

一种大尺寸超薄铌酸锂基片的双面抛光方法

技术领域

本发明涉及半导体材料领域，具体涉及半导体的基片材料铌酸锂基片的双面抛光方法。

背景技术

铌酸锂 (LiNbO_3 ，以下简称 LN) 是一种集压电、铁电、热释电、非线性、光电、光弹、光折变等功能于一体的多功能材料。LN 因其卓越的物理特性，得到了越来越多的关注，在航空、航天，民用光电产品等领域得到广泛应用。经过双面抛光后的 LN 基片广泛应用于传感器、声光器件、光陀螺仪等。不同于硅晶体和蓝宝石晶体，它的特点是极端低的断裂韧性和硬度。例如，它的断裂韧性，实际上是硅的三分之一，蓝宝石的十分之一。大尺寸超薄铌酸锂晶片在加工过程中极易破损，不仅废品率高，而且加工效率极低，导致企业生产成本低。

随着 IC 设计技术和制造技术的发展和进步，集成电路芯片的集成度在不断提高，芯片密度呈指数增长趋势，线宽不断缩小，线密度不断提高，聚焦深度不断变浅，器件往小型化、片式化的方向发展，这就要求基片材料做到大尺寸、超薄，同时对基片材料的粗糙度和平坦化要求不断提高。抛光技术一直都是超精密加工中一种重要的方法，是降低表面粗糙度、去除损伤层，获得光滑、无损伤表面的终加工手段。超精密 CMP 在半导体制造技术中已被业界公认为最行之有效的全局平坦化技术。

在正常抛光条件下，材料的去除率与抛光速度、抛光压力、抛光温度成正比。抛光相对速度越高、压力越大、温度越高，材料去除率就越高，得到的表面粗糙度越大。抛光正压力的不均匀性会造成抛光非均匀磨损，使抛光质量恶化，粗糙度和平坦度变差。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是提供一种大尺寸超薄铌酸锂基片的双面抛光方法，一次抛光，批量生产，抛光效率高，生产的铌酸锂基片表面平坦度高，这一特征决定了铌酸锂基片在器件应用中不易破碎，材料利用率高，加工成品率高。

本发明解决技术问题所采用的技术方案是：一种大尺寸超薄铌酸锂基片的双面抛光方法，具体包括如下步骤：

a)将切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 1~16 μm 的磨料研磨，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<200\text{nm}$ ，平坦度 $<10\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片；

b)将研磨后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 2000#~10000#的特制减薄砂轮进行双面减薄，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<100\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片；

c)将大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片在盛有硝酸、氢氟酸和缓释剂均匀混合的密闭容器中直接进行化学腐蚀，腐蚀温度为 20 $^{\circ}\text{C}$ ~25 $^{\circ}\text{C}$ ，腐蚀时间为 12~48 小时，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<50\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面随机无序凹坑结构的大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片；

d)将大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片用双面抛机和抛光液进行双面抛光，抛光单位面压为 200 g/cm^2 ~1400 g/cm^2 ，抛光温度为 20~25 $^{\circ}\text{C}$ ，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<0.50\text{nm}$ ，平坦度 $<1\mu\text{m}$ ，凹坑凹陷处的横向尺寸为 0.10~0.30 μm ，纵向深度 0.10 nm ~0.50 nm ，凹陷部分的表面积占大尺寸超薄铌酸锂基片表面积的 20%~80%，再进行超声清洗，获得最终的大尺寸超薄铌酸锂双抛片。

作为一种优选，所述步骤 a 中，铌酸锂切割片的厚度为 200~250 μm ，双面研磨片的厚度为 170~220 μm ，双面减薄片的厚度为 160~210 μm 。

作为一种优选，所述磨料采用碳化硼、金刚石、氧化铝或碳化硅中的一种或多种的混合物。铌酸锂研磨片的粗糙度取决于采用的碳化硅磨料粒径，一般而言粒径越大，粗糙度越大。

上述步骤 b)中，双面减薄是指将大尺寸超薄铌酸锂基片双面研磨片通过两面小粒径砂轮减薄方式进行平整度控制，翘曲度控制，减少双面研磨片损伤层，减小抛光时间。

上述步骤 c)中，化学腐蚀是指将铌酸锂基片研磨片在混合酸中进行浸蚀整平，去除表面杂质，修复表面损伤，翘曲度控制。

上述步骤 c)中，所述腐蚀液可选自 HNO_3 、 HF 、缓释剂的一种、两种或三种的混合。

上述步骤 c) 中，腐蚀时间根据铌酸锂抛光后的平坦度、翘曲度确定，可以为几分钟至几十小时，优选 12~48 小时。腐蚀后翘曲度 $< 25 \mu\text{m}$ ，粗糙度 $< 50\text{nm}$ ，平坦度 $< 2\mu\text{m}$ 则可以结束化学腐蚀。经过化学腐蚀之后的基片表面实现局部平坦化，并且形成表面随机无序的凹坑结构。

上述步骤 d) 中，抛光表面的形成过程较为复杂，初始阶段主要是除去前工序留下的微小凸出部分，此阶段的实际抛光面积是极其微小的，单位面积上承受的抛光作用压力较大，因此，这阶段抛光表面的形成速率就大。随着抛光过程的进行，晶片被抛光的表面积越来越大，单位面积上承受的压力逐渐减小，抛光表面积的形成速率也逐渐减小。这一阶段主要是抛光整个表面。第三阶段，是抛光过程中花费时间最长的阶段。大部分抛光表面已在第二阶段形成，这一阶段的主要任务是抛除晶片表面上的个别大缺陷，至少要比第一，第二阶段多花一倍的时间来除去这些大缺陷。

本发明的大尺寸超薄铌酸锂基片双面抛光，且抛光表面粗糙度 $< 0.50\text{nm}$ ，平坦度 $< 1\mu\text{m}$ ，抛光表面具有随机无序的凹坑结构。本发明铌酸锂基片表面随机无序的凹坑结构中，凹坑凹陷处的横向尺寸为 $0.10 \sim 0.30\mu\text{m}$ ，纵向深度 $0.10\text{nm} \sim 0.50\text{nm}$ ，凹陷部分的表面积占铌酸锂基片表面积的 $20\% \sim 80\%$ 。

本发明抛光压力对抛光速率和抛光表面质量影响很大，通常抛光压力增加，机械作用增强，抛光速率也增加，但使用过高的抛光压力会导致抛光速率不均匀、抛光垫磨损量增加区域温度升高且不易控制、使大尺寸超薄晶片出现划痕、碎片、缺角的机率增加等，从而降低了抛光质量，生产成本高。

与传统的全局平坦化铌酸锂基片相比，一方面，与传统的双面粗抛、精抛技术比较由于本发明的铌酸锂基片双面一次抛光且大尺寸超薄，这样的铌酸锂基片大大降低了产品不良率和加工成本。同时本发明在对大尺寸超薄铌酸锂基片双面抛光时采用了化学抛光技术，可以同时将大量的铌酸锂双面减薄片一次性抛光，大大增加了抛光效率。

第二方面，由于本发明的铌酸锂基片表面粗糙度小。可将这样的铌酸锂基片直接应用于光学器件；另一方面，降低后道制成由于晶格不匹配造成的内应力，缓和应力集中，减少位错密度，提高后道制成质量。由于本发明的铌酸锂基片具有随机无序的凹坑结构。这样的基片增强涂胶镀膜过程中的附着力，防

止镀层开裂；再一方面，降低镀层与铌酸锂基片之间由于晶格不匹配造成的内应力，缓解应力集中，减少位错密度，提高光学器件质量。

第三方面，由于本发明的铌酸锂基片表面平坦度高，这一特征决定了铌酸锂基片在器件应用中不易破碎，材料利用率高，加工成品率高。

第四方面，由于本发明的铌酸锂基片尺寸大且超薄，这一特征决定了铌酸锂基片在器件应用中单次投入利用率更高，达到小型化、片式化的要求。

附图说明

图 1 为本发明实施例不同加工压力下凹坑横向、纵向深度变化示意图。

图 2 为本发明实施例不同加工压力下粗糙度变化示意图。

图 3 为本发明实施例不同加工压力下平坦度变化示意图。

下面结合附图对本发明做进一步说明。

具体实施方式

以下列举具体实例以进一步阐述本发明，应理解，实例并非用于限制本发明的保护范围。

实施例 1：

a) 将切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 5 μm 的磨料研磨，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<200\text{nm}$ ，平坦度 $<10\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片；

b) 将研磨后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 6000#的特制减薄砂轮进行双面减薄，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<100\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片；

c) 将大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片在盛有硝酸、氢氟酸和缓释剂按照一定比例均匀混合的密闭容器中直接进行化学腐蚀，腐蚀温度为 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，腐蚀时间为 12~48 小时，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<50\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面随机无序凹坑结构的大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片；

d) 将大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片用双面抛机和抛光液进行双面抛光，抛光单位面压为 $300\text{g}/\text{cm}^2$ ，抛光温度为 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<0.5\text{nm}$ ，平坦度 $<1\mu\text{m}$ ，凹坑凹陷处的横向尺寸为 $0.18\mu\text{m}$ ，纵向深度 0.39nm ，

凹陷部分的表面积占大尺寸超薄铌酸锂基片表面积的 20%~80%。再进行超声清洗，获得最终的大尺寸超薄铌酸锂双抛片。

实施例 2:

a) 将切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 5 μm 的磨料研磨，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<200\text{nm}$ ，平坦度 $<10\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片；

b) 将研磨后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 6000#的特制减薄砂轮进行双面减薄，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<100\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片；

c) 将大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片在盛有硝酸、氢氟酸和缓释剂按照一定比例均匀混合的密闭容器中直接进行化学腐蚀，腐蚀温度为 20 $^{\circ}\text{C}$ ~25 $^{\circ}\text{C}$ ，腐蚀时间为 12~48 小时，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<50\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面随机无序凹坑结构的大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片；

d) 将大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片用双面抛机和抛光液进行双面抛光，抛光单位面压为 400g/cm²，抛光温度为 20~25 $^{\circ}\text{C}$ ，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<0.5\text{nm}$ ，平坦度 $<1\mu\text{m}$ ，凹坑凹陷处的横向尺寸为 0.15 μm ，纵向深度 0.21nm，凹陷部分的表面积占大尺寸超薄铌酸锂基片表面积的 20%~80%。再进行超声清洗，获得最终的大尺寸超薄铌酸锂双抛片。

实施例 3:

a) 将切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 5 μm 的磨料研磨，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<200\text{nm}$ ，平坦度 $<10\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片；

b) 将研磨后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 6000#的特制减薄砂轮进行双面减薄，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<100\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片；

c) 将大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片在盛有硝酸、氢氟酸和缓释剂按照一定比例均匀混合的密闭容器中直接进行化学腐蚀，腐蚀温度为 20 $^{\circ}\text{C}$ ~25 $^{\circ}\text{C}$ ，腐蚀时间为 12~48 小时，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<50\text{nm}$ ，平坦度 $<2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面随机无序凹坑结构的大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片；

d)将大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片用双面抛机和抛光液进行双面抛光,抛光单位面压为 $500\text{g}/\text{cm}^2$,抛光温度为 $20\sim 25^\circ\text{C}$,使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<0.5\text{nm}$,平坦度 $<1\mu\text{m}$,凹坑凹陷处的横向尺寸为 $0.11\mu\text{m}$,纵向深度 0.13nm ,凹陷部分的表面积占大尺寸超薄铌酸锂基片表面积的 $20\%\sim 80\%$ 。再进行超声清洗,获得最终的大尺寸超薄铌酸锂双抛片。

实施例 4:

a)将切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片,用粒度为 $5\mu\text{m}$ 的磨料研磨,使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<200\text{nm}$,平坦度 $<10\mu\text{m}$,再进行超声清洗,获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片;

b)将研磨后的大尺寸超薄铌酸锂晶片,用粒度为 6000#的特制减薄砂轮进行双面减薄,使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<100\text{nm}$,平坦度 $<2\mu\text{m}$,再进行超声清洗,获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片;

c)将大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片在盛有硝酸、氢氟酸和缓释剂按照一定比例均匀混合的密闭容器中直接进行化学腐蚀,腐蚀温度为 $20^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$,腐蚀时间为 $12\sim 48$ 小时,使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<50\text{nm}$,平坦度 $<2\mu\text{m}$,再进行超声清洗,获得表面随机无序凹坑结构的大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片;

d)将大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片用双面抛机和抛光液进行双面抛光,抛光单位面压为 $600\text{g}/\text{cm}^2$,抛光温度为 $20\sim 25^\circ\text{C}$,使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $<0.5\text{nm}$,平坦度 $<1\mu\text{m}$,凹坑凹陷处的横向尺寸为 $0.20\mu\text{m}$,纵向深度 0.32nm ,凹陷部分的表面积占大尺寸超薄铌酸锂基片表面积的 $20\%\sim 80\%$ 。再进行超声清洗,获得最终的大尺寸超薄铌酸锂双抛片。

权 利 要 求 书

1、一种大尺寸超薄铌酸锂基片的双面抛光方法，包括如下步骤：

a) 将切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 $1\sim 16\mu\text{m}$ 的磨料研磨，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $< 200\text{nm}$ ，平坦度 $< 10\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片；

b) 将研磨后的大尺寸超薄铌酸锂晶片，用粒度为 $2000\# \sim 10000\#$ 的特制减薄砂轮进行双面减薄，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $< 100\text{nm}$ ，平坦度 $< 2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面具有粗糙结构的大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片；

c) 将大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片在盛有硝酸、氢氟酸和缓释剂均匀混合的密闭容器中直接进行化学腐蚀，腐蚀温度为 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，腐蚀时间为 $12 \sim 48$ 小时，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $< 50\text{nm}$ ，平坦度 $< 2\mu\text{m}$ ，再进行超声清洗，获得表面随机无序凹坑结构的大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片；

d) 将大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片用双面抛机和抛光液进行双面抛光，抛光单位面压为 $200\text{g}/\text{cm}^2 \sim 1400\text{g}/\text{cm}^2$ ，抛光温度为 $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，使大尺寸超薄铌酸锂晶片的粗糙度 $< 0.50\text{nm}$ ，平坦度 $< 1\mu\text{m}$ ，凹坑凹陷处的横向尺寸为 $0.10 \sim 0.30\mu\text{m}$ ，纵向深度 $0.10\text{nm} \sim 0.50\text{nm}$ ，凹陷部分的表面积占大尺寸超薄铌酸锂基片表面积的 $20\% \sim 80\%$ ，再进行超声清洗，获得最终的大尺寸超薄铌酸锂双抛片。

2、如权利要求 1 所述的大尺寸超薄铌酸锂基片的抛光方法，其特征在于，所述大尺寸超薄铌酸锂基片的直径 $\geq 150\text{mm}$ ，表面粗糙度 $< 0.5\text{nm}$ ，平坦度 $< 1\mu\text{m}$ ，厚度为 $150 \sim 200\mu\text{m}$ 。

3、如权利要求 1 所述的大尺寸超薄铌酸锂基片的抛光方法，其特征在于，所述步骤 a 中，切割后的大尺寸超薄铌酸锂晶片的厚度为 $200 \sim 250\mu\text{m}$ ；大尺寸超薄铌酸锂双面研磨片的厚度为 $170 \sim 220\mu\text{m}$ 。

4、如权利要求 1 所述的大尺寸超薄铌酸锂基片的抛光方法，其特征在于，所述步骤 a 中，所述磨料采用碳化硼、金刚石、氧化铝或碳化硅中的一种或多种的混合物。

5、如权利要求 1 所述的大尺寸超薄铌酸锂基片的抛光方法，其特征在于，所述步骤 b 中，大尺寸超薄铌酸锂双面减薄片的厚度为 $160 \sim 210\mu\text{m}$ 。

6、如权利要求 1 所述的大尺寸超薄铌酸锂基片的抛光方法，其特征在于，所述步骤 c 中，腐蚀后大尺寸超薄铌酸锂腐蚀片的翘曲度 $< 25\mu\text{m}$ 。

7、如权利要求 1 所述的大尺寸超薄铌酸锂基片的抛光方法，其特征在于，所述步骤 d 中，抛光液为碱性二氧化硅或氧化铝。