

半导体工艺资料

半导体器件制造中的 制版技术

天津市半导体器件厂編

(内部发行)



天津市科学技术局革委会情报组

1970.8

***** 毛主席语录 *****

我們也要搞人造卫星。

人的正确思想是从那里来的？是从天上掉下来的嗎？不是。是自己头脑里固有的嗎？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三項实践中来。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

說 明

史无前例的无产阶级文化大革命，在我们伟大领袖毛主席亲自发动和领导下，取得了极其伟大的胜利。“无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。”在毛主席的伟大“七·七”指示光辉照耀下，电子工业如雨后春笋蓬勃发展，其中半导体事业更是突飞猛进。

在伟大的七十年代的大好形势鼓舞下，为了总结交流经验，推动我市半导体工业的发展，我们组织编写了这一套半导体工艺资料。本资料主要从广大工人同志迅速掌握半导体工艺这一角度出发，以本厂所采用的工艺实践为主，并有简易的理论介绍。

《半导体工艺资料》，目前准备出以下几种：《半导体器件制造中的制版技术》，《半导体器件制造中的光刻技术》，《半导体器件制造中的扩散技术》，《半导体器件制造中的衬底制备》，《半导体器件制造中的外延技术》，《半导体器件制造中的引线技术》等。

这套资料可供从事于半导体器件制造的广大工人、干部、技术人员参考。由于我们水平所限，在编写过程中定有不少错误之处，请广大半导体战线上的战友们提出宝贵的意见。

編 者

1970年 8 月

內 容

第一章 照相光学的基本知識	(1)
第一节 透鏡成象原理.....	(1)
第二节 透鏡成象的一般規律.....	(2)
第三节 透鏡成象的計算公式.....	(3)
第四节 透鏡的光行差.....	(4)
第五节 照相鏡頭及其特性.....	(7)
第二章 感光材料和冲洗的基本知識	(9)
第一节 感光材料的构造.....	(9)
第二节 影象的形成过程.....	(10)
第三节 感光材料的特性.....	(11)
第四节 显影、定影及其他.....	(13)
第三章 掩模版的制造	(16)
第一节 原图的制备.....	(16)
第二节 原图初縮.....	(18)
第三节 精縮与分步重复.....	(21)
第四节 复印 (生产用版的制造)	(21)
第五节 检查.....	(22)
第四章 常用几种感光版的制备	(23)
第一节 湿版工艺.....	(23)

第二节	罗甸干版工艺.....	(29)
第三节	超微粒干版工艺.....	(30)
第四节	常用几种显影液、定影液的性能和配方	(33)
第五章	几种金属版的制备.....	(37)
第一节	铬版的制备.....	(37)
第二节	硫化铅版工艺.....	(43)
第三节	钽版制作工艺.....	(46)

第一章 照相光学的基本知識

照相光学貫穿着制版的整个过程。为了便于对制版工艺的理解，我們把照相光学的基本知識做如下简单的介紹。

第一节 透鏡成象原理

一、針孔成象：如果在暗室里点亮一枝蜡烛，放在桌的一头，在桌子另一头豎立一块紙板，作为光屏，再用一块中間鈔有小孔的，較大的紙板，置于中間，这时，光屏上就会出现一个倒立的烛焰的象。为什么会出现倒象呢？根据几何光学原理，烛焰上布满了无数的光点，从每个光点射出来的光綫，都是直綫穿过小孔落在光屏上，烛焰上部的光点穿过小孔落在光屏下部，下部的变为上部，左侧变为右侧，右侧变为左侧，这样，无数光綫的綫端在光屏上接合起来，便組成了一个倒立的烛焰实象。

从物体上每一光点发出的光綫，实际是发散性的，成为无数細窄的小光束；所以穿过針孔落到光屏上的也不是光点，而是光斑。与物体相对应的象，也就是与无数发光点相对应的光斑迭合而成的。（见图 1 甲）

二、透鏡成象：把透鏡装在針孔的位置上代替針孔，只要适当地調整光屏、蜡烛与透鏡之間的距离，也可在光屏上看到一个倒立的烛焰实象。透鏡成象与針孔成象有很大不同。針孔成象是从烛焰的每一点发出的光束，直綫传播，穿过針孔落在光屏上，形成无数光斑相迭而成的，所以影象比較模糊，而透鏡却把烛焰每一点发出的光束，經過折射，又会聚为无数的光点，在光屏上集結成象，所以比較清晰（见图 1 乙）針孔必須

相当小才能成象，所以象的亮度很暗；透镜的孔径可以比针孔大的多，也能成象，所以结成的象较亮。针孔成象时，象或物与针孔之间的距离没什么严格要求，而透镜成象时，则必须调整象或物与透镜之间的距离，只有当物体每一点上所发出的光束，通过透镜会聚成的光点恰好落在光屏上时，才能成象清晰。

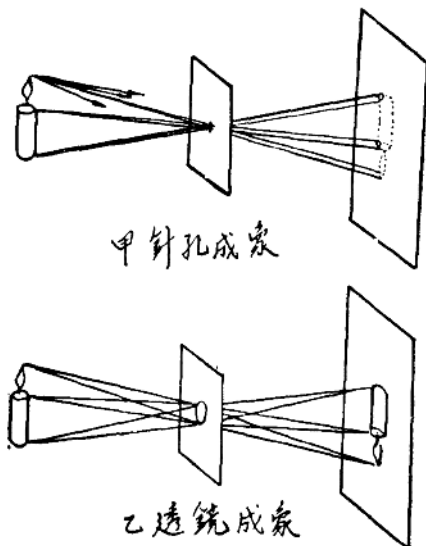


图1 针孔成象与透镜成象比较

第二节 透镜成象的一般规律

一、物体在透镜前无限远处，则在透镜后主焦点处可结成倒立的实象，但小到只有一点。（图2甲）。

二、物体在透镜前，二倍焦距以外的地方，则在透镜后焦距以外，二倍焦距以内可结成比原物缩小的倒立实象（图2乙）。

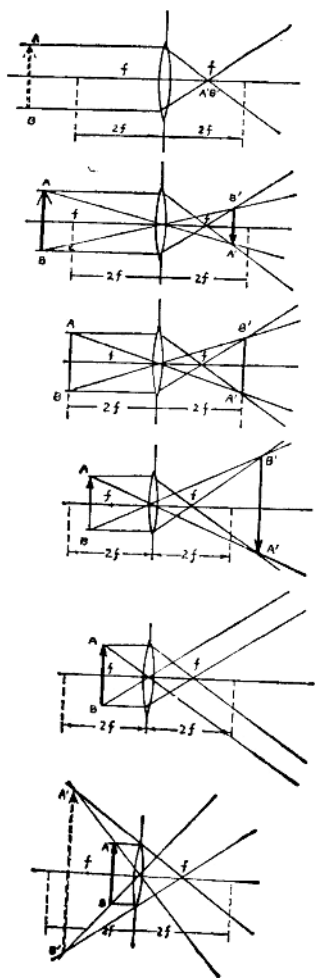


图2 透鏡成像的一般規律
說明：AB=物 A'B'=像
F=主焦點 2f=二倍焦距

三、物体在透鏡前二倍焦距的地方，則在透鏡后二倍焦距处可結成与原物同样大小的倒立实象（图2丙）。

四、物体在透鏡前焦距以外，二倍焦距以內的地方，則透鏡后二倍焦距以外的地方可結成大于原物的倒立实象（图2丁）。

五、物体在透鏡前主焦点上，由于經過透鏡折射后，出射的光綫都是平行于主軸的，不能会聚成象（图2戊）。

六、物体在透鏡前焦距以內的地方，經過透鏡折射的光綫将是发散的，不能会聚成象，但它們反方向的延长綫則可交于一点，可結成一个正立放大虛象（图2己）

第三节 透鏡成象的計算公式

从透鏡的成象規律說明，透鏡成象中物距、象距、焦距三者之間存在一定的比例关系，以 u 代表物距，以 v 代表象距，以 f 代表焦距，三者的关系列成基本公式为：

$$1/u + 1/v = 1/f \dots (1)$$

由此基本公式可演变为:

$$u = (V \cdot f) / (V - f)$$

$$V = (u \cdot f) / (u - f)$$

$$f = (u \cdot V) / (u + V) \dots\dots\dots (2)$$

如以 $1/M$ 代表直线放大率, 即可列公式为: $1/M = u/V$, 由上式代入, 即可演变为:

$$V = f (1 + M) ; u = f (1 + 1/M) \dots\dots (3)$$

第四节 透镜的光行差

透镜存在一些光行差的缺点, 常使结成的影象变形。常见的光行差有以下几种:

一, 球面象差: 与主轴平行的单色光线, 这些光线通过透镜后, 会聚的点有前有后, 不能在同一个焦平面上结成清晰的影象。这种现象是由透镜的球面引起的, 所以叫做球面象差 (图3)。

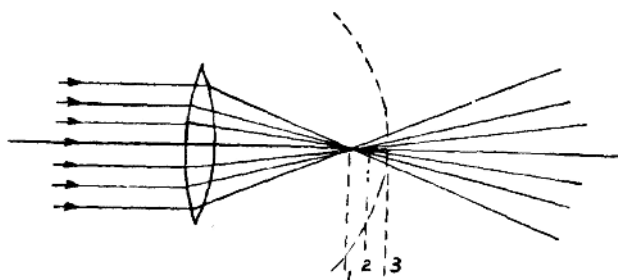


图3 球面抽象

二, 彗星象差: 不在主轴上的发光点斜射到透镜的光线, 穿过透镜后不能在焦平面上结成正常的象点, 却成为彗星形状的光斑, 它的头部明亮, 尾部宽大暗淡而模糊。这种现象就叫做

慧星象差 (图 4)。

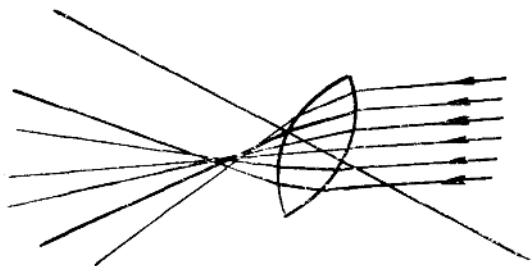
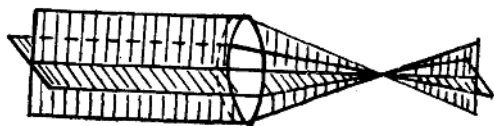
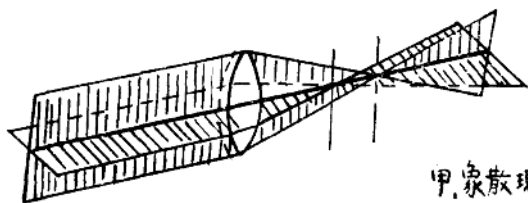


图 4 慧星象差

三，象散：有时，倾斜得很厉害的光束穿过透镜也不能聚成一个焦点，而在焦点前后形成两条焦线，这种现象就叫象散 (图 5)。



乙, 象散是校正示意

图 5 象散

四，象場弯曲：穿过透镜的光线所结成的象点，排列在一个弧形的球面上，这叫做象場弯曲（图6）。

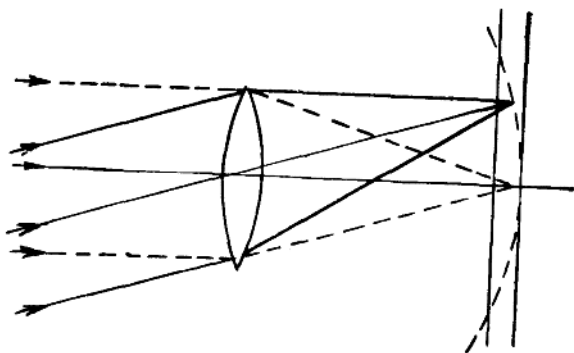


图6 象場弯曲

五，影象畸变：由每一物点发出的光线穿过透镜后，所形成的象点放大率不同，因而失真变形，愈是周緣部分愈变得厉害，这种现象叫影象畸变（图7）。

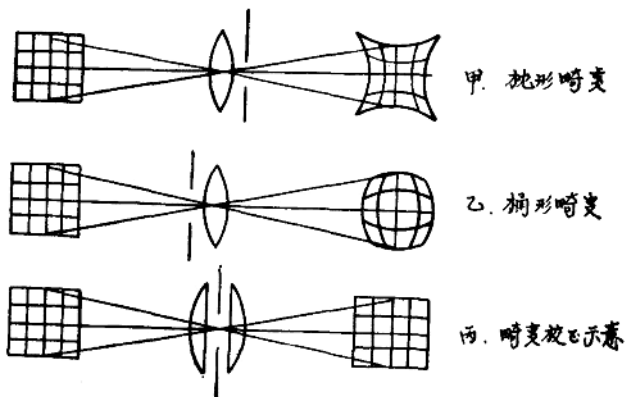


图7 影象畸变

六，色差：由于光的不同波长有不同的折射率，因此不同色光穿过透镜时，即不可能在同一处结成焦点。这种现象叫色差（图8）。

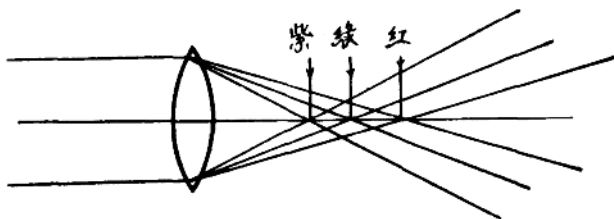


图8 色差

上述各种光行差，在简单的透镜上常常是几种同时并存。这些光行差的缺点，主要在制造透镜时设法加以消除或减少；在使用时只能略加改善，无法完全避免。改善方法是只用中间较少的光孔透光。

第五节 照相镜头及其特性

一、照相镜头的结构：主要包括透镜组、镜头筒、光圈三个部份。

1. 透镜组：是镜头的主要部分。是由多片不同质地，不同形状的透镜组构成，以便能校正各种光行差。它的作用原理全于透镜成象原理。

2. 镜头筒：它的作用是使透镜组固定在一定的位置上，便于实际应用。

3. 光圈：其主要作用是调节镜头通光的孔径。

二、镜头的特性：主要有焦距、象场、相对口径、景深等等。

1. 焦距：从焦点到节点之间的距离。它决定着拍摄时物与象的关系。

2. 象角与象场：从被观察的物体边缘引向视点的直线，即构成视角。视角是立体角，在一定距离内与视点光轴垂直的平面上，所能看到的最大范围近似圆形，从这个圆面积边缘到视点所张的最大视角，即形成尖顶位于视点的无形椎体，在这椎体内，是看得到的视野范围，也就是一点视点上的视场。照相镜头对被摄对象的“视角与视场”称着象角与象场。象场和象角决定了镜头的实用范围，即决定了结成清晰影象的幅面大小和透视效果。

3. 相对孔径：通过镜头的平行光束的直径，叫有效孔径。有效孔径的直径与焦距之比，就叫相对孔径。它是构成照相镜头透光力的主要因素之一。透光力决定着象的明亮程度。

4. 景深：照相镜头成象，实际上并不是物点只能在象点的焦平面上结象清晰，而是某一定物距前后相当长一段距离范围内的景物，都能在同一个焦平面上结成相当清晰的象。与这一清晰象对应的景物的纵长深度，叫做景深。

第二章 感光材料和冲洗的基本知識

感光化学原理在制版中的应用占有很重要的地位。制版就是通过照相镜头，把要拍摄的图形，传达到感光材料上，产生光化作用，把图形记录下来，然后经过化学处理，得到所需要图形。为了便于对制版工艺的理解，下面简单介绍感光材料和冲洗的基本知识。

第一节 感光材料的构造

感光材料由多层物质组成，一般感光片有保护膜、乳剂膜、结合膜、片基、防光晕膜等层。

一、保护膜：在乳剂膜面上涂一层韧性的胶质膜，防止接触时产生的伤痕和灰雾。

二、乳剂膜：是感光材料的主要组成部分，一般用溴化银、氯化银或碘化银粒子调入透明凝胶，均匀地涂布在感光材料的支体上，它起着感光作用，并决定感光材料的性能。

溴化银的感光速度较快，氯化银的感光速度较慢，碘化银的感光速度极弱，但溴化银中如果加入少量的碘化银后，感光灵敏度要比溴化银更高，并能减少灰雾的产生。

银粒粗而大小不均的感光速度较快，反差较弱，灰雾较多，宽容度较大，所得影象的颗粒也较粗，反之，银粒细而均匀的，则感光速度较慢，反差较强，灰雾较少，宽容度较小，所得影象的颗粒也较细。

凝胶：它的品质适合与否，可以决定感光材料的优劣。它

在乳剂中的主要作用有二，一是使銀盐分布均匀，构成乳剂膜，同时使銀盐顆粒間保持不直接接触的状态，可避免未感光的銀粒在显影时与已感光的銀粒接触而被“传染”，另一方面是增加銀盐的感光速度。

三、結合膜：它的作用是增强乳剂膜对片基的附着力，使乳剂膜在冲洗过程中不易脫落。

四、片基：支持感光乳剂膜的透明体。

五、防光暈膜：在感光片背面涂上一层有顏色的防光暈，可以吸收穿透乳剂膜达到基片的多余光綫，防止光暈現象。

第二节 影象的形成过程

感光材料上影象的形成，要經過感光、显影、定影、三个过程，

一、感光过程：感光乳剂是由无数混合在胶质中的卤化銀粒子組成的，每一銀盐顆粒中都有若干感光最灵敏的感光核，而在卤元素同銀元素化合时，卤元素从銀元素中夺取了一个电子，因而两者都失去了元素原有的状态而成为离子。在曝光时，卤化銀顆粒由于吸收了光能，一部分銀离子重新成为原有的原子状态，这种极微小的銀质，在感光核周围逐渐积聚起来，产生显影液可以对它起作用的显影核，无数的显影核便构成了整个的潜影。

二、显影过程：在这过程中，已感光的銀盐顆粒中的卤元素被释放出来，生成另一种卤化物，离开感光材料，轉入显影液中，还原出来的銀元素顆粒則单独留在感光材料上。具体情形是：在显影时，每一銀盐顆粒单位，首先从显影核开始起还原作用，逐渐向銀盐晶体的整体扩展，最后使之完全还原成金屬銀粒。实质上，显影也就是在組成潜影的极微小的显影核周

围集聚许许多多銀原子，使它扩大到可以看見的程度。

三、定影过程：它的作用是洗去显影后仍然留在感光材料上未感光的銀盐，使影象能长期保存，去除感光片上未感光的銀盐的过程：一、卤化銀与定影液的大苏打发生作用，生成不溶于水的硫代硫酸銀。二、硫代硫酸銀繼續与大苏打发生作用，生成硫代硫酸銀鈉盐，硫代硫酸銀鈉盐再与大苏打发生作用，而生成一种可溶于水的复杂性銀盐——硫代硫酸銀二鈉盐，經水洗而除去。

第三节 感光材料的特性

一、感光度：是說明感光材料对光化作用所起的反应能力，通常是指感光材料在一定条件下，經曝光显影后能变黑到某一程度时所需要多少曝光量而言。

二、密度：是指感光片上单位面积上銀粒的沉积量，用以表示变黑的程度。密度是由感光材料乳剂膜中的銀盐，經曝光，显影后还原成金属銀，沉积在支体上而形成的。密度的大小与曝光，显影時間有很大关系，但每一感光材料所能还原的銀粒，都有其最大限度，叫最大光学密度，它取决于銀盐的性质，顆粒大小及其分布状况等条件。

三、寬容度：感光材料能按比例記錄亮度范围的能力就叫寬容度。感光材料上的密度，不仅是随曝光量增加的，而是在达到一定阶段后，还出現感光愈多，密度愈小的反常現象，如图9所示，图中的直綫部份表明了感光材料的寬容度。直綫部份是密度随曝光量的增加而比例增加的部份。直綫部份愈长，寬容度愈大；反之寬容度則小。

四、反差：表达被摄体不同部份的亮度大小的能力叫做反差。有一些感光材料把被摄体不同部份的亮度差別加以扩大，

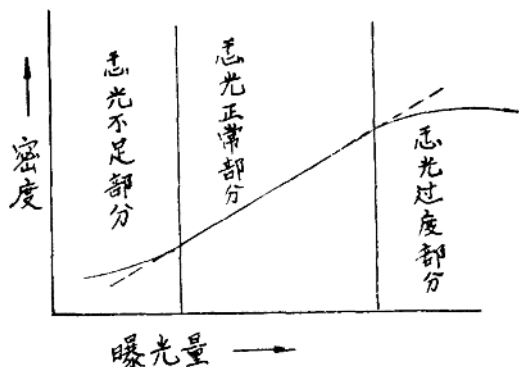


图9 感光材料的宽容度

叫做强反差，也叫硬性；另一些却把亮度差别缩小，叫做弱反差，也叫软性。

五、感色性：感光材料对各种色光的感受能力。叫感色性。如色盲片的感光膜是溴化银及少量的碘化银的混合剂，未加入色素，只感受蓝色，紫色及紫外光线，对其他色光则感受迟钝或不能感受。这类片子感光慢，银粒细，反差强，分析力高。暗室操作时宜用红色安全灯。

六、其他特性：

1. 解象力：能记录影象的最大清晰能力叫解象力，也叫分析力。测试解象力，通常以一毫米宽度内能分析出若干条平行线来表示。解象力高低与银粒粗细，感光乳剂膜厚薄，反差强弱有关。银粒粗，乳剂厚，反差弱的感光片，解象力低；反之解象力高。

2. 颗粒性：感光材料曝光，显影后，形成影象的银粒粗细，叫颗粒性。