

大规模集成电路专用设备
研讨暨学术交流会论文选

一九八四年六月 杭州

前 言

在信息技术飞速发展的今天，作为信息技术重要物质基础的大规模和超大规模集成电路工业在国民经济和国防建设中的地位显得越来越重要。我国的四化建设也必须和发展大规模和超大规模集成电路事业联系起来，不发展这方面的事业，四化建设就缺乏扎实的基础。我国党和国家领导人向来十分重视我国集成电路事业的发展，历次上都曾亲自询问过这方面的情况。为了加强这方面的领导，国务院成立了以万里付总理为组长的国务院电子计算机和大规模集成电路领导小组，统一规划，协作攻关。全国的集成电路科技工作者都受到了很大的鼓舞。

发展我国的大规模集成电路事业，要做的事情很多，要研究新材料、新器件、新电路、新工艺，发展CAD系统，建立科研，开发，生产，应用的联合体等等。但是有一点必须引起我们的重视，那就是要建立起我国自己的集成电路专用设备工业。大规模和超大规模集成电路工业是一个技术密集、资金密集的产业。技术密集表现在它所使用的设备都是非常精密、自动化程度很高的现代化设备；资金密集表现在这些专用设备投资大，价格昂贵。没有这些设备，科研、开发、生产都无法进行。日本在超大规模集成电路方面要和美国争高低，首先抓了超大规模集成电路的专用设备，联合五家公司，组织了超大规模集成电路联合研究所，研制了有关的电子束曝光机等专用设备和工艺，起

到了明显的效果。我国的集成电路工业是否能真正搞上去，最终还要看我国的集成电路专用设备工业是否能真正建立起来，使我国的集成电路事业真正扎根于国内。这样我国的大规模和超大规模集成电路才有赶上国际水平的可能。靠引进设备来制造我国的集成电路是谈不上国际水平的。

“LSI制造与测试”创刊于1980年8月。几年来，在专用设备专家们的支持下，在上级领导部门的关心下，为我国专用设备战线上的同志们沟通了上下，左右之间的联系，互相交流经验，互通国内外情报，为发展我国的大规模集成电路事业做出了贡献。现在这个刊物经过整顿提高，正式成立编委会，扩大了服务领域。我深信今后这个刊物一定能打破部门之间、行业之间的界限，多报道一些我国在专用设备方面的新成就。专用设备与工艺有着十分密切的联系。新的工艺需要有专门为它设计的专用设备，而衡量专用设备的水平，最重要的一条是看做出的工艺质量是否能达到高标准。我希望这个刊物能多报道这方面的经验。

最后，我谨向支持这个刊物的专家们表示衷心的感谢，愿大家在集成电路专用设备战线上取得更大的胜利。

中国科学院学部委员

王守武

1984年4月

大规模集成电路专用设备

研讨暨学术交流会部分论文选(上)

目 录

光 刻 设 备

1. 光学投影微细加工系统焦面附近成像结构的实验研究..... (1)
2. 光电自动调焦..... (10)
3. KHA75—1型接近/接触式光刻机研制概要..... (12)
4. 光刻机光学系统的现状和发展..... (20)

测 试 仪 器

- 光学反射法在线监控的应用..... (28)
- α 台阶测试仪..... (32)

其 他

- 微型机在ZSH—1型自动砂轮划片机的应用..... (35)
- 集成电路专用设备ZCR—1型半自动超声热压引线焊接机..... (44)
- 负型抗蚀剂——1,3DCPA的X射线曝光性能..... (51)
- 远紫外光刻及其光刻胶概况..... (55)
- 远紫外汞氙灯..... (59)
- 我国第一条 $\phi 50\text{mm}$ 半自动光刻线..... (64)
- XQC—1型检查显微镜通过鉴定..... (66)
- 半自动光刻工艺线通过鉴定..... (67)
- 原子吸收分光光度计附件XP—31氢化物发生器
- XP—32石墨炉自动进样器通过鉴定..... (68)
- 1KW远紫外汞氙灯通过技术鉴定..... (69)
- 第三届全国“三束”及超精细工艺技术学术年会征文启事..... (70)
- 机械工业部专用设备会议闭幕..... (71)
- 大规模集成电路专用设备研究讨论暨学术交流会即将在杭州开幕..... (72)

光学投影微细加工系统

焦面附近成像结构的实验研究

清华大学 徐端颐 孙 维 吴建青

内 容 提 要

光学投影法制作微细图形的研究现已进入亚微米领域。但用光学方法传递如此精细的线条会遇到许多新问题。对焦面附近光能分布结构的研究就是其中重要的课题之一。本文介绍在我校1982年研制成的铬版精缩机上进行实验研究的情况,并与相应的理想光学系统及保留一定残余象差时的计算结果进行分析比较,最后对这三者之间的关系进行了初步的探讨。

一、概 述

大规模集成电路及其它新型高频电子器件的发展十分迅速。国际上的发展状况及对微细加工设备的要求如表1所示^[1]。目前生产水平,平均最小线宽在2—3微米(64K RAM的水平),今后一两年内将开始生产的256K RAM,其最细线宽在1.5微米左右。正在研制的超大规模集成电路及微波器件的最小线宽已进入微米及亚微米范围。因此,研制和生产相应的加工设备是一个十分迫切的任务。近年来,电子束曝光、离子束曝光、X射线曝光以及其它高能短波束用于微细加工的研究也取得了很大的成绩。从理论上分析,用这些设备及技术加工亚微米甚至更微细的图形都是可能的。但用光学的方法,主要是用紫外缩小投影曝光的方法,能否达到上述生产要求,过去存在一些争论。主要原因是人所共知的,受到光波衍射极限的限制,但从1978年美国GCA—4800分步投影光刻机开始进入市场并推广应用以来,又广泛引起了技术界的重视,各电子工业及仪表工业发达的国家相继开始这类设备

的研制和生产。以微细加工的投影镜头为例,目前国外已有多多种系列产品可供选用。如国际上销售量最大的西德OPTON生产的微缩投影曝光镜头系列(见表2),其主要技术指标已基本上能满足大规模集成电路在1990年以前的要求^[2]。在我国,这种水平的设备的使用期限可能还会更长。

根据我们试验研究的情况,对此也持乐观态度。在实验室条件下,用h谱线曝光系统,在9000埃厚的正胶上,照出的最细线宽亦能达到0.4~0.5微米的水平,如图1所示。当然还存在视场及线宽一致性等技术问题待深入研究解决(作者将在另一篇论文中讨论),但作者认为当MTF优于40%时,至少在0.8微米以上的尺寸范围内,缩小投影光刻设备无论从生产成本或效率上都具有竞争能力,并有可能成为今后相当一段时期内的主要微细加工生产设备。因此,在这方面开展深入细致的研究,对我国微细加工设备的开发,具有重要意义。紫外曝光投影成像系统焦面附近的有效能量分布的实验研究就是其中课题之一。国外出于不同目的也有人从事这方面的研究工作^[3]。本实验主要是根

表2 OPTON 投影光刻微缩镜头的主要技术性能

类型号	倍率	视场	工作谱线 (nm)	孔径	分辨率 (微米)
107740	1/4	$\Phi 17.6$	395~445	0.18	2
107790	1/5	$\Phi 14.5$	436	0.25	1
107806	1/5	$\Phi 29$	436	0.20	1 ₁
107739	1/10	$\Phi 8$	405	0.28	1
107782	1/10	$\Phi 14.5$	436	0.28	1
107834	1/10	$\Phi 11.6$	365	0.32	0.7
107835	1/10	$\Phi 10.2$	405	0.35	0.7
107808	1/10	$\Phi 9$	365	0.36	0.7
107802	1/10	$\Phi 7$	436	0.42	0.5

二、实验方法及内容

成象系统在理想象面位置及象面附近的光强分布, 焦深等参数均有完整的计算方法(在下一节中将作对比)但从工程实践中早已感到不能完全反应实际系统的情况。过去由于以下两方面的原因, 没有仔细作这方面的实验。第一, 加工的线条较粗, 宽容度大, 矛盾不突出。第二, 没有高分辨率的曝光设备, 高精度的可自动控制及调节的调焦系统及准确的曝光能量控制系统, 工艺重复性不好, 不能进行精细图形曝光实验。国外所用的典型实验方法是所谓“光楔法”^[4], 即使感光版呈一定倾角(例如 30°)放在像场中曝光, 构成一系列反应焦面不同位置的图形。这种方法比较简单, 但效果不太理想。一方面实验重复性不好(在换版后不易找到相同位置), 另一方面倾角对曝光成像质量有影响, 加上镜头对子午和弧矢方向的分辨率并不完全一致, 不易分清影响因素。

我校在研制ZLJS-75型铬版精缩机时考虑了这种需要。除保留了曝光能量的有效谱线积分曝光控制系统外, 还增加了改变照明相干度的机构, 同时又进一步提高自动调焦系统的精度, 作到在 ± 100 微米范围内跟踪精度优于 ± 0.25 微米, 并且可在 ± 20 微米范围内可精确指示铬版与镜头之间相对位置。该机在自动跟踪范围内的残余误差如图

2所示。在理想焦面附近20微米处的残余误差小于0.1微米。

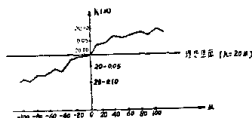


图2 自动调焦系统残余误差(实际测量值)

系统的其它参数为: 镜头倍率 $1/5^*$ 、 $1/10^*$, 工作谱线为 405nm , 数值孔径均为 0.28 , 光源用 400W 高压汞灯, 加窄带滤光片。实用图形为像方 1 微米单线。为了分析直角部分成像质量, 在 1 微米单线中交接了 5 微米的线段, 如图3所示, 并用分步机制成能充满 4×4 视场的一次版图, 并将这种 10^* 的版图翻成铬版后使用。掩模上的单线实际尺寸经测量为 9.9 微米



图3 实验图形

为了更好的反应象面附近各截面的曝光情况, 特选购了国产的薄胶暗铬版, 胶层厚度为 6000埃 , 材料为AZ1350, 先进行工艺实验, 确定最佳的曝光时间为 0.4 秒(名誉值)工作环境恒温 20°C , 恒湿 $45\sim 50\%$ 。最佳显影时间为 30 秒。为避免牵连其它工艺因素, 不腐蚀。当然要精确作出高质量的 1 微米的图形, 工艺上还有许多细节问题, 此不详述。

用该机进行正式实验之前, 校正了工作台面与主镜头的垂直度——全行程内(80 毫米)偏差小于 1 微米。另外用精度为 0.2 微米的扭簧仪在焦面 ± 20 微米范围内, 对自动调焦仪的指示精度进行校核。其结果如图4所示。在相同的工艺条件下, 在理想焦面附近按 1 微米或 2 微米的间隔, 对同一位置同

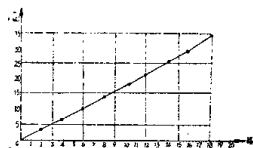


图4 自动两焦仪示值精度校正曲线

一图形曝光，显影后在扫描电镜下观察如图5所示，共12个截面，实验范围共20微米，间隙公称尺寸为2微米，修正后的实际尺寸从图5(a)~图5(i)分别为-11.38微米，-9.21微米，-6.75微米，-4.36微米，-2.08微米，0，+1.07微米，+2.13微米，+4.08微米，+5.91微米，+7.96微米，+9.74微米。靠近镜头方向为“+”，远离镜头方向为“-”。在确定自动调焦仪“0”



图5(c) $\Delta Z = -6.73$ 微米

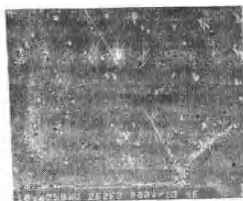


图5(d) $\Delta Z = -4.36$ 微米

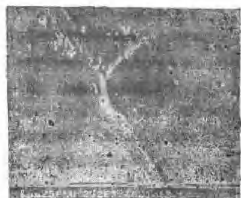


图5(a) $\Delta Z = -11.38$ 微米



图5(b) $\Delta Z = -9.21$ 微米

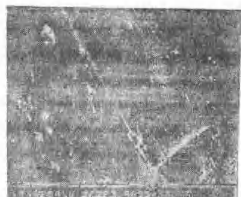


图5(e) $\Delta Z = -2.08$ 微米

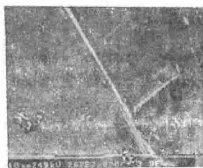


图 5 (f) $\Delta Z = 0$



图 5 (i) $\Delta Z = +4.08$ 微米



图 5 (g) $\Delta Z = +1.07$ 微米



图 5 (j) $\Delta Z = +5.91$ 微米



图 5 (h) $\Delta Z = +2.15$ 微米

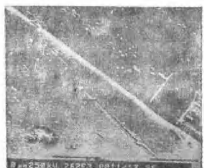


图 5 (k) $\Delta Z = +7.96$ 微米

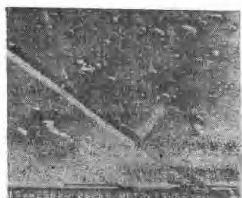


图 5(1) $\Delta Z = +9.74 \mu\text{m}$

点位置（即指真实像面）时是用高倍（400 $\times$ ）显微镜凭目视确定的，但从2000 $\times$ 扫描电镜下对实际曝光的图形观察，最佳像面在（f）截面，偏离设定位置4.08微米，关于这个问题，以后还要分析。

图5，在理想像面附近 ± 20 微米处12个截面内对同一点用厚度为6000 $\text{\AA}$ 的光致抗蚀剂曝光所得照片细线宽为1微米，粗线宽为5微米，扫描电镜放大率为2000 $\times$ ，从图5(a)到图5(1)实际截面位置为 -11.38μ ， -9.21μ ， -6.73μ ， -4.36μ ， -2.08μ ， 0 ， $+1.07\mu$ ， $+2.13\mu$ ， $+4.08\mu$ ， $+5.91\mu$ ， $+7.96\mu$ ， $+9.74\mu$ ，靠近镜头方向为“+”远离镜头方向为“-”，从图中观察最佳像面在（i）位置即 $+4.08\mu$ 位置，而在同一波长下目视测量确定的“最佳”象面是“0”点，即（g）位置。

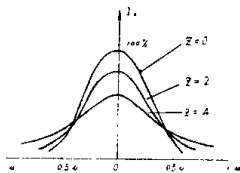


图 6 高度为1微米线条的相对光强分布

图5所列的样片用600 $\times$ 光学显微镜观察时图5(h)，(i)，(j)，(k)之间差别不明显，被认为在焦深范围，这四组图形之间在Z向的间隔为5.83微米，与理论“焦深”5.6微米相符，但在2000 $\times$ 甚至更高一些，在5000 $\times$ 的扫描电镜下观察，图5(h)，(j)与最佳像面(i)相比，也已看出差异。尤其在1微米线条与5微米宽线的交接处的直角及边缘锐度更明显，这时偏离(i)面不过1.95微米及1.83微米，根据我们另一组实验（间隔为1微米）发现只有在(i)面附近1微米以下时，不能作到图形质量基本不变。至于照明的影响，由于不可能作到改变相干度的同时，保持像面照度不变，所以在本实验中没有调整相干度，但根据另一组工艺实验得到的数据同样证实这一结果，即焦深小于理论值，至于在这一范围内光能分布变化具体数值，很难直接测量，主要靠计算分析。

三、无象差投影成像系统在焦面附近的光能分布

研究成像空间的光能分布，必须考虑照明方式。因为相干照明，部份相干照明及非相干照明对投影成像系统的光能分布的影响是不同的。关于这个问题已有专著研究^[1]，这里不再详细讨论。从整个系统的分辨率考虑，一般来说用非相干或部分相干照明。在这种情况下，象平面上的光强分布主要是由透镜孔上的夫朗和费衍射产生的。为了对光学象结构获得更加完全的了解，不仅需要分析几何焦平面上的光能分布，而且还必须研究这个平面附近的光能分布。了解焦面附近的光分布状态，对于确定成像系统中各定位面的公差具有重要意义。按照衍射理论，在焦点附近的光强分布为：

$$I(u, v) = (2/u)^2 [u_1^2(u, v) + u_2^2(u, v)] I_0$$

$$(1)$$

$$(1) \text{ 式中: } u = 2\pi/f(a/f)^{1/2}Z$$

$$(2)$$

$$v = 2\pi / f (a/f)^2 \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

$$I_0 = (\pi a^2 |A|^2 / \lambda f^2) \quad (4)$$

(2), (3), (4) 式中, a : 光栏半径, f : 焦距, z : 离焦量。

x, y : 象平面座标, u_1, u_2 , 洛梅尔函数

其中 $NA = 0.28$ $\lambda = 0.4$ 微米

$f = 28$ 毫米

因为 u_1 是奇函数, $u_1(-u, v) = -u_1(u, v)$, u_2 是偶函数, $u_2(-u, v) = u_2(u, v)$, 可以看出, $u = -u$ 时, 强度 $I(u, v)$ 不变。

即 $I(u, v) = I(-u, v)$ 。由此可知, 仅从衍射的角度分析, 在焦面附近光强分布对于任何焦平面应该是对称的。令线条宽等于 1 微米, 可计算出几种离焦下强度分布公式。如果光源认为是非相干的, 波长选用 0.4 微米, 则可根据计算在 $x-y-z$ 座标系中标出光强的三维分布。为了简化计算取 $y=0$, 对于 1 微米线条的截面在离焦量为 0, ± 2 , ± 4 , 微米时的强度分布, 如图 6 所示。如上所述, 对理想光组, 光强的三维分布对于焦平面是对称的, 所以只需计算象的一侧。

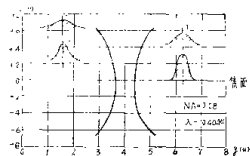


图 7 焦面附近光强分布与焦深曲线

若将计算结果按 z 轴偏离的位置画出光强分布图, 则可得到 1 微米单线通过理想镜组在最佳像面附近的光强分布, 如图 7 所示, 为便于与实验结果比较, 取光强 $1/4$ 值各点联成曲线, 从图中可看出当离焦量为 ± 2 微米时曲线仍较陡直, 即线宽变化不

大, 约 10% 左右, 但光强分布变化较大, 最大光强下降几乎 30%, 其中, 部分原因是图形散布面积略有增大造成, 另一方面就是分布曲线的斜率已减小, 在工艺上可能会认为曝光量不足。当进一步增大曝光量时, 则可能得到的线条已超过 1 微米, 这正是微细图形不易制作的原因之一。

四、非理想光学系统 焦面附近的成象质量

以上分析的是象处理理想光学系统, 完全从衍射角度分析在焦面附近的光强分布变化情况。实际上, 任何镜头的光学系统, 即使不考虑材料、加工、装配、调试的误差, 也仍会保留一定的残余象差。这些单项的残余象差在镜头设计时已有一定的要求。其综合影响主要靠调制传递函数来评价, 所以有时和夫朗和费衍射时的情况不同。另外, 设计人员为了减少残余象差对象质的影响, 往往把残余象差设计成向一个方向变化。遗憾的是目前对高分辨率的光学系统的传递函数尚无很方便的测试方法。用目视法测分辨率无法得到定量结果, 且很不精确, 不能满足微细加工技术的要求。因此只能用计算机打出在焦面附近的传递函数。通过对同一传递函数值下的频率分布进行的分析, 亦可发现光强分布及线条宽度与单一的夫朗和费衍射时的情况不同。例如将上述同一光学系统在中心视场和 0.5 视场在离焦量分别为 0, -1.5 微米, -2 微米, -2.5 微米, +1 微米, +2 微米时的光学传递函数作成图 8。图 9 所示曲线可以看出: 光学传递函数的变化比较复杂, 不仅不与理论焦面对称, 而且传递最佳的位置并不在理论焦面。另外, 变化趋势与视场有关, 为了找到对中心视场与 1/2 视场都比较好的位置, 取传递函数的同一公共值, 例如 0.4 的各点作成曲线, 如图 10 所示, 可看出对这部分视场的最佳分辨率象面是在离焦 -2.3 微米处。当然

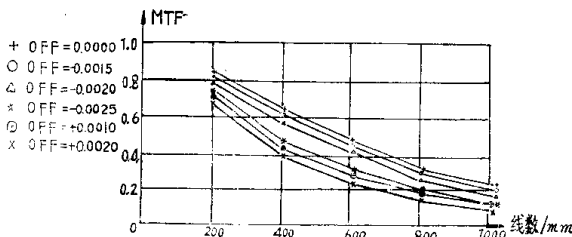


图8 中心视场焦点附近的传递函数曲线

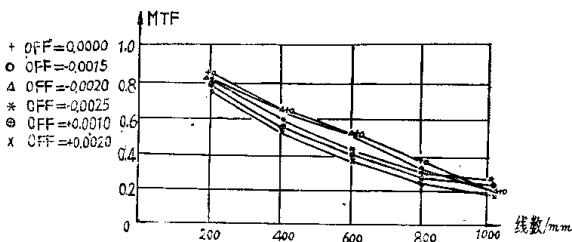


图9 1/2视场焦点附近的传递函数曲线

与上一节理想光学系统完全根据衍射理论计算的结果不同，主要由于各种象差的综合影响。以上只分析了中心视场及1/2视场的情况，对于边缘视场情况还会不一样，所以，在这类镜头的设计时会出现同样的数值孔径，实际分辨率和焦深有很大差别的情况。

在实际工艺实验中，已经无法找到“理论”焦点，而往往是以最“清晰”的位置作焦点，实际上可能就是上述已离焦的位置。（因为还要引进制造误差，肯定曲线又有所变化）。值得注意的是在作图10的曲线时所取的传递函数值为0.4，如果取其它值，曲线又不一定在同一位置。这一点正是对工艺实验中发现的在不同视场，或加工不同线宽的图形焦而“变了”的正确解释。至于瑞

利判断，光学传递函数，“有效”分辨率之间的关系，目前尚无统一意见，这里不予讨论。另外以上列举的数据也并非最佳设计结果，但可以肯定，在进行光学设计时，考虑

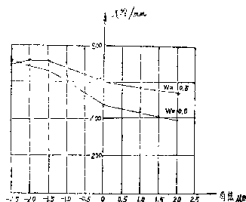


图10 传递函数取同一值(0.4)时，中心视场与0.5视场离焦时的分辨率的变化。

上述后果,无疑是很有益的。

五、结 论

通过以上实验与理论分析计算可以初步看出,在实际投影曝光系统的象面附近光能分布情况十分复杂;一般常规的衍射理论进行的计算只是一个近似结果;“焦深”的定义和确定原则对于光学微细加工来说有必要进行特殊讨论;用于微细加工的投影光学系统的设计参数精度指标与象质评价最好的办法是靠工艺试验,而这种试验应有一套统一的规范和设备。

最后,乘此机会向协助我们进行工艺试验的电子部1413所的韩安云等同志,1125所的陆小龙等同志表示衷心感谢。没有他们的支持是不能完成这一实验的。

参 考 资 料

1. Mari Long "Semiconductor Micro-lithography" Ⅱ SPIE Vol.275, P.2—8, 1981

2. A. F. Fasek "Optical Engineering" Marek/April Vol. 22, No. 2, P. 176—180, 1983

3. R. Newman "Fine Line Lithography" P.166—177, 1980

4. Paul Tigrat "Developments in Semiconductor Microlithography" Ⅱ 1979, SPIE Vol.174, P.37—45

5. M.波恩, E.沃耳夫 "光学原理" 上册 P568—579, 1982

6. 徐瑞国、陶振元, 清华大学学报, Vol. 23, No.4, P.79—89, 1983

7. T.H. James "The Theory of the Photographic Process" P.592—670, 1977

8. R. Snaw "Selected Readings in 1976 Evaluation of Photographic Image" P.1958—1975, 1976

9. W.R.Livesay, J.S.Greenreich, J. E.Wolfe, R. J. Falker "Solid State Technology" Vol.26, No.9, P.137—142, 1983

(上接第11页)

为零。

原始状态:

标准聚焦位置是预先给定的,它使放大线路的输出为零。此时处在准备工作状态。

工作状态

当工作台运行完成后,由计算机接口给出调焦信号。由于硅片不平,引起镜头至硅片之间距离发生变化,放大线路产生输出电压。电压保持器开始工作,当保持器电压与放大线路电压相等,将电压保持住,并加到高压驱动器上,使压电陶瓷获得高压,产生对应位移 ΔS ,并带动镜筒,使镜筒产生移动 S 。

$$S = K \Delta S$$

K 为机械放大率。当保持器停止工作时,产生曝光信号,经延时输出给计算机接口。开始曝光,曝光完毕由计算机接口给出

置零信号,使保持器置零,等待下步工作。

四、结束语:

为了使调焦系统达到理想的精度,必须对硅片最大挠曲给予限制,并对抗蚀剂的厚度、硅片图形的阶梯差及透镜的加工精度给予注意。

本装置要与整机牢固地联接,避免由于振动引起的噪声。

本装置由于使用发光二极管作为光源,对曝光及整机没有热影响。

自动调焦是制作细线条的光刻制版设备的一项不可少的技术。光电自动调焦方法灵敏度高、工作可靠。国外利用红外光电调焦技术成熟可靠。对于国内一些元器件指标尚须提高。我们也刚刚做了一些工作,了解得不够全面,希望有关专家和同志们指正。

光电自动调焦

电子工业部四十五所

张天真 张富贵

提 要

为了提高大规模集成电路的集成度,要求图形几何尺寸越来越小,而硅片的尺寸却越来越大。这样对于照相制版系统要有良好的聚焦。本文叙述了适用于直接分步曝光机的光电自动调焦系统,调节范围 20μ ,最小当量为 1μ 。

随着半导体集成电路不断地向高速度和高集成度方向发展,在大的硅片上制作微细图形技术便成为一个重要的课题。这就要求良好的聚焦。国外用直接分步光刻机可以在3英寸、4英寸以至5英寸的硅片上直接分步 1μ 或更细的线条。美国GCA公司的最新系列产品6000系列,能在5英寸硅片上制作小于 1μ 的线条。国内许多厂家也在研制直接分步光刻机或类似设备。在 2 ± 3 英寸硅片上分步曝光 $1 \sim 2\mu$ 线条。使用镜头的数值孔径NA为 $0.3 \sim 0.25$ 之间,景深约 $5 \sim 6\mu$ 。对于硅片直径较大者,特别是对于3英寸以上的硅片,在直接分步曝光的过程中,由于硅片表面挠曲和片厚的差异都直接影响着曝光质量。这样就要要求每次曝光要有良好的聚焦平面。虽然工作台对硅片有吸平装置,但仍残存着较大的挠曲。为了制作 $1 \sim 2\mu$ 的细线条,并保证图形的完整,每次曝光在硅片上的调焦范围不能超过 $\pm 1 \sim 2.5\mu$,因此需要系统中具有不断调节焦平面的机构。

目前自动调焦装置有气动和光电两种。本机采用光电自动调焦。

一、基本原理

当光线入射到镜面上时,遵守反射定律。光线a入射到镜面M,沿b方向反射,当镜面M向下(或向上)垂直移动时,入射

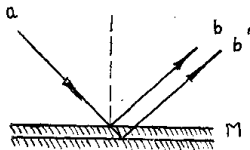


图 1

点改变,反射光位置平移,沿 b' 方向反射。测量距离 bb' ,即可以得到M的移动量。线性移动量经过电器处理后,控制压电陶瓷,以压电陶瓷的伸缩控制镜筒升降,达到自动调焦的目的。

二、装 置

由光源发出的光,经聚光镜成像于光栏处。光栏小孔的象成像在硅片上。反射后再成像在四象限光电探测器上。

硅片的上下移动,使得光栏孔的象在四象限光电探测器上移动如图3。

光电探测器有 $\phi 6\text{mm}$ 圆形的光敏面。当光敏面有光照时,四象限有电流输出。电流随光强变化而变化。当四个象限受光面积不等时,四个象限的输出电流也不等。四象限输出接到差动放大器上,经过电器处理后,

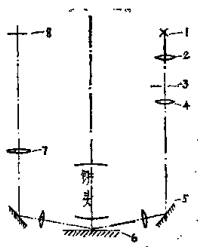


图 2

1. 发光二极管 2. 聚光镜 3. 光栏
4. 透镜组 5. 反射镜 6. 硅片
7. 透镜 8. 四象限光电探测器

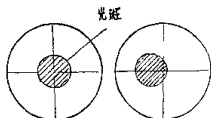


图 3

信号转变为电压信号接到压电陶瓷上，通过压电陶瓷伸缩控制整个镜筒升降达到自动调

焦目的。此时透镜和中间版同时移动，故信率不变。

三、电器信号处理

二路前置放大器将四象限探测器的输出电流放大成二路同相的电压。二路同相电压同加在差分放大器的两个输入端，经差分放大后变成单路电压信号，然后经一级放大器和一级倒相器获得两路等值反相直流电压。线路如图 4。

放大线路将四象限的光斑的微量位移变成对应的电压变化。

由电压保持器将电压正的一路保持住，并加入高压驱动电路进行100倍放大，转变

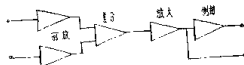


图 4

成高压输出。另一路负电压同时也使另一保持器输出零。同时使高压驱动器的一端为零。此时压电陶瓷两端获得一定数量的高压，线路如图 5。



图 5

工作原理：

四象限探测器的输出是时刻随硅片表面的高低而变化的。也就是说，开机后四象限探测器就有一定的输出，使放大线路也对应有一定的电压输出，对应关系为

$$V_1 = KV.$$

理想数据是硅片变化为 1μ ，电压对应为

1 V。（实际值略有出入）硅片最大变化量为 10μ 时，放大线路输出为10 V，经高压驱动压电陶瓷上为100V，最大为1000V。放大线路的输出始终在电压保持器的输入端。但电压保持器由电路控制输出，保持为零电压。高压驱动不工作，压电陶瓷上两端电压

（下转第 9 页）

KHA75—1型接近/接触式光刻机研制概要

——一种对准精度可传递的新系统——

—〇九厂 原锡铎

KHA75—1型半自动光刻机是由中国科学院109工厂负责课题主设计,机械部哈尔滨量具刀具厂和阿城继电器厂参与改进设计,在机械部仪表局、黑龙江省机械局的组织下,共同研制成功的。

一、整机的结构特点及其主要性能

KHA75—1型样机其特点如下:

(1) 硅片最大光刻面积可达 $\phi 3"$ ($\phi 76\text{mm}$), 又可以通过交换掩模板架—承片台附件, 光刻 $\phi 2"$ ($\phi 51\text{mm}$) 和 $\phi 25 \sim \phi 40\text{mm}$ 的标准和非标准的硅片。KHA75—1型双工位送片系统所适应的硅片范围比国内外光刻机要宽, 尤其比较适于国内多数为小硅片工艺情况。

(2) 高质量曝光系统: 样机的复眼、多谱线曝光光源结构具有与目前较先进的日本PLA—500系列光刻机的消衍射和驻波效应相当性能。由于我们新研制的“数字光量积分器”的精度要比当前国外通用的线性光量积分器(70~80%)高, 有助于提高曝光系统的复印质量。

(3) 电感无接触式曝光间隙设定系统。比国内采用的双弹性薄膜—气压间隙设定, 以及国外比较先进的气动量测—丝杆间隙设定系统具有精度高, 使用条件不苛刻, 重复性好的优点。

(4) 在接触法曝光时, 掩模变形量最小。目前国外接触法光刻掩模变形量在10~30微米, 国内更为严重, KHA75—1型系统

可控制掩模变形量达 2μ 。

(5) 硅片与掩模接触时的对位漂移量可以忽略。

接触错位是光刻机的严重问题, 日本PLA—500F较为理想但仍有1~ 2μ 漂移量, KHA75—1型系统由于对比较合理的微分离导向——载片台结构可以使错位量减小到0.3微米以下。

(6) 新式的对准系统:

具有精密、灵活、平稳和操作方便的特点。新颖的分离视场显微镜象质清晰, 视场大, 倍率高, 在不变更目镜物镜情况下可以使总放大倍数提高1倍, 便于较高精度的瞄准。可以整个硅片大扫描的观察对位。

(7) 具有国外同类型光刻机相当的接近/软接触/硬接触三种曝光方式, 适合工艺范围较宽。

二、关于KHA75—1型接近/接触式光刻机研制中的几个问题

掩模与硅片的间隙设定、减少接触复印中掩模变形和克服硅片接触对位精度的漂移是接近/接触式光刻机三个关键问题。日本CANON公司称间隙设定机构是接近式光刻机“最重要机构之一”。美国IBM公司不惜功本设法改进掩模与硅片片盘结构, 光刻机专家莱恩承认KASPER—2001型没有解决好接触精度漂移。

1. 接近式曝光的间隙设定

硅片与掩模之间设定对接近法曝光质量

国内外接近/接触式光刻机性能比较

光刻机型号	JKG-8	JK-1	KASPER 2001	MJB55W2	PLA-500F	KHA75-1
硅片尺寸	$\phi 2''$ ($\phi 51\text{mm}$)	$\phi 2''$	$\phi 2'' \sim 3''$	$\phi 2'' \sim \phi 5''$	$\phi 2'' \sim 4''$	$\phi 3''$, $\phi 2''$ $\phi 25 \sim 45\text{mm}$
曝光方式	接近/接触	接近/接触	接近/接触	接近/软接触 /硬接触	接近/软接触 /硬接触	接近/软接触 /硬接触
照明方式	复眼	复眼	多面反射镜	复眼	复眼	复眼
光源	H.g	H.g	H.g	H.g	I.H.g	I.H.g
均匀性	5%	8%	8%	$\pm 3\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
分辨率	$3.5\mu/20\mu$ 同隙	$3\mu/15\mu$ 同隙	接近或不可靠	$2.5\mu/15\mu$ 同隙	$2.5\mu/15\mu$ 同隙	$2.5\mu/15\mu$ 同隙
分离量	方式丝杆、膜片气缸式	膜片气压定值式	丝杆、气缸式	三支点、丝杆 电机式	气压测距—丝 杆式	电感无接触法
设定	精度		可靠性差	$\pm 3\mu$	$\pm 3\mu$	$\pm 2.5\mu$
接触复印时 掩模变形量			$30\mu \sim 50\mu$		$10\mu \sim 20\mu$	$2 \sim 5\mu$
接触错位量			较明显	不明显	$< 1 \sim 2\mu$	0.2μ
显微镜	$100 \times \sim 300 \times$	$90 \times \sim 260 \times$	$\sim 300 \times$		$50 \times \sim 300 \times$	$75 \times \sim 400 \times$
送片方式	片架	片架自动送片	片架自动送片	片架自动送片	片架自动送片	双工位半自动
备注	上海 光学机械厂	四川 光电所	美国	西德	日本 CANON	一〇九工厂 哈鲁 阿德

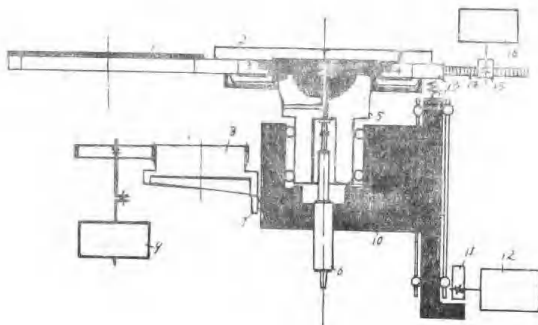


图 8

影响很大。间隙设定不稳,曾经是72年英国
 别克精密机械公司的MICROLINER接近式
 光刻机失败的重要原因之一。

图3为KHA75-1型接近/接触式光刻
 机电感监控分离量间隙设定系统原理图。

(1) 硅片3背面由真空吸附在承片台
 4上,随升降组10一起上升。当硅片3边缘
 一圈与基准板2定位面接触时,承片台的密
 封圈已经罩住基准板2下面的真空腔体,并
 转入真空接触,同时硅片背面瞬间通一下大
 气,以让硅片与基准板的表面找平,又马上
 被吸在承片台上。这时硅片、承片台、微分
 离组的中央导向柱5被真空连在一起。

(2) 微调步进电机9通过无侧隙传动
 链带动凸轮8转动,此时升降组缓缓下降,
 当中央导向柱5的下方支承面与升降组的支

承面瞬间开始分开时,电感测头随时不断发
 出分离量的信号——当达到设定分离量间隙
 GA时,电机9停止转动,承片台处的真空
 腔接通大气。硅片承片台、微分离组的导向
 柱下承面一起落在升降组的支承面上,此时
 硅片表面与基准板2定位面的间隙等于设定
 值GA。

(3) 接着电机12启动带动偏轮11,迫
 使升降组快速下降。当硅片表面降到掩模滑
 板13下表面以下时,(此时凸轮8和升降组
 滚轮7已脱离)滑板13在电机16通过齿轮齿
 条带动下,快速将基准板2移开。同时掩模板
 送到硅片上方,电机6停,电机12又带动升
 降组与硅片一起恢复到(2)过程的已调好的
 分离量,凸轮与滚轮7的接触时位置由于掩
 模面与基准板定位面是共平面,所以硅片与

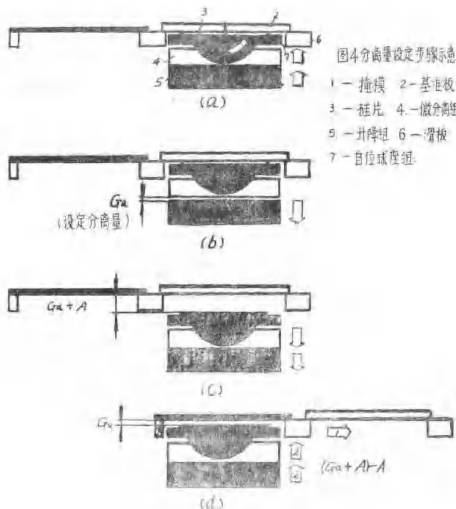


图4 为分离量设定过程简明示意