

在圆光栅和度盘刻划中应用 光刻胶的工艺装置

蒋廷楠、蒋朝江

前 言

为了得到高精度、高质量的光栅盘、度盘、光栅尺等，目前国内外已有一些部门开始把集成电路工艺中使用的光刻胶应用到光学刻划方面来。光刻胶具有很高的分辨率和很强的抗蚀能力，因此用它能刻出很细的线条并能得到很好的边缘。但和火棉胶相比，它的感光灵敏度很低，只有在很强的紫外线（3000~4500埃）的照射下，才能在短时间内感光。另外，由于它的分辨率高，所以对工作环境要求苛刻，因此使它在应用到圆刻划方面带来了一定的困难。

本文主要介绍我们在把日本的 *OFPR-3* 和美国的 *AZ1350J* 两种正型光刻胶应用到刻制圆光栅盘、度盘过程中是如何解决光刻胶的涂布、强光散热、显影、超净问题及其所需的工艺装置。

一、涂 胶 机

将光刻胶应用到光栅、度盘上来，首先遇到的是光刻胶的涂布问题。在半导体集成电路中，一般的涂布方法是，先将光刻胶滴在或者喷在转盘上的硅片上，然后在瞬间内加速到3000~6000转/分，以实现离心涂布的目的。但我们刻划的光栅盘、度盘的毛坯大多是环状的，而且直径都很大，刻划区又并非布满整个盘面，这样，就不能简单地用涂硅片的方法来涂光栅盘。为此，我们设计了一台涂胶机（如图1）。其工作原理是：当载着毛坯的托盘低速低速旋转时，装有滴胶管、涂胶软嘴的摆杆在凸轮的推动下，开始向圆心作等速移动，这样在毛坯刻划区上便得到了一条由胶组成的渐开线（端面螺纹）。但由于胶本身是流体，而且螺距又很小，因此，实际在刻划区上形成的是一层较厚的、均匀分布的胶层。这时摆杆滴胶嘴快速退出并触动微动开关令电机凸轮停止工作。在此同时，托盘电机转速迅速上升到3000~4000转/分，使在低转速下形成的较厚胶层在瞬时增大的离心力的作用下向四周扩散，从而实现了离心涂布的目的。涂胶嘴由外向里涂胶，是因为胶环最内圈的胶是最后涂上的，这样它挥发的时间最短，流动性最好，不至于因为边缘有凝结现象（边缘的胶和空气接触最多，因此也干得最快）而引起射线使胶层报废。开始用低速涂胶的目的一方面是不至将胶甩出去，另一方面也是为了防止胶在高速运行中会很快挥发变干，以至于最后无法甩出、甩干。

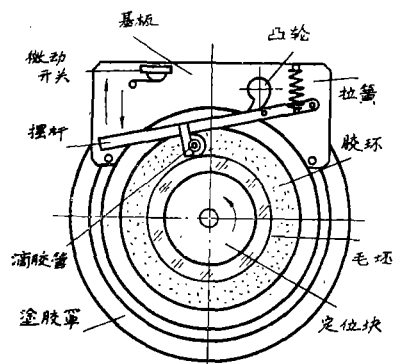


图 1

低转速涂胶一般为80~130转/分，其转速高低取决于盘子直径和滴胶速度。一般情况下，以胶既甩不出去，而且胶和胶之间又无间隙为宜。盘子毛坯是套在主轴上的定位块定位的，这样装卸既简便又可满足同心度的要求。在甩胶时由于任何脏点、灰尘落在胶面上都会引起胶面上的射线，而导致涂胶失败，因此，不但要把涂胶机置入超净工作台内工作，而且还要求周围环境的洁净，甚至要防止有害气体的侵入，否则也会使光刻胶中毒，影响使用效果。目前，这台涂胶机已投入使用，效果良好。但仅限于涂 $\phi 200$ 毫米直径以内的盘子。目前一些单位为了得到高精度的光栅盘、度盘，设计了一些大直径高厚度的盘子，但由于直径和厚度的增加，使重量惯性力矩都大大增加，这样对涂胶的加速度的实现、毛坯的固定以及安全可靠方面带来一定的困难。为此我们又设计了一台直径可涂 $\phi 400\text{mm}$ 、厚度不超过30毫米的大涂胶机。

二、光源光刻头以及冷却装置

因刻划时要求使用既要紫外线强又要功率小（即发热量小）的光源，为此，我们对目前国内生产的一些氙灯、汞灯、汞灯进行了优选。最后确认 GGZ 型高压汞灯比较理想。这种光源发光效率比较高，功率仅 125W，经聚焦后，在 2 秒钟左右的时间内，就可以在长 15 毫米，宽 3 毫米的面积内使光刻胶感光。由于这种光源本身就是直管型，有效弧长 38 毫米，弧宽大约 1 毫米，所以正适合于刻较长线条的光栅。但这种光源也有缺点，在一定范围内灯管温度和发光强度成正比，要得到原设计的发光强度灯管周围的温度大约 150°C ，这要对圆刻机精度产生不良影响。为了解决上述矛盾，我们设计了一个风冷式光刻头试验装置（如图 2）该光刻头设计成双层排风、双层隔热。内排风的目的主要是控制灯的温度不致过热，外排风的目的是将内隔热层传导出来的热量带走。内外排风量可以相互调节比例。这样可实现既有足够的光强又不致于辐射出大量的热而影响刻划精度。另外， $f' = 50$ 的两柱面镜可以上下移动。这样能得到不同比例的矩形象，充分利用了光能。该光刻头在离圆刻机托板的最近部位可使温度上升 $0.3 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ ，经使用后证明对机床精度无影响。

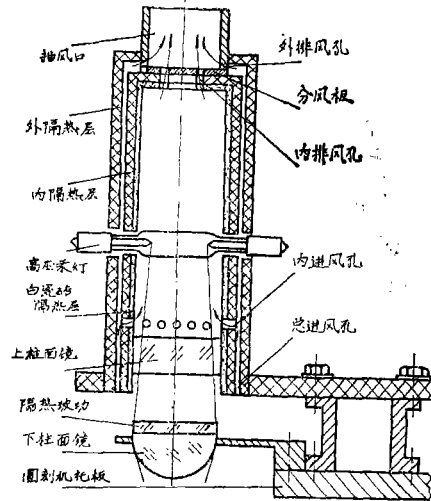


图 2

三、圆刻机超净防尘罩

由于对光刻胶采用了接触复印曝光法，所以灰尘等凸起的小点能引起接触不良使线条变坏直接影响均匀性及精度，所以保证光刻胶面在刻划状态中的清洁也是保证产品精度及成品率的重要因素之一。为此，我们设计了一个防尘罩并加了一个普通的超净台与之相连接（如图三）。防尘罩一侧有门，可以进入里面工作，另外两侧有玻璃拉窗，可在外面操纵一部分手

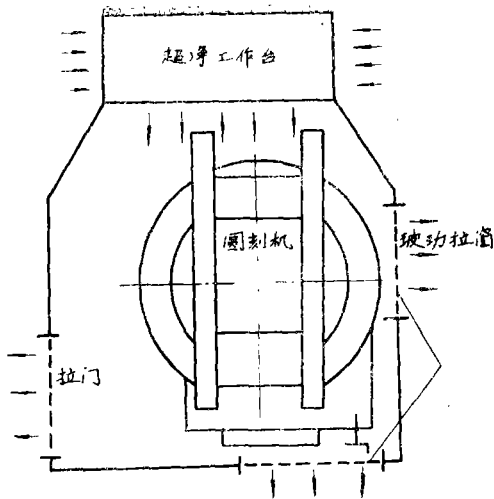


图 3

柄。防尘罩的六个面都是合页连接的，卸下二面合页其他部分即可折叠拖出。这样便于圆刻机的吊轴清洗。防尘罩顶部安装的是一整块5毫米厚的玻璃，可直接利用罩外的照明灯。该防尘罩有效地解决了光刻胶的工作环境问题。经测定，其超净度接近100级，大大高于罩外几十万级的水平。另一方面，超净工作台也起了一定的恒温作用，它可以不断地把被光源加热的空气排出罩外，同时吸进恒温室里的恒温气体以保证圆刻机的温度稳定。

四、电源电路及光强修正系统

为了使光栅盘具有良好的均匀性及减小封闭差，我们在光源电路里加了一台稳压器，使光强变化不大于 $\pm 2\%$ 。但显影时发现封闭处总是后刻的线条显影快，而使铬线条变细，形成封闭处的不均匀，从而影响了封闭差和均匀性。经分析，这是由于在会聚的强光（其中包括大量的红外线）长时间的照射下，毛坯及光刻胶的温度都在不断增高，致使光刻胶的感光灵敏度发生变化而引起的。为了克服这一缺点，我们又在光源电路里加了一修正系统（如图4）。其方法是：操作者根据光强计不时地、均匀地调节调压器，使光强有一个人为的衰减过程，使之修正封闭处的不均匀性。实践证明，这种方法有效地控制了由于封闭处的不均匀而引起的封闭差。至于每次调节光强量的多少，则要根据刻划时间、速度和刻划圈数而定。

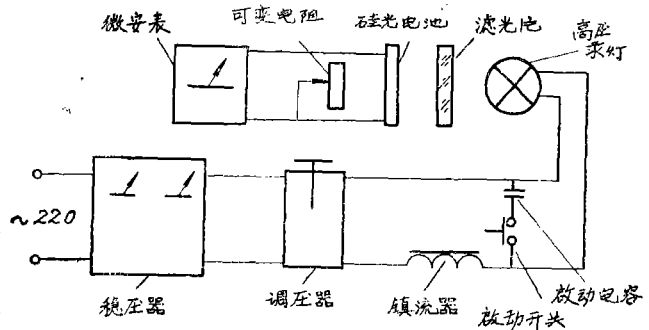


图 4

四、刻划工艺

为了使扇形模板和毛坯的刻划面能够平行，我们采用了下列方法：先用橡皮泥粘接扇

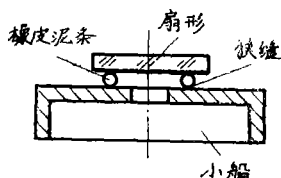


图 5

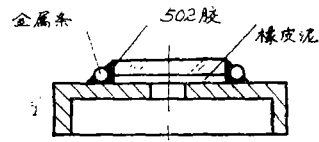


图 6

形，再用502胶加固。具体做法如下：先将无胶的毛坯用千分表找到尽可能与轴线垂直，然后把橡皮泥搓成2个 $\phi 1.5$ 毫米左右的长条，将扇形轻轻地贴在小船狭缝面上（如图5），再装在刀架上轻压几下，然后调整偏心。直径偏心量大时可直接调扇形，待调整完毕再重压几下，最后将小船取下，用502胶和金属棒将小船固定（参见图6），以免在擦试扇形时使扇形移位。此方法可迅速地保质保量地将扇形装在小船上。

为了使光刻胶达到很高的分辨率，扇形模板和毛坯必须十分紧密地接触，才能保证其刻划均匀性和精度。因此我们又在小船上加了一定的重量，使之接触紧密。过去在刻火棉胶时，一般都将刀架的铅锤加在刀架后面，而我们则将其移至前面（如图7），这样就大大加强了其压力。扇形上的压强达到了 $1\sim 1.5$ 克/毫米²。另外，我们在刻划前将扇形模板接触区内光刻胶里的高点在显微镜下排除掉，以保证良好的接触。为了不在刻划中有灰尘落入，我们还在盘子上加了一个有机玻璃罩，既可以挡灰，又可以挡杂光。同时还在有机玻璃罩的内外表面、圆刻机台面以及刀架和小船上都薄薄地上了一层机油，以防灰尘的飘移。这些措施都比较有效地防止了扇形模板垫起现象。

光刻胶的显影也是很重要的一环，它不但直接影响光栅盘、度盘的表面质量，而且也直接影响光栅盘的对比度及度盘的线条粗细。为了保证显影的清洁，我们设计了一台喷显仪（如图8），它在超净工作台里工作。当光栅或度盘随着电机旋转时（大约100转/分），首先打开喷水（蒸馏水）管冲洗，然后打开显影液喷嘴，再关掉喷水嘴，开始观察并注意显影时间。由于目前的光刻胶不能保证每块都涂得等厚，因此显影时间并不是一个常数，而是主要靠操作者观察表面显影情况具体掌握。一般熟练者能 $1\sim 2$ 次显影完毕。但每次显影后都要用蒸馏水冲洗、吹干，以防异物吸附在上面而影响表面质量。显影时间是否合适，主要靠在显微镜下观察胶线条（腐蚀后为铬线条）和无胶线条的比例是否达到了设计要求。观察表面质量是否有蚊状物，以决定是否可以坚膜、腐蚀。坚膜、腐蚀工艺大致与半导体工艺相同，这里就不一一介绍了。

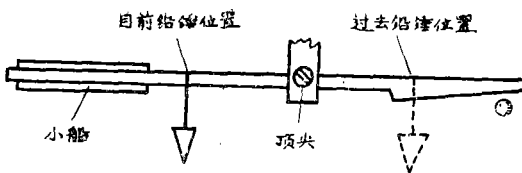


图 8

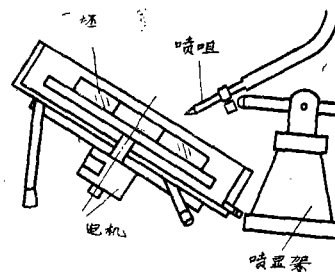


图 7

我们用光刻胶刻制光栅盘和度盘，虽然时间不长，但已初步显示出它的优越性。由于光刻胶刻制后直接得到了铬线条，不需复制就可直接使用，这样既缩短了刻划周期，排除了因复制引起的精度损失，而又提高了表面质量。再者，由于我们采用的是先铬后胶的工艺，所以铬层在玻璃毛坯上附着牢固，因此增加了光栅盘、度盘的耐磨擦性能。

光刻胶应用于光栅盘、度盘的刻划是一种新型的工艺，它必将促进刻划工艺的发展。由于我们做这项实验工作的时间还不长，很多问题还解决得不彻底，成品率还不够高，小直径、细线条的光栅还没有尝试，装置也不够完善，因此还有待于今后的大量实践。

下面是几年来，我们用光刻胶刻制几种度盘和光栅盘的具体指标：

名 称	刻划直径 (毫米)	线宽 (微米)	精度 (秒)	均匀性 (秒)	封闭差 (秒)	使用设备
度 盘	150.52	5	±0.29			TKF1000/1
度 盘	149.48	5	±0.32			TKF1000/1
圆光栅盘	120	7	±0.45	0.2	<0.2	TKF1000/1
圆光栅盘	140	8	0.38	0.38	<0.2	TKF1000/1
度 盘	129.74	8	0.7			TKF1000/1
圆光栅盘	100	6		0.72	<0.2	TKF500/1

参加上述盘子刻制的还有张矛、陆翡翠、高华杰、杨绍全、文永仙、杨云歧、钟先学、邹本安等同志。

参 考 文 献

蒋朝江、陆翡翠,《光学工程》,1980年, No.2, P.17~21.

注: 本文曾在1980年12月全国刻划技术学校交流会上发表, 由蒋延楠同志执笔。