

# 微研磨喷砂与微小尺寸加工技术

## 1. 介绍

近几年来，微型机械零件，集成传感器等产品已经进入到工业的各个领域中的实际应用阶段，半导体装置中大量使用陶瓷元件也变得越来越流行，国际上对能满足大规模生产 silicon、玻璃和陶瓷材料的微处理和微制作技术的需求也变得日益紧迫。

因为这些材料的高硬度，高脆性和高熔点等特性，一些传统的热处理和化学处理技术，像化学蚀刻，激光加工，电子束加工，电火花加工，电化学加工等已不能在处理效率，精度和品质等方面达到令人满意的效果。另外，像超声波加工，研磨和抛光技术也是由于低效率和低精度，不能满足工业化的要求。

微研磨喷砂技术分为干湿两种，广泛应用在相对粗糙表面的最后修饰，像去毛刺，表面清洁或亚光处理等。但是，工业上对干法和湿法微研磨喷砂技术感兴趣是由于他们能对用于半导体，电子装置和液晶显示器的元件的做精确处理。干法微研磨喷砂对环境的影响较小，湿法微研磨喷砂在静电控制上要更容易些。

在这种情况下，微研磨喷砂技术完成一个极为重要转变，与照相平版印刷掩模技术相结合，成为处理像玻璃，硅片和陶瓷等脆而硬的材料的一种基本技术。

本文中，将简要介绍微研磨喷砂工艺，照相平版印刷掩模技术的要点和近来微掩模喷砂工艺在各种半导体，电子装置和液晶显示器中的应用。

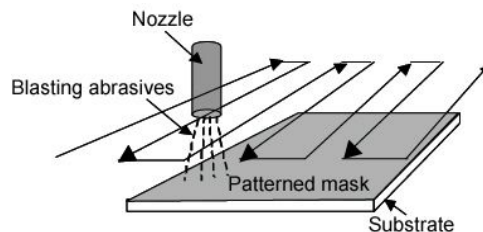
## 2. 微研磨喷砂的基本要术

COMCO 公司在微研磨喷砂设备已有超过 30 年的制造经验，依靠这些经验，COMCO 公司开发出各种微研磨喷砂设备

微研磨喷砂技术是一种将干燥压缩空气与微米大小的媒介均匀混合后，从一个小喷嘴内高速喷出，适合加工处理那些硬而脆的材料。

例如，使用传统的微处理方法处理玻璃时，由于机械加工时产生的热量会在表面产生裂缝，裂缝有可能进一步裂开或是强度的退化。而微研磨喷砂技术在加工玻璃过程只有微小的脆性的积累，因此，碎片和裂缝的产生被保持在最低水平。

一般来讲，使用的喷砂媒介直径在 5-40 微米之间，喷砂器持续不断的将他们从喷嘴中



喷出，作为处理像玻璃，陶瓷和硅片这些硬而脆的材料的主要加工方法，由于氧化铝和碳化硅的硬度比被处理的材料硬度高，因此更适合对这些材料进行处理。

### 3. 微研磨喷砂的加工特性

图 3 表示了微研磨喷砂技术在各种有高硬度和高脆性材料上的加工特性和切削性，它清楚的说明微研磨喷砂技术在那些低强度和高脆性的材料上具有较高的切削性，而在那些高强度材料上的切削性较低。通过使用硬度更高的喷砂媒介可以改善切削性，但研究说明成本也相应增加。

图 4 表示了在处理玻璃表面时，使用不同规格的喷砂媒介时的粗糙度分布。实验用的玻璃是普通的 **soda-lime glass**，从图中我们看到在喷砂媒介的大小和表面处理后的粗糙度之间在特定范围的相互关系。这个现象进一步支持了可以通过使用更细，更均匀喷砂媒介获得理想的粗糙度。

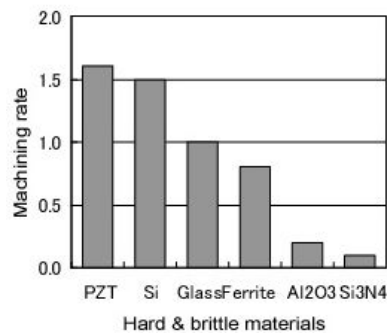


图 3 微研磨喷砂在各种硬而脆的材料上的切削性

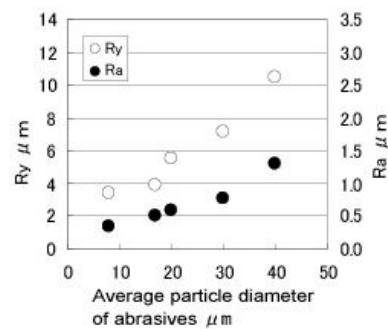


图 4 玻璃表面粗糙度与喷砂媒介大小之间的关系

#### 微研磨喷砂技术的特性值

Items	Characteristic values
Processing accuracy Drilling Grooving Depth of cut	(Minimum machining dimensions) 30 micronm (plus or minus 5 micronm) (Aspect ratio 1:1, tapered shape) 20 micronm (plus or minus 5 micronm) Tolerance plus or minus 5%
Processing grade Chippings Surface roughness	(Superior grade) More or less 5micronm 0.02micronmRa

#### 4. 掩模工艺

在微研磨喷砂工艺中，有 2 个典型的处理方法，一个是所有表面的大面积区域喷砂，不需要掩模，一律用直径 4-10mm 的喷嘴或扁平喷嘴。另一个是在某个点集中喷砂，使用直径 0.15mm 左右的喷嘴。

需要解释的是掩模工艺是一个不同于机械设备的重要组成因数。要在规定的图案上完成有效喷砂，在基材表面使用掩模工艺是最基本的。由于掩模限制了图案的尺寸，因此要谨慎的选择掩模方法。掩模的形式根据所需的准确性，成本和可控性，分为光刻胶，金属和印刷膜。

光刻胶掩模适合需要高精确度的要求。Resist mask 通常是以干膜形态销售，溶解能力由膜的厚度决定，例如对于高精度和微小的掩模，光刻胶掩模方法能溶解线条的宽度在 20 微米  $L/S=1/3$ ，见凹槽加工图 5。对于干膜，通常使用感光性聚氨脂，因为它能有效的吸收喷砂时的冲击能量。

使用照片平版印刷掩模的微研磨喷砂流程图（如图 6），使用干膜做掩模材料覆盖基材表面，并应用紫外光通过光掩模在被掩模的表面。用弱碱性溶液清洗表面，然后烘干，在基材表面得到最后想要的图案。然后，微研磨喷砂蚀刻暴露的，没有掩模的区域。喷砂结束后，撕掉掩模并彻底的清洗整个基材。对于高精度的图案，在每个处理阶段选择合适的设备和装置，设置合适的工艺条件是要非常重要的

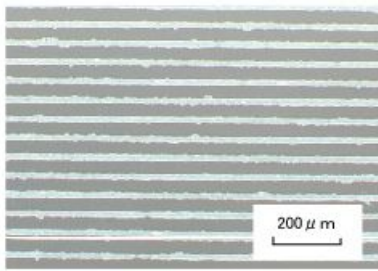


图 5 20um 凹槽加工

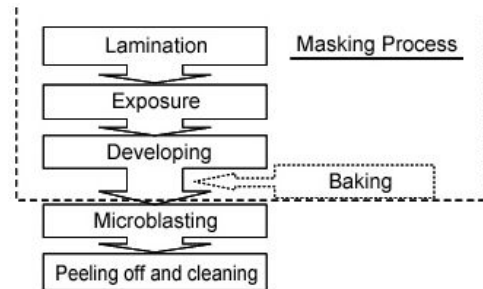


图 6 微研磨喷砂流程图

印刷掩模在设备和材料的选择相对便宜，但不适合高精度的喷砂要求，这种掩模方法一般用在处理玻璃或不锈钢板图案，多用于房屋和建筑物的内部装饰。

表面蚀刻薄不锈钢板和电铸镍板作为金属掩模的材料。由于他们的超耐用性抗击微研磨喷砂，金属材料被认为是理想的掩模材料，但问题是由于张力会变形，因此，金属掩模方法仅限于特殊的应用。

因为微研磨喷砂是一种使用高度研磨的媒介的物理撞击腐蚀过程，掩模材料的耐用性是

必须的。掩模工艺作为调整加工的尺寸，在微研磨喷砂技术中扮演非常重要的角色。因此，考虑到不同喷砂媒介的特性，必须建立最合适的工艺参数值。

前面的案例中介绍微研磨喷砂在大生产环境中能达到的精确度在 10 微米，微研磨喷砂技术即支持研磨，电子束和蚀刻所需的 1 微米的精度，又支持机械加工和电火花加工所需要的精度在 100 微米左右。

## 5. 微研磨喷砂的微小尺寸加工实例

那些用来制作半导体，电子部件和与平板显示器有关的部件的材料尤其需要高精度，制造商最重要的一个期待是这些部件可以被微研磨喷砂技术进行高品质的表面处理。这种处理也叫“无损伤”处理，将处理过程中产生裂纹和碎片的可能性降到最低。

下面的案例是在用于传感器的玻璃板上转孔，利用前面介绍过的光刻胶掩模的方法（如图 7 所示）。在厚度是 0.5mm 玻璃板上用 30um 的喷砂媒介钻出直径是 0.4mm 的通孔。正如图中所示，碎片被控制在数微米的之内，并且处理的纵横比超过 1 是可以实现的。图 8 中表示微研磨喷砂技术处理微小孔径 0.433mm，3 sigma 时是精度是 20.8um。

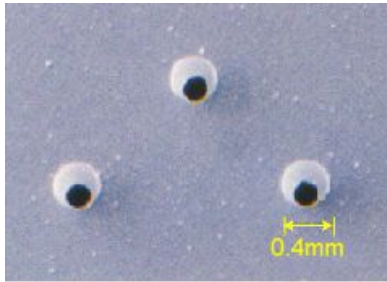


图 7 传感器玻璃板钻孔

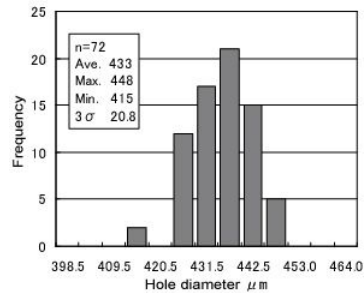


图 8 孔直径柱状图

通过掩模和使用 10-50um 喷砂媒介可以达到这种精确处理的水平，掩模的厚度，基材种类和喷砂参数会影响加工精度。

图 9 中所示的喷砂处理硅片上的通路孔，硅片上的图案（4x2mm），深度是 0.17mm

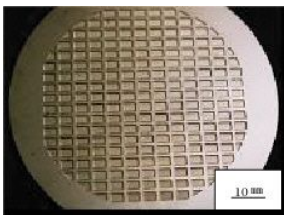


图 9 硅片表面的通路孔加工

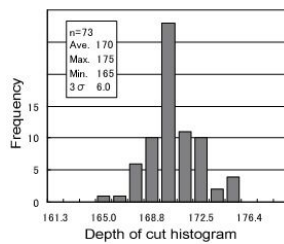


图 10 切割深度柱状图

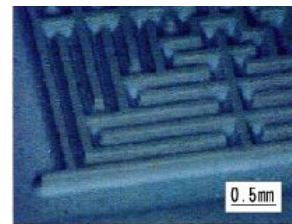


图 11 PZT 微结构

图 10 所示通过微研磨喷砂能达到的加工精度在 6 微米，3sigma 深度是 0.17mm。微研磨喷

砂技术也可用于微处理 MEMS 上的部件，近几年对这个技术的研发相当热门，如图 11 中的应用，蚀刻微结构后形成 PZT 板——流行的压电材料，不仅如此，创造多层形状有着复杂三维结构是可行的通过重复掩模和交替微研磨喷砂工艺

表 3. 微研磨喷砂技术的应用室例

Field	Purpose of application
Electronic parts	Drilling on sensor board, grooving, electrode forming (Solar cell, filter, multi-layer substrate) De-Smearing treatment for printed circuit board Patterning of HDD parts
Semiconductor	Deburring of IC resin mold package Drilling and grooving on device wafer Etching of ceramics wafer susceptor
FPD related	Conductive membrane removing Barrier forming Etching of cover glass

以上简要介绍了微研磨喷砂工艺和微小尺寸加工技术在半导体，电子部件和 FPD 等工业领域内的应用，美国 COMCO 公司拥有 30 多年的历史，一直是微研磨喷砂设备制造的技术领先者，不仅提供各种型号的标准微研磨喷砂设备，也可以定制特殊要求的喷砂系统，以满足您在微小尺寸加工领域内的不同应用。

陈华

技术部

上海友赛公司

2009 年 10 月