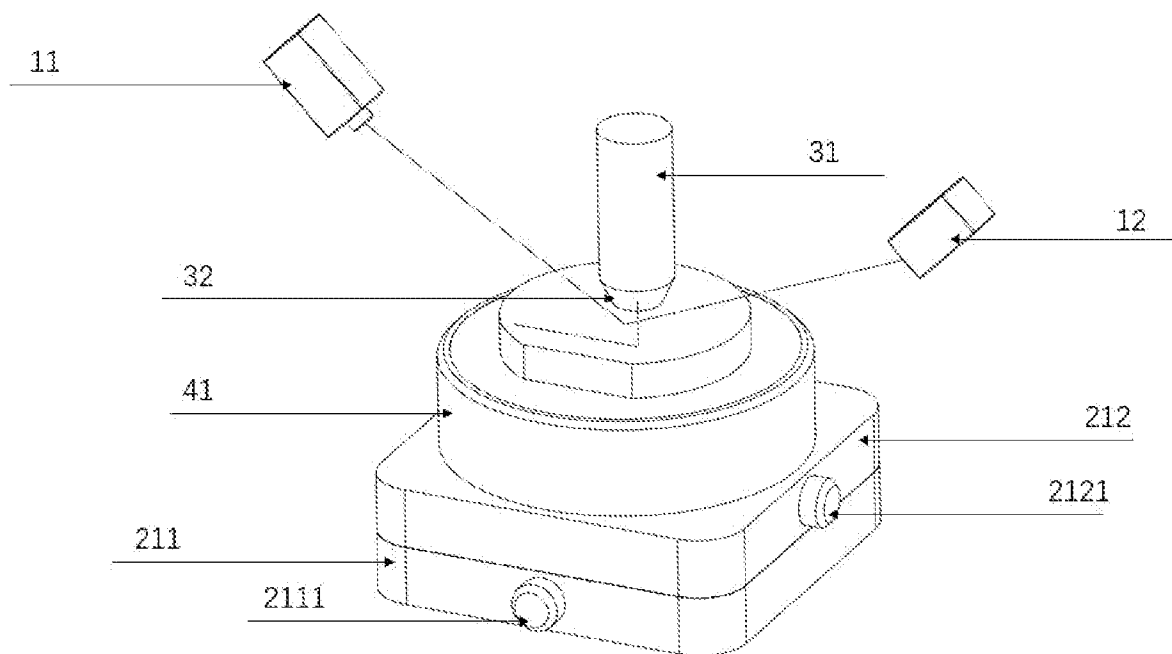
[权利要求 20]

一种使用权利要求11~19所述的激光剥离制备8英寸以上碳化硅衬底的系统的8英寸以上碳化硅衬底低应力加工方法。

[图1]

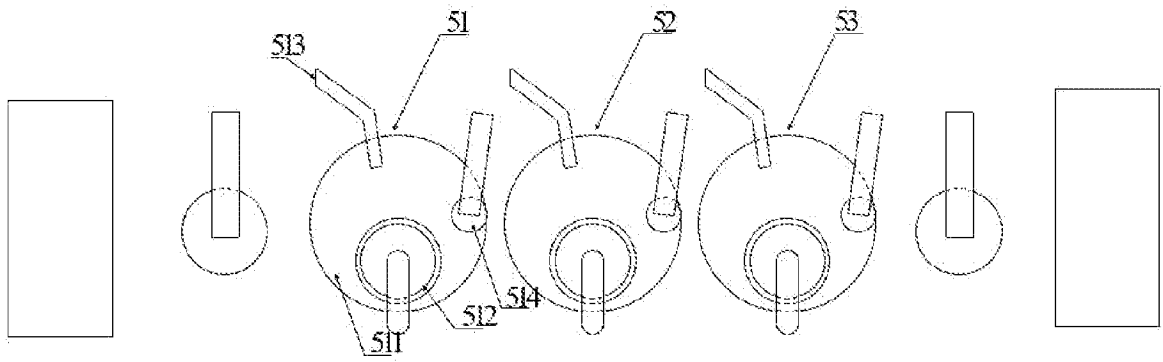


[图2]





[图3]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/125092

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H01L 21/67(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC: H01L		
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)		
CNTXT, ENTXT, CNKI, IEEE: 激光, 碳化硅, 晶片, 硅片, 角度, 夹角, 裂纹, 震动, 清洗, 损伤, 深度, SiC, silicon carbide, sheet, laser, cracking, vibration, peeling		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115938993 A (SICC CO., LTD.) 07 April 2023 (2023-04-07) description, paragraphs 32-105, and figures 1-2	1-20
PX	CN 115971642 A (SICC CO., LTD.) 18 April 2023 (2023-04-18) description, paragraphs 20-91, and figure 1	1-10
PX	CN 115881517 A (SICC CO., LTD.) 31 March 2023 (2023-03-31) description, paragraphs 21-100	1-20
X	US 2022241900 A1 (DISCO CORP.) 04 August 2022 (2022-08-04) description, paragraphs 24-75, and figures 1-10	1-7, 11-18, 20
X	US 2021245304 A1 (DISCO CORP.) 12 August 2021 (2021-08-12) description, paragraphs 26-74, and figures 1-8	1-7, 11-18, 20
X	CN 114535815 A (DISCO CORP.) 27 May 2022 (2022-05-27) description, paragraphs 38-125, and figures 1-10	1-7, 11-18, 20
A	CN 114427115 A (ZJU HANGZHOU GLOBAL SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL INNOVATION CENTER) 03 May 2022 (2022-05-03) entire document	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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		Date of mailing of the international search report
14 December 2023		25 December 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2023/125092**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114932635 A (SHENZHEN MIJIALAI INTELLIGENT EQUIPMENT CO., LTD.) 23 August 2022 (2022-08-23) entire document	1-20
-----		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2023/125092**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115938993	A	07 April 2023	None			
CN	115971642	A	18 April 2023	None			
CN	115881517	A	31 March 2023	None			
US	2022241900	A1	04 August 2022	None			
US	2021245304	A1	12 August 2021	JP	2021125655	A	30 August 2021
CN	114535815	A	27 May 2022	KR	20220063734	A	17 May 2022
				DE	102021212374	A1	12 May 2022
				US	2022148881	A1	12 May 2022
				TW	202220047	A	16 May 2022
				JP	2022076543	A	20 May 2022
CN	114427115	A	03 May 2022	None			
CN	114932635	A	23 August 2022	None			

<p>A. 主题的分类</p> <p>H01L 21/67(2006.01)i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: H01L</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNTEXT, ENTXT, CNKI, IEEE: 激光, 碳化硅, 晶片, 硅片, 角度, 夹角, 裂纹, 震动, 清洗, 损伤, 深度, SiC, silicon carbide, sheet, laser, cracking, vibration, peeling</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115938993 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年4月7日 (2023 - 04 - 07) 说明书第32-105段、图1-2</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115971642 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年4月18日 (2023 - 04 - 18) 说明书第20-91段、图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115881517 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年3月31日 (2023 - 03 - 31) 说明书第21-100段</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2022241900 A1 (DISCO CORP.) 2022年8月4日 (2022 - 08 - 04) 说明书第24-75段、图1-10</td> <td>1-7、11-18、20</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2021245304 A1 (DISCO CORP.) 2021年8月12日 (2021 - 08 - 12) 说明书第26-74段图1-8</td> <td>1-7、11-18、20</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 114535815 A (株式会社迪思科) 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27) 说明书第38-125段、图1-10</td> <td>1-7、11-18、20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 114427115 A (浙江大学杭州国际科创中心) 2022年5月3日 (2022 - 05 - 03) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115938993 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年4月7日 (2023 - 04 - 07) 说明书第32-105段、图1-2	1-20	PX	CN 115971642 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年4月18日 (2023 - 04 - 18) 说明书第20-91段、图1	1-10	PX	CN 115881517 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年3月31日 (2023 - 03 - 31) 说明书第21-100段	1-20	X	US 2022241900 A1 (DISCO CORP.) 2022年8月4日 (2022 - 08 - 04) 说明书第24-75段、图1-10	1-7、11-18、20	X	US 2021245304 A1 (DISCO CORP.) 2021年8月12日 (2021 - 08 - 12) 说明书第26-74段图1-8	1-7、11-18、20	X	CN 114535815 A (株式会社迪思科) 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27) 说明书第38-125段、图1-10	1-7、11-18、20	A	CN 114427115 A (浙江大学杭州国际科创中心) 2022年5月3日 (2022 - 05 - 03) 全文	1-20
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 115938993 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年4月7日 (2023 - 04 - 07) 说明书第32-105段、图1-2	1-20																								
PX	CN 115971642 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年4月18日 (2023 - 04 - 18) 说明书第20-91段、图1	1-10																								
PX	CN 115881517 A (山东天岳先进科技股份有限公司) 2023年3月31日 (2023 - 03 - 31) 说明书第21-100段	1-20																								
X	US 2022241900 A1 (DISCO CORP.) 2022年8月4日 (2022 - 08 - 04) 说明书第24-75段、图1-10	1-7、11-18、20																								
X	US 2021245304 A1 (DISCO CORP.) 2021年8月12日 (2021 - 08 - 12) 说明书第26-74段图1-8	1-7、11-18、20																								
X	CN 114535815 A (株式会社迪思科) 2022年5月27日 (2022 - 05 - 27) 说明书第38-125段、图1-10	1-7、11-18、20																								
A	CN 114427115 A (浙江大学杭州国际科创中心) 2022年5月3日 (2022 - 05 - 03) 全文	1-20																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年12月14日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年12月25日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>陈龙</p> <p>电话号码 (+86) 010-53961219</p>																								

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	CN 114932635 A (深圳市米珈来智能装备有限公司) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 全文	1-20

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/125092

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	115938993	A	2023年4月7日	无			
CN	115971642	A	2023年4月18日	无			
CN	115881517	A	2023年3月31日	无			
US	2022241900	A1	2022年8月4日	无			
US	2021245304	A1	2021年8月12日	JP	2021125655	A	2021年8月30日
CN	114535815	A	2022年5月27日	KR	20220063734	A	2022年5月17日
				DE	102021212374	A1	2022年5月12日
				US	2022148881	A1	2022年5月12日
				TW	202220047	A	2022年5月16日
				JP	2022076543	A	2022年5月20日
CN	114427115	A	2022年5月3日	无			
CN	114932635	A	2022年8月23日	无			