

大面积码盘、光栅盘虫胶复制镀铬技术

汪国孝 温忠义 何复兴 吴国良

一、概 述

虫胶复制镀铬工艺，在国内光学冷加工方面得到广泛应用，特别在小面积分划板及各种光学度盘的复制上，国内各兄弟单位积累了宝贵经验。我所应用于大面积码盘和光栅盘的复制时，碰到了脱膜严重、胶点、脏点很多、针孔密布、脱胶不彻底等问题。

本文详细地叙述了码盘、圆光栅盘虫胶复制镀铬的基本原理、工艺、配方、优缺点、经验体会以及目前我们达到的水平。如：复制后度盘精度最高达 ± 0.4 秒，复制后圆光栅盘精度最高达 ± 0.3 秒，复制后码盘精度最高达 ± 0.2 秒，接近母板精度。

二、码盘、圆光栅盘虫胶复制、镀铬工艺的基本原理

(一) 虫胶感光复制工艺的基本原理

重铬酸盐 [$K_2Cr_2O_7$ 或 $(NH)_2Cr_2O_7$] 于胶态媒质中，在光的作用下，(尤其在 350 毫微米 ~ 420 毫微米最为活动)，可转化成褐色的铬的氧化物和绿色的三氧化二铬 (Cr_2O_3)，可使动物胶、阿拉伯树胶、蛋白、鱼胶、聚乙稀醇、虫胶等硬化。所以，曝光之后，见光部分的重铬酸盐胶在某一种溶剂中(如：鱼胶是在冷水中；动物胶、阿拉伯树胶是在 $40^\circ C$ 左右热水中；聚乙稀醇在 $20^\circ C \sim 50^\circ C$ 的水中；虫胶是在无水乙醇中)膨胀性小，难溶或不溶。相反没见光部分的重铬酸盐胶在相应的溶剂中，则易溶。

利用这一特性，若选用相应的溶剂洗涤曝光后的重铬酸盐胶板，可印出同母板相反的虫胶影像来，制得带图案的虫胶板。如图 1

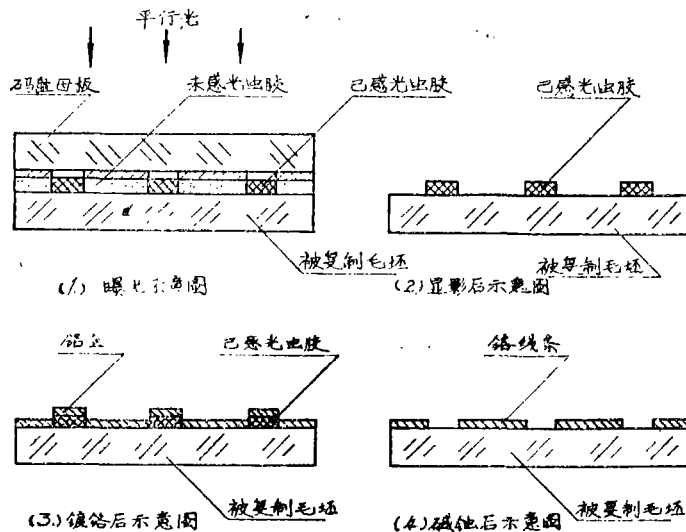


图 1 大面积码盘、光栅盘虫胶复制镀铬原理

(二) 虫胶板的真空镀铬工艺基本原理

在真空中，将固体表面沉积上一层金属或非金属薄膜，称为真空镀膜。真空镀铬用的是蒸发法镀膜，即在真空中将铬粉加热到适当温度（约1600℃左右），铬粉受热蒸发，形成蒸气分子。由于被镀工件表面温度较低，蒸气分子就沉积并凝固在被镀工件表面上，形成薄膜。

带有图案的虫胶板，经真空镀铬，均能镀上一层铬薄膜。若将此件浸泡在含有酒精的强碱水溶液中，则附于虫胶膜层上面的铬膜及虫胶膜立即脱落，而镀于玻璃表面上的铬膜完整存留，从而制得铬膜层的码盘、光栅盘等成品。如图1。

三、虫胶感光复制镀铬工艺

(一) 玻璃清洁处理

1. 先用酒精、乙醚混合液擦洗码盘或光栅盘玻璃表面，用该溶液主要是为了除去玻璃表面的油污、印迹和能被该溶剂溶去的溶质。

2. 碱溶液处理

将擦洗好的码盘或光栅盘玻璃毛坯，放入10%~20%的NaOH或KOH的碱溶液中大约20分~30分，取出用自来水冲洗后，再放入稀硝酸中。用碱溶液处理的目的是，为了除去玻璃表面的油脂和污物及虫胶层。

3. 硝酸处理

用碱处理完的码盘或光栅盘毛坯，再放入稀硝酸中大约20分左右，用硝酸处理的目的是为了除去玻璃表面的有机物和污物。

4. 用肥皂或洗净剂处理

把码盘玻璃毛坯从硝酸中取出，在自来水下冲洗后用泡沫塑料蘸肥皂或洗净剂擦洗盘子，然后用自来水冲洗，再用蒸馏水冲洗，放到离心机上甩干。

(二) 涂胶

有两种方法：即转动法和静止法。

1. 转动法：只适合于制做小的零件（如分划板等）。

2. 静止法：适合于制做大的零件（如码盘、圆光栅盘等）。

将清洗好的码盘毛坯，放在离心机的夹具上，甩去水份。待干后，让离心机慢慢地转动，用滴瓶将感光胶均匀地涂布在码盘毛坯表面上。一分钟后，用电吹风烘烤1~2分钟即可。

要求：胶层的厚薄均匀、没有气泡、脏点等疵病，胶层的厚薄决定于离心机的转动速度与胶的浓度。

(三) 压胶

1. 压胶的目的：主要是为了将胶的表面胶点压下去；还可以将胶层没有干燥好的地方通过压胶粘到压板玻璃上，从而避免粘坏母板。

2. 压胶的方法：先将压胶的玻璃表面用酒精和乙醚混合液擦干净，用钟罩罩好再用。将涂好胶的码盘毛坯胶面向下放到压板玻璃上，上面放

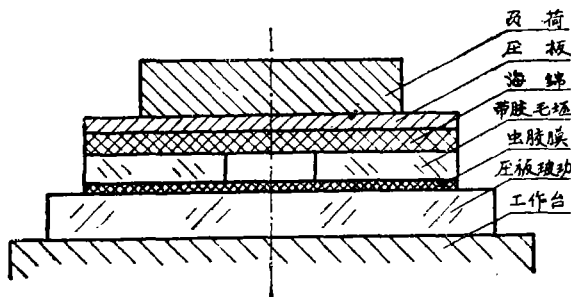


图2 压胶示意图

一海绵和金属板，再放一重物即可。

如图2。

(四) 曝光

1. 将母板表面处理清洁，没有灰尘和脏点后将压好的胶盘放在母板上，用接触法进行复制曝光。

2. 曝光的光源采用高压水银灯(220伏、1000瓦)。

3. 曝光时间2~6分钟左右。

4. 曝光装置是旋转式的。如图3。

5. 必须注意使母板与被复制的码盘要有良好的接触。接触不好有空隙，漫反射光造成不应感光的的地方感光了，使线条发生变化。结果影响码盘或光栅盘的均匀性和精度。

6. 曝光时间长短与有关因素

曝光时间与光线的强弱，距离远近，胶膜的厚薄(胶的浓度)和胶膜的干燥程度有直接关系。曝光时间长，显影不彻底，甚至显不出影像来。曝光时间短，会使胶层脱落，所以要有合适的光源，正确的曝光时间。

虫胶感光剂对紫外光敏感，所以操作可在一般普通灯光下进行。

(五) 显影染色

从曝光夹具上取下码盘，放入盛有酒精的显影玻璃盆中进行显影，一般显影大约在3~15分钟(室温在20℃左右)。

显影时间与胶膜的厚薄、干燥时间、温度、湿度、线条粗细、边缘光滑程度及酒精纯度有一定关系。将显影好的码盘浸入甲基紫或碱性品红的酒精溶液中进行染色。染色是为了便于观察线条的质量。染完色以后马上用自来水冲洗，将线条内的残胶与表面附着的残渣染料冲洗掉，然后放入盛有自来水的玻璃盆中检查。

(六) 检查、修补

将染好色的码盘连玻璃盆一起放在双目显微镜下放大40倍或更大倍数观察，有无疵病：如断线、胶点、白点、线条的比例以及显影是否彻底，线条的边缘整齐程度等。如有灰尘点，要用0号或1号狼圭笔刷洗。如有胶点，要用钢针把胶点去掉。待检查合格后，再用急水冲洗，最后用离心机甩干，待修补。

将检查合格的码盘放在双目显微镜下放大40倍或更大倍数把码盘的断线处或白点用墨修补即可。将码盘修好后待镀铬。

(七) 镀铬

将带有码盘图案的虫胶板，经真空镀铬镀上一层铬薄膜。

(八) 碱蚀胶去铬

因刚镀完铬的码盘图案的虫胶板均能镀上一层铬膜，所以图案显示不出来。必须将此件浸泡在含有酒精的强碱水溶液中，虫胶膜被碱蚀掉，虫胶上复盖的铬膜，自然脱落。而镀于

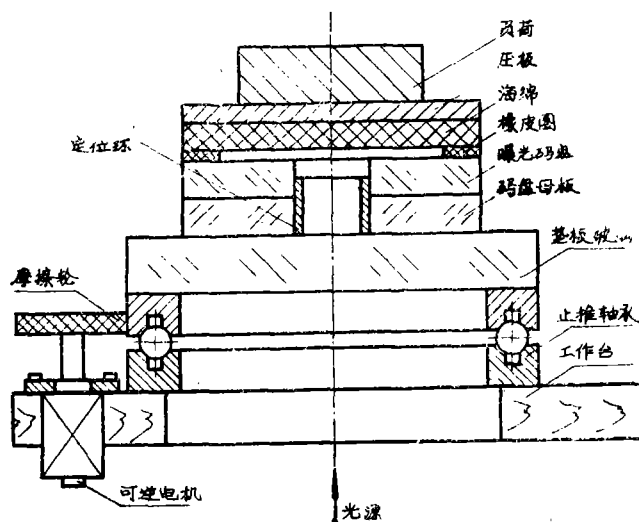


图3 曝光装置示意图

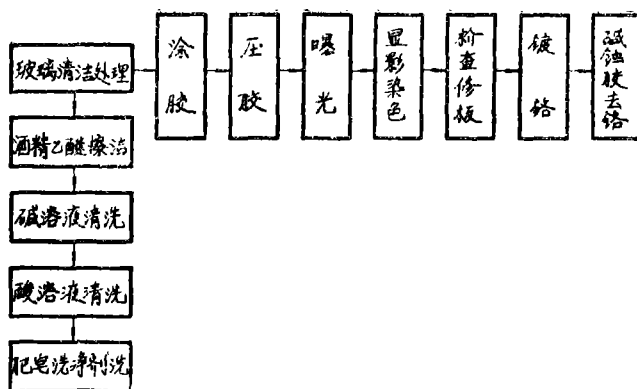


图4 虫胶复制镀铬工艺流程图

玻璃表面上的铬膜完整存留，从而制得铬膜层的码盘、光栅盘等成品。见工艺流程图4。

四、虫胶感光剂的配方及虫胶熬制方法

(一) 虫胶感光剂的配方

1. 虫胶配方

虫胶 100克
蒸馏水 900毫升
氢氧化铵 100毫升

2. 感光剂配方

重铬酸铵 6克
蒸馏水 30毫升
无水乙醇 12毫升
氢氧化铵 18毫升

(二) 虫胶熬制方法

- 按配方将虫胶称好捣碎，加入蒸馏水中，再加入氢氧化铵。
- 虫胶不溶于水，但溶于弱碱性的水溶液中，虫胶在氨水的作用下开始软化。这时将其放入水浴锅内熬制5~6小时左右，使虫胶液浓缩到650~700毫升较好。在熬制时要经常用药匙除去表面薄层，那是虫胶内的腊质。
- 感光剂的配制顺序是：蒸馏水、重铬酸铵等全部溶解后，再加入无水乙醇和氨水。
- 在一般白炽灯光下将感光剂和虫胶液搅拌混合，然后过滤备用。
- 配好后的虫胶感光剂，可以长期保存在阴暗通风处，不会变质。一般熬过一周后即可使用，而且时间长了还更稳定好用。最长可用一年左右。但时间长感光度明显下降。

(三) 碱蚀液配方

水 100毫升
氢氧化钠 20克
乙醇 少量

(四) 铬腐蚀液配方

蒸馏水 100毫升

氢氧化钠 10克

高锰酸钾 5克

五、虫胶复制镀铬的优缺点及几点体会

(一) 优点

1. 设备简单(不需任何照相设备)只需要有一块工作母板即可。
2. 实验室所需面积小。
3. 适合于大批生产, 生产效率高。
4. 制做出来的零件, 线条牢固性好(因是铬线条)耐摩擦。
5. 透明度好(因无任何胶层)。
6. 不怕潮湿和任何有害气体。

(二) 缺点

制作细线条(在1微米以内的)有困难。

(三) 几点体会

1. 同样的配方, 有时熬出来的就好用, 很稳定, 但有时就不稳定, 很可能与熬的时间长短和浓度有关系。

2. 在熬制虫胶时, 必须是一直加热, 直至浓缩到所需浓度为止, 方可停止加热, 杜绝中途停止加热。

3. 目前虫胶感光剂, 能复制出2微米以上的细线条, 直径在 $\phi 330$ 毫米左右的大面积码盘和光栅盘。

4. 复制后的码盘和光栅盘, 经光电检验仪检验, 精度最高可达: 最大直径误差为 ± 0.2 秒。均匀性误差可达0.5秒。

5. 码盘和光栅盘成品经高低温($\pm 50^\circ\text{C}$)试验, 铬线条无任何变化, 精度和均匀性不受影响。

6. 做大面积的码盘、光栅盘、度盘等高精度的零件时, 虫胶感光剂的浓度要稀, 这样可提高精度和均匀性。

7. 为了使线条沟槽内的胶彻底清除干净, 必须把显影时间稍加长点, 但要适当, 否则造成线条扩散变粗。

8. 虫胶与无水乙醇的关系: 同样虫胶感光剂, 无水乙醇的纯度不同, 其结果也不同。用99.5%的无水乙醇, 显影时间长, 但线条边缘整齐; 而用95%的无水乙醇, 显影时间短, 而且易脱胶, 结果线条边缘不整齐, 很难做出好的成品。

9. 虫胶感光剂与温度和湿度的关系

当我们利用国产虫胶时, 而室内温度低 15°C , 湿度在70%以上时, 复制出的码盘, 在虫胶层上出

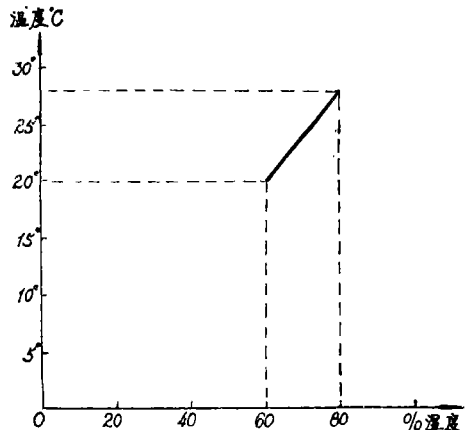


图5 虫胶感光剂与温度、湿度关系曲线(此曲线适合国产虫胶)

现很多很有规律的棱形小白点。这主要说明室内相对湿度太高，很难做出好的成品。

相反，温度高（在30℃以上）湿度60%，这样显影困难，不易显彻底，也很难做出好成品。

后来我们经过反复试验，终于找出最理想的工作温度和湿度的曲线。如图5。

六、真空镀铬

（一）关于膜层牢固性

首先，提高沉积速率可以提高膜层的牢固性。因为这时蒸气分子可以有比较高的速度，足以冲破玻璃基体表面的气体吸附层而深入到基体内部与基体形成更紧密的结合，薄膜的附着力可以增大。提高沉积速率可以有二个途径，一是提高源温，二是增大蒸发面积。其次就是真空度对薄膜的牢固性影响很大，一定要使真空度在 10^{-5} 托以上才能蒸镀，这时真空室内气体的平均自由程大于从蒸发源到被镀工件之间的距离，蒸汽分子可以很高的速度直达基体表面。才可以使膜料和基体之间结合得更好，膜层更牢固。如果真空度不够，还会在基体表面形成一剩余气体分子层，它们不仅可能被基体表面所吸附，而且可能进入薄膜内部与材料分子相互作用，从而影响薄膜的化学成份和结晶构造，严重影响膜层的牢固性。再有清洁度不好，工件表面有污物，或工件没有用干留有水分或水汽等，都会影响膜层的牢固性。还有一点就是当工件（基体）温度提高时，基体的自由能增加，薄膜的分子就可以深入到基体内部而与基体形成紧密结合的固溶体，膜与基体的附着力增大，牢固性提高。

（二）轰击的作用

轰击的目的是要清洁被镀工件和工作室，但因为我们所蒸镀的工件上是已经有了虫胶图案的，故不能轰击时间太长，时间一长就会将虫胶烘得太干，以致去不掉镀在虫胶上的铬层。所以一般轰击10~15分钟即可。低于5分钟也不行，这样镀完膜层不牢，会大片脱落。

（三）关于“黑铬”问题

为了提高码盘的对比度，要求反光的“亮铬”表面变黑，但还要保持原来铬层不怕碰，即膜层牢，机械强度高的优点。我们在原有的铬层上加镀了一层三氧化二铬，使表面变成深兰色，这样就解决了码盘表面反光问题，提高了对比度。三氧化二铬沉积工艺与铬相似，只是蒸发温度略高一些，同时随沉积厚度不同，表面颜色也不相同。

（四）解决大面积码盘镀铬针孔问题

由于我们所镀工件与一般真空镀膜有两个不同之点：一是面积大，二是表面上有虫胶图案。这样一来解决表面由于灰尘颗粒而引起的针孔多的问题就被提出来了。表面积大，落上灰尘的几率就大。表面有图案和线条，这样落上灰尘又不能再清洗了，只好想其它办法。我们现在采用的办法是二次镀铬，即第一遍镀得薄些，约为所需厚度的二分之一左右，然后取出用镜头刷轻轻地表面生扫一遍，把落有灰尘的地方的铬层扫掉，重新露出玻璃，这样盘面上就出现了一些大大小小的针孔，之后再放入真空室进行二次镀铬，就可以把这些针孔都堵上了。