

大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法

技术领域

本发明涉及半导体材料加工技术领域，具体领域为一种铌酸锂晶体基片的加工方法。

背景技术

铌酸锂 (LiNbO_3) 是一种铌、锂和氧的化合物，是一种负性晶体 ($n_0 > n_e$)。铌酸锂相对密度 4.30，晶格常数 $a=0.5147 \mu\text{m}$ ， $c=1.3856 \mu\text{m}$ ，熔点 1240°C ，莫氏硬度 5，折射率 $n_0=2.297$ ， $n_e=2.208(\lambda=600 \mu\text{m})$ ，介电常数 $\epsilon=44$ ， $\epsilon=29.5$ ， $\epsilon=84$ ， $\epsilon=30$ 。铌酸锂是一种铁电晶体，居里点 1140°C ，自发极化强度 $50 \times 10 \text{C/cm}^2$ ，热导率 $0.056(\text{W/cm}\cdot\text{K})$ 。经过畸化处理后的铌酸锂晶体具有压电、铁电、光电、非线性光学、热电等多性能的材料，同时具有光折变效应。其单晶是光波导、移动电话、压电传感器、光学调制器和各种其它线性和非线性光学应用的重要材料。铌酸锂晶体是目前用途最广泛的新型无机材料之一，它是很好的压电换能材料、铁电材料、电光材料。铌酸锂作为电光材料在光通讯中起到光调制作用。

高性能的电子元件对铌酸锂晶片表面晶格完整度的要求极高，不仅需要具有极高的平面度，还需要无损伤、超平滑且无晶向偏差。普通晶片具有表面静电积累的现象，这个问题可以通过黑化工艺解决，黑化工艺还可以使晶片产生低热释电的效果，更加符合半导体行业发展的规律与需求。

目前随着半导体行业的快速发展，铌酸锂晶片的需求量逐步加大。为提高产量并降低成本，晶片需要向大尺寸方向发展，一方面能够完善大尺寸铌酸锂晶片的通用工艺平台，另一方面可以摆脱厂家半导体机台设备对产品的制约。由于 8 英寸铌酸锂晶片相对常规晶片尺寸更大，在加工过程中会产生更大的加工应力，从而容易导致爆边、碎片、裂片等不良。且晶片尺寸越大，TTV、WARP、BOW、PLTV 等指标在加工过程中越难达到常规尺寸的同等级水平。

中国专利申请 CN111230598A 公开了一种 8 英寸铌酸锂晶片的制备方法，采用三次腐蚀法解决了铌酸锂晶片内部应力变形严重及因此产生的晶片生产过程中容易碎裂的问题；抛光过程中采用多孔陶瓷盘吸附，解决了传统的贴蜡工艺引起的 TTV 不易控制的问题；但

在实际操作中用于腐蚀的酸液对环境 and 人体存在安全隐患，而采用多孔陶瓷盘吸附对设备及配件的精度要求极高，且只能实现单面抛光。

申请人于 CN107665813A 中公开了一种钽酸锂晶体基片加工方法，包括切片、倒角、黑化、研磨、粗抛和精抛步骤，在所述粗抛和精抛步骤中采用了钻石抛光液，所述钻石抛光液由钻石微粉、乙二醇、甘油、乙醇氨以及去离子水构成，其 PH 值在 9~11 之间，其中钻石微粉含量为 20%~25%，乙二醇含量为 8%~15%，甘油含量为 3%~5%，乙醇氨含量为 0.1%~0.3%，去离子水含量为 60%~65%。本发明可以大大提高钽酸锂晶片的表面光洁度，降低其表面粗糙度，消除应力，达到镜面抛光效果，从而降低节约生产成本和提高产品的合格率。但是，钽酸锂与铌酸锂物理性质差异很大，钽酸锂的加工方式不适用于铌酸锂。

发明内容

本发明的目的在于提供一种大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法，可以批量生产 8 英寸铌酸锂晶片，可以实现双面加工，大大提高生产效率，安全可靠，同时可以保证晶片的性能与品质，达到节约生产成本、提高产品合格率、减小大尺寸晶片应力问题、摆脱半导体厂家设备对产品制约的目的。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法，包括切片、倒角、研磨 800、黑化、研磨 2000 和抛光步骤；

所述研磨 800 步骤和研磨 2000 步骤中均采用双面研磨机，在 $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，研磨加压方式采用分段缓慢加压方式；

其中，研磨 800 的分段缓慢加压方式为：首段 1min，不加压；第二段加压 3min，加压速率为每分钟 $2\text{g}/\text{cm}^2$ ；第三段加压 2min，加压速率为每分钟 $3\text{g}/\text{cm}^2$ ，第四段加压 2min，加压速率为每分钟 $4\text{g}/\text{cm}^2$ ，共加压至 $20\text{g}/\text{cm}^2$ ；

研磨 2000 的分段缓慢加压方式为：首段 1min，不加压；第二段加压 3min，加压速率为每分钟 $4\text{g}/\text{cm}^2$ ；第三段加压 2min，加压速率为每分钟 $6\text{g}/\text{cm}^2$ ；第四段加压 2min，加压

速率为每分钟 $8\text{g}/\text{cm}^2$ ，共加压至 $40\text{g}/\text{cm}^2$ ；砂浆流量为 $5\text{L}/\text{cm}^2$ - $15\text{L}/\text{cm}^2$ ，设备最大转速为 6rpm - 10rpm ；

所述抛光步骤中采用双面抛光机，在 $22^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 下，设备最大转速为 6rpm - 10rpm ，抛光液采用 FUJIMI 的 Compol 403 抛光液，主要成分为 SiO_2 ，比重为 1.06-1.20，抛光加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为：首段 1min，不加压；第二段加压 4min，加压速率为每分钟 $10\text{g}/\text{cm}^2$ ；第三段加压 4min，加压速率为每分钟 $15\text{g}/\text{cm}^2$ ；第四段加压 5min，加压速率为每分钟 $20\text{g}/\text{cm}^2$ ，共加压至 $200\text{g}/\text{cm}^2$ ；抛光液流量为 $10\text{L}/\text{cm}^2$ - $12\text{L}/\text{cm}^2$ 。

分段缓慢加压方式是指在磨盘对压前，先启动下盘，使砂浆均匀分布，并且可以检查晶片与夹具是否固定好，运转一段时间后再进行加压，加压时采用缓慢，逐渐加压的方式。

图 2-4 分别为直接加压方式与分段加压方式在研磨 800，研磨 2000，抛光工序压力与时间关系的对照图，从图中可以看出：

研磨 800 的直接加压方式以每分钟 $4\text{g}/\text{cm}^2$ 的加压速率加压 5min 加压至 $20\text{g}/\text{cm}^2$ ；研磨 2000 的直接加压方式以每分钟 $8\text{g}/\text{cm}^2$ 的加压速率加压 5min 加压至 $40\text{g}/\text{cm}^2$ ；抛光步骤的直接加压方式以每分钟 $20\text{g}/\text{cm}^2$ 的加压速率加压 10min 加压至 $200\text{g}/\text{cm}^2$ 。

相比之下，直接加压方式过于僵硬、机械化，容易造成划伤、裂片等问题，并且不利于问题的发现与补救，分段加压则预留出时间进行观察与调整，加压速度缓慢且温和，可以有效保证加工质量，减少划伤、裂片的可能性。

其中，所述研磨 800 步骤中研磨的砂浆组成为，碳化硅砂 GC800#：水：砂浆分散剂=13.5KG：30L：1.7L；所述研磨 2000 步骤中研磨的砂浆组成为，碳化硅砂 GC2000#：水：砂浆分散剂=13.5KG：30L：1.7L。

其中，所述抛光液主要成分为 SiO_2 ，比重为 1.06-1.20。

其中，所述研磨 800 步骤研磨效果达到 $\text{TTV}\leq 5\mu\text{m}$ ， $\text{Bow}\leq 30\mu\text{m}$ ，研磨 2000 步骤的研磨效果达到 $\text{TTV}\leq 4\mu\text{m}$ ， $\text{Bow}\leq 25\mu\text{m}$ 。

其中，所述抛光步骤的抛光效果要求晶片 $\text{TTV}\leq 3\mu\text{m}$ ， $\text{Bow}\leq 20\mu\text{m}$ ， $\text{WARP}< 40\mu\text{m}$ ， $\text{PLTV}> 95\%$ ，镜面效果、无应力。

其中，所述铌酸锂晶片为 8 英寸铌酸锂晶片。

所述研磨 800、研磨 2000 和抛光步骤中采用的夹具为游星轮，所述游星轮中的晶片放置位置采用偏心设计；

所述晶片放置位置为圆形，其边缘处设有直径为 200.2mm、宽度为 5mm 的橡胶圈；

所述晶片放置位置的周围分布有五个圆形引流孔，直径分别为 60mm 一个、40mm 两个、20mm 两个，以游星轮圆心为圆心，做直径为 290mm 的圆，晶片放置圆与引流孔均与该圆内切，晶片放置圆与 60mm 引流孔的圆心在同一直径线上且位于两边，40mm 引流孔圆心在以游星轮圆心为圆心，过 60mm 引流孔圆心的半径为参考边，分别向左，右偏转 60° 位置，20mm 引流孔圆心在以游星轮圆心为圆心，过 60mm 引流孔圆心的半径为参考边，分别向左，右偏转 110° 位置。所述游星轮外观如附图 1 所示。

其中，所述切片步骤具体为，在钢线线速度为 400 m/min -1000m/min， $22^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 下，利用线切割设备将铌酸锂晶棒切割为 250 μm -300 μm 厚度的晶片，晶片 TTV $\leq 10\mu\text{m}$ ；

所述倒角步骤具体为，利用 T 型砂轮进行倒角，在砂轮转速为 600 rpm/min -1000rpm/min， $22^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ 下，将铌酸锂晶片直角处倒成 R0.1 左右的圆角，可以有效降低爆边，碎片，裂片的机率。

其中，所述黑化步骤具体为，将晶片置于黑化炉中进行黑化处理，温度为 300°C - 380°C ，保护气体流量为 3 L -11L，还原时间为 4 小时-24 小时，可以有效降低翘曲，裂片的机率。

一种由上述大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法所制得的铌酸锂晶片。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

本发明的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法和夹具对 8 英寸的铌酸锂晶片处理效果极佳，大大提高了生产效率。研磨与抛光的加压方式采用新型的分段加压方式，加压时采用缓慢、逐渐加压的方式，极大减小了划伤、碎片、裂片等情况，同时搭配本发明的夹具，可以有效地减少塌边、爆边、研磨不充分等情况，极大提高了生产的良品率，摆脱半导体厂家设备对产品制约。

附图说明

图 1 为本发明中采用的夹具示意图；

图 2 为研磨 800 步骤中直接加压与分段加压的加压方式对照曲线图；

图 3 为研磨 2000 步骤中直接加压与分段加压的加压方式对照曲线图；

图 4 为抛光步骤中直接加压与分段加压的加压方式对照曲线图；

图 5 为本发明的夹具与分段加压方式的测试结果；

图 6 为传统游星轮与分段加压方式的测试结果；

图 7 为本发明的夹具与直接加压方式的测试结果；

图 8 为传统游星轮与直接加压方式的测试结果。

具体实施方式

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，所描述的实施例仅仅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。

实施例 1 采用本发明的夹具（游星轮）及分段加压

如图 1 所示，本实施例所采用的夹具为游星轮 1，所述游星轮 1 中的晶片放置位置 2 采用偏心设计；可以最大限度的对晶片整体进行加工，同时保证加工的精度。

晶片放置位置 2 为圆形，其边缘处设有直径为 105mm、厚度为 5mm 的橡胶圈 4；可以有效地保护晶片，大幅减少爆边，塌边，裂片，碎片，崩盘等现象，极大地提高良品率与稳定性。

晶片放置位置 2 的周围分布有五个圆形引流孔 3，直径分别为 60mm 一个、40mm 两个、20mm 两个，以游星轮圆心为圆心，做直径为 290mm 的圆，晶片放置圆与引流孔均与该圆内切，晶片放置圆与 60mm 引流孔的圆心在同一直径线上且位于两边，40mm 引流孔圆心在以游星轮圆心为圆心，过 60mm 引流空圆心的半径为参考边，分别向左，右偏转 60° 位置，20mm 引流孔圆心在游星轮圆心为圆心，过 60mm 引流空圆心的半径为参考边，分别向左，右偏转 110° 位置。

一种大尺寸超薄高精度氟酸锂晶片加工方法，包括如下步骤：

1) 切片：在钢线线速度为 600m/min，温度为 22℃的条件下，利用线切割设备将氟酸锂晶棒切割为 290 μ m 厚度的晶片，晶片 TTV $\leq$ 10 μ m；

2) 倒角：利用 T 型砂轮进行倒角，在砂轮转速为 800 rpm/min，温度为 22℃的条件下，将氟酸锂晶片直角处倒成 R0.1 左右的圆角；

3) 研磨 800：采用双面研磨机研磨，在温度为 22℃的条件下，砂浆的组成为：碳化硅砂 GC800#：水：砂浆分散剂=13.5KG:30L:1.7L，研磨加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为首段 1min，不加压，第二段加压 3min 加压速率为每分钟 2g/cm²，第三段加压 2min，加压速率为每分钟 3g/cm²，第四段加压 2min，加压速率为每分钟 4g/cm²，共加压至 20 g/cm²，砂浆流量为 10L/cm²，设备最大转速为 8rpm；研磨夹具采用游星轮，研磨效果达到 TTV $\leq$ 5 μ m，Bow $\leq$ 30 μ m；

4) 黑化：将晶片置于黑化炉中进行黑化处理，温度为 340℃，保护气体流量为 7L，还原时间为 16 小时；

5) 研磨 2000：采用双面研磨机研磨，在温度为 22℃的条件下，砂浆的组成为：碳化硅砂 GC2000#：水：砂浆分散剂=13.5KG:30L:1.7L，研磨加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为首段加压 3min，加压速率为每分钟 4g/cm²，第二段加压 2min，加压速率为每分钟 6g/cm²，第三段加压 2min，加压速率为每分钟 8g/cm²，共加压至 40 g/cm²，砂浆流量为 11L/cm²，设备最大转速为 8rpm，研磨夹具采用游星轮（同研磨 800 步骤中的游星轮），研磨效果达到 TTV $\leq$ 4 μ m，Bow $\leq$ 25 μ m；

6) 抛光：采用双面抛光机进行抛光，温度为 22℃，设备最大转速为 9rpm，抛光液采用 FUJIMI 的 Compol 403 抛光液，主要成分为 SiO₂，比重为 1.12，抛光加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为首段加压 4min，加压速率为每分钟 10g/cm²，第二段加压 4min，加压速率为每分钟 15g/cm²，第三段加压 5min，加压速率为每分钟 20g/cm² 共加压至 200g/cm²。抛光液流量为 11L/cm²，抛光夹具采用游星轮（同研磨 800 步骤中的游星轮），抛光效果为晶片 TTV $\leq$ 3 μ m，Bow $\leq$ 20 μ m，WARP $\leq$ 40 μ m，PLTV $\geq$ 95%，镜面效果、无应

力。

对比例 1 采用传统游星轮及分段加压

一种大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法，包括如下步骤：

1) 切片：在钢线线速度为 600m/min，温度为 22℃的条件下，利用线切割设备将铌酸锂晶棒切割为 290μm 厚度的晶片，晶片 TTV≤10μm；

2) 倒角：利用 T 型砂轮进行倒角，在砂轮转速为 800rpm/min，温度为 22℃的条件下，将铌酸锂晶片直角处倒成 R0.1 左右的圆角；

3) 研磨 800：采用双面研磨机研磨，在温度为 22℃的条件下，砂浆的组成为：碳化硅砂 GC800#：水：砂浆分散剂=13.5KG:30L:1.7L，研磨加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为首段 1min，不加压，第二段加压 3min 加压速率为每分钟 2g/cm²，第三段加压 2min，加压速率为每分钟 3g/cm²，第四段加压 2min，加压速率为每分钟 4g/cm²，共加压至 20 g/cm²，砂浆流量为 10L/cm²，设备最大转速为 8rpm，研磨夹具采用传统游星轮，研磨效果达到 TTV≤9μm，Bow≤35μm；

4) 黑化：将晶片置于黑化炉中进行黑化处理，温度为 340℃，保护气体流量为 7L，还原时间为 16 小时；

5) 研磨 2000：采用双面研磨机研磨，在温度为 22℃的条件下，砂浆的组成为：碳化硅砂 GC2000#：水：砂浆分散剂=13.5KG:30L:1.7L，研磨加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为首段 1min，不加压，第二段加压 3min，加压速率为每分钟 4g/cm²，第三段加压 2min，加压速率为每分钟 6g/cm²，第四段加压 2min，加压速率为每分钟 8g/cm²，共加压至 40 g/cm²，砂浆流量为 11L/cm²，设备最大转速为 8rpm，研磨夹具采用传统游星轮，研磨效果达到 TTV≤8μm，Bow≤30μm；

6) 抛光：采用双面抛光机进行抛光，温度为 22℃，设备最大转速为 9rpm，抛光液采用 FUJIMI 的 Compol 403 抛光液，主要成分为 SiO₂，比重为 1.12，抛光加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为首段 1min，不加压，第二段加压 4min，加压速率为每分钟 10g/cm²，

第三段加压 4min, 加压速率为每分钟 $15\text{g}/\text{cm}^2$, 第四段加压 5min, 加压速率为每分钟 $20\text{g}/\text{cm}^2$, 共加压至 $200\text{g}/\text{cm}^2$, 抛光液流量为 $11\text{L}/\text{cm}^2$, 抛光夹具采用传统游星轮, 抛光效果为晶片 $\text{TTV} \leq 6\mu\text{m}$, $\text{Bow} \leq 20\mu\text{m}$, $\text{WARP} < 40\mu\text{m}$, $\text{PLTV} > 95\%$, 厚度 $250 \pm 15\mu\text{m}$, 镜面效果、无应力。

其中, 传统游星轮与实施例 1 的游星轮相比, 缺少晶片放置位置边缘处的橡胶圈。

对比例 2 采用本发明的夹具（游星轮）及直接加压

一种大尺寸超薄高精度氟酸锂晶片加工方法, 包括如下步骤:

1) 切片: 在钢线线速度为 $600\text{m}/\text{min}$, 温度为 22°C 的条件下, 利用线切割设备将氟酸锂晶棒切割为 $290\mu\text{m}$ 厚度的晶片, 晶片 $\text{TTV} \leq 10\mu\text{m}$;

2) 倒角: 利用 T 型砂轮进行倒角, 在砂轮转速为 $800\text{rpm}/\text{min}$, 温度为 22°C 的条件下, 将氟酸锂晶片直角处倒成 $\text{R}0.1$ 左右的圆角;

3) 研磨 800: 采用双面研磨机研磨, 在温度为 22°C 的条件下, 砂浆的组成为: 碳化硅砂 GC800#: 水: 砂浆分散剂 = $13.5\text{KG}:30\text{L}:1.7\text{L}$, 研磨加压方式采用直接加压方式, 加压方式以每分钟 $4\text{g}/\text{cm}^2$ 的加压速率加压 5min 加压至 $20\text{g}/\text{cm}^2$, 砂浆流量为 $10\text{L}/\text{cm}^2$, 设备最大转速为 8rpm , 研磨夹具采用实施例 1 的游星轮, 研磨效果达到 $\text{TTV} \leq 9\mu\text{m}$, $\text{Bow} \leq 35\mu\text{m}$;

4) 黑化: 将晶片置于黑化炉中进行黑化处理, 温度为 340°C , 保护气体流量为 7L , 还原时间为 16 小时;

5) 研磨 2000: 采用双面研磨机研磨, 在温度为 22°C 的条件下, 砂浆的组成为: 碳化硅砂 GC2000#: 水: 砂浆分散剂 = $13.5\text{KG}:30\text{L}:1.7\text{L}$, 研磨加压方式采用直接加压方式, 加压方式以每分钟 $8\text{g}/\text{cm}^2$ 的加压速率加压 5min 加压至 $40\text{g}/\text{cm}^2$, 砂浆流量为 $11\text{L}/\text{cm}^2$, 设备最大转速为 8rpm , 研磨夹具采用实施例 1 的游星轮, 研磨效果达到 $\text{TTV} \leq 8\mu\text{m}$, $\text{Bow} \leq 30\mu\text{m}$;

6) 抛光: 采用双面抛光机进行抛光, 温度为 22°C , 设备最大转速为 9rpm , 抛光液采用 FUJIMI 的 Compol 403 抛光液, 主要成分为 SiO_2 , 比重为 1.12, 抛光加压方式采用分段缓慢加压方式, 加压方式为直接加压方式以每分钟 $20\text{g}/\text{cm}^2$ 的加压速率加压 10min 加压至

200g/cm²，抛光液流量为 11L/cm²，抛光夹具采用实施例 1 的游星轮，抛光效果为晶片 TTV≤6μm，Bow≤20μm，WARP<40μm，PLTV>95%，厚度 250μm±15μm，镜面效果、无应力。

对比例 3 采用传统游星轮及直接加压

一种大尺寸超薄高精度砷酸锂晶片加工方法，包括如下步骤：

1) 切片：在钢线线速度为 600m/min，温度为 22℃的条件下，利用线切割设备将砷酸锂晶棒切割为 290μm 厚度的晶片，晶片 TTV≤10μm；

2) 倒角：利用 T 型砂轮进行倒角，在砂轮转速为 800rpm/min，温度为 22℃的条件下，将砷酸锂晶片直角处倒成 R0.1 左右的圆角；

3) 研磨 800：采用双面研磨机研磨，在温度为 22℃的条件下，砂浆的组成为：碳化硅砂 GC800#：水：砂浆分散剂=13.5KG:30L:1.7L，研磨加压方式采用直接加压方式，加压方式以每分钟 4g/cm²的加压速率加压 5min 加压至 20 g/cm²，砂浆流量为 10L/cm²，设备最大转速为 8rpm，研磨夹具采用传统游星轮，研磨效果达到 TTV≤15μm，Bow≤40μm；

4) 黑化：将晶片置于黑化炉中进行黑化处理，温度为 340℃，保护气体流量为 7L，还原时间为 16 小时；

5) 研磨 2000：采用双面研磨机研磨，在温度为 22℃的条件下，砂浆的组成为：碳化硅砂 GC2000#：水：砂浆分散剂=13.5KG:30L:1.7L，研磨加压方式采用直接加压方式，加压方式以每分钟 8g/cm²的加压速率加压 5min 加压至 40 g/cm²，砂浆流量为 11L/cm²，设备最大转速为 8rpm，研磨夹具采用传统游星轮，研磨效果达到 TTV≤13μm，Bow≤30μm；

6) 抛光：采用双面抛光机进行抛光，温度为 22℃，设备最大转速为 9rpm，抛光液采用 FUJIMI 的 Compol 403 抛光液，主要成分为 SiO₂，比重为 1.12，抛光加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为直接加压方式以每分钟 20g/cm²的加压速率加压 10min 加压至 200g/cm²，抛光液流量为 11L/cm²，抛光夹具采用传统游星轮，抛光效果为晶片 TTV≤10μm，Bow≤20μm，WARP<40μm，PLTV>95%，厚度 250μm±15μm，镜面效果、无应力。

使用 TROPEL 平坦度测试仪对上述实施例 1 和对比例 1-3 中制得的 8 英寸砷酸锂晶片进行各项测试，测试结果如图 4-8 所示。

并对实施例 1 和对比例 1-3 的数据进行汇总，如表 1 所示。

表 1

实验组	TTV	厚度	WARP	BOW
实施例1:本发明游星轮+分段加压	1.247μm	242.033μm	8.612μm	7.268μm
对比例1:传统游星轮+分段加压	5.015μm	237.400μm	16.424μm	13.663μm
对比例2:本发明游星轮+直接加压	5.524μm	238.531μm	14.745μm	12.249μm
对比例3:传统游星轮+直接加压	9.665μm	241.362μm	19.242μm	13.426μm

通过以上结果可以看出，使用本发明的游星轮及分段缓慢加压方式，在可控范围内调整参数，可保证研磨加工与抛光加工的效果， $TTV < 3\mu m$ ， $BOW \leq 10\mu m$ 。使用本发明的游星轮+直接加压方式与使用传统游星轮+分段缓慢加压方式， $TTV > 5\mu m$ ， $BOW > 10\mu m$ 。而使用传统游星轮+直接加压方式，TTV 达到了 9.665μm，远远大于加工效果最佳的 1.247μm。

上述实施例 1 和对比例 1-3 所涉及的实验片数量以及相关不良片占比情况，具体数值如表 2 所示。

表 2

实验组	实验片数	TTV超标	研磨不充分	塌边	爆边	碎片	合格率
实施例1:	120	4	1	0	0	2	94.166%
对比例1:	120	8	2	2	3	4	84.166%
对比例2:	120	7	3	2	1	3	86.666%
对比例3:	120	10	5	5	3	6	75.833%

通过以上结果可以看，实施例 1 在 TTV、研磨充分性、塌边、爆边方面可以有效降低不良率，提高了生产的良品率。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

1. 一种大尺寸超薄高精度砷酸锂晶片加工方法，其特征在于：包括切片、倒角、研磨 800、黑化、研磨 2000 和抛光步骤；

所述研磨 800 步骤和研磨 2000 步骤中均采用双面研磨机，在 $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，研磨加压方式采用分段缓慢加压方式；

其中，研磨 800 的加压方式为：首段 1min，不加压；第二段加压 3min，加压速率为每分钟 $2\text{g}/\text{cm}^2$ ；第三段加压 2min，加压速率为每分钟 $3\text{g}/\text{cm}^2$ ，第四段加压 2min，加压速率为每分钟 $4\text{g}/\text{cm}^2$ ，共加压至 $20\text{g}/\text{cm}^2$ ；

研磨 2000 的加压方式为：首段 1min，不加压；第二段加压 3min，加压速率为每分钟 $4\text{g}/\text{cm}^2$ ；第三段加压 2min，加压速率为每分钟 $6\text{g}/\text{cm}^2$ ；第四段加压 2min，加压速率为每分钟 $8\text{g}/\text{cm}^2$ ，共加压至 $40\text{g}/\text{cm}^2$ ；砂浆流量为 $5\text{L}/\text{cm}^2$ - $15\text{L}/\text{cm}^2$ ，设备最大转速为 6 rpm -10rpm；

所述抛光步骤中采用双面抛光机，在 $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，设备最大转速为 6 rpm -10rpm，采用 SiO_2 抛光液，比重为 1.06-1.20，抛光加压方式采用分段缓慢加压方式，加压方式为：首段 1min，不加压；第二段加压 4min，加压速率为每分钟 $10\text{g}/\text{cm}^2$ ；第三段加压 4min，加压速率为每分钟 $15\text{g}/\text{cm}^2$ ；第四段加压 5min，加压速率为每分钟 $20\text{g}/\text{cm}^2$ ，共加压至 $200\text{g}/\text{cm}^2$ ；抛光液流量为 $10\text{L}/\text{cm}^2$ - $12\text{L}/\text{cm}^2$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度砷酸锂晶片加工方法，其特征在于：所述研磨 800 步骤中研磨的砂浆组成为，碳化硅砂 GC800#：水：砂浆分散剂=13.5KG：30L：1.7L；所述研磨 2000 步骤中研磨的砂浆组成为，碳化硅砂 GC2000#：水：砂浆分散剂=13.5KG：30L：1.7L。

3. 根据权利要求 2 所述的大尺寸超薄高精度砷酸锂晶片加工方法，其特征在于：所述研磨 800 步骤研磨效果达到 $\text{TTV}\leq 5\mu\text{m}$ ， $\text{Bow}\leq 30\mu\text{m}$ ，研磨 2000 步骤的研磨效果达到 $\text{TTV}\leq 4\mu\text{m}$ ， $\text{Bow}\leq 25\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度砷酸锂晶片加工方法，其特征在于：所述抛光步骤的抛光效果为，晶片 $\text{TTV}\leq 3\mu\text{m}$ ， $\text{Bow}\leq 20\mu\text{m}$ ， $\text{WARP}<40\mu\text{m}$ ， $\text{PLTV}>95\%$ ，镜面效果、无应力。

5. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法, 其特征在于: 所述铌酸锂晶片为 8 英寸铌酸锂晶片。

6. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法, 其特征在于: 所述研磨 800、研磨 2000 和抛光步骤中采用的夹具为游星轮, 所述游星轮中的晶片放置位置采用偏心设计;

所述晶片放置位置为圆形, 其边缘处设有直径为 200.2mm、宽度为 5mm 的橡胶圈;

所述晶片放置位置的周围分布有五个圆形引流孔, 直径分别为 60mm 一个、40mm 两个、20mm 两个, 以游星轮圆心为圆心, 做直径为 290mm 的圆, 晶片放置圆与引流孔均与该圆内切, 晶片放置圆与 60mm 引流孔的圆心在同一直径线上且位于两边, 40mm 引流孔圆心在以游星轮圆心为圆心, 过 60mm 引流孔圆心的半径为参考边, 分别向左, 右偏转 60° 位置, 20mm 引流孔圆心在以游星轮圆心为圆心, 过 60mm 引流孔圆心的半径为参考边, 分别向左, 右偏转 110° 位置。

7. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法, 其特征在于: 所述切片步骤具体为, 在钢线线速度为 400 m/min -1000m/min, $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下, 利用线切割设备将铌酸锂晶棒切割为 250 μm -300 μm 厚度的晶片, 晶片 TTV $\leq 10\mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法, 其特征在于: 所述倒角步骤具体为, 利用 T 型砂轮进行倒角, 在砂轮转速为 600 rpm/min -1000 rpm/min, $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 下, 将铌酸锂晶片直角处倒成 R0.1 左右的圆角。

9. 根据权利要求 1 所述的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法, 其特征在于: 所述黑化步骤具体为, 将晶片置于黑化炉中进行黑化处理, 温度为 300°C - 380°C , 保护气体流量为 3 L-11L, 还原时间为 4 小时-24 小时。

10. 权利要求 1-9 任一所述的大尺寸超薄高精度铌酸锂晶片加工方法所制得的铌酸锂晶片。