

# 极紫外投影光刻掩模阴影效应分析

曹宇婷<sup>1,2</sup> 王向朝<sup>1,2</sup> 步 扬<sup>1,2</sup> 刘晓雷<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院上海光学精密机械研究所信息光学与光电技术实验室, 上海 201800)

<sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100049

**摘要** 极紫外(EUV)投影光刻掩模在斜入射光照条件下,掩模成像图形位置和成像图形特征尺寸(CD)都将随入射光方向变化,即存在掩模阴影效应。基于一个 EUV 掩模衍射简化模型实现了掩模阴影效应的理论分析和补偿,得到了掩模(物方)最佳焦面位置和掩模图形尺寸校正量的计算公式。掩模(物方)焦面位置位于多层膜等效面上减小了图形位置偏移;基于理论公式对掩模图形尺寸进行校正,以目标 CD 为 22 nm 的线条图形为例,入射光方向变化时成像图形尺寸偏差小于 0.3 nm,但当目标 CD 继续减小时理论公式误差增大,需进一步考虑掩模斜入射时整个成像光瞳内的能量损失和补偿。

**关键词** 光学制造;极紫外投影光刻;掩模;阴影效应;严格电磁场仿真

**中图分类号** O436 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS201232.0805001

## Analysis of Mask Shadowing Effects in Extreme-Ultraviolet Lithography

Cao Yuting<sup>1,2</sup> Wang Xiangzhao<sup>1,2</sup> Bu Yang<sup>1,2</sup> Liu Xiaolei<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> Laboratory of Information Optics and Opt-Electronic Technology, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

<sup>2</sup> Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract** In extreme-ultraviolet (EUV) lithography with off-axis illumination, the mask shadowing effects occur such as the orientation dependent pattern shift and critical dimension (CD) variation. Based on a simplified mask diffraction model, a theoretical analysis of the mask shadowing effects is proposed. The calculation formulas for the best mask (object space) focal-plane position and the correct value of mask pattern size are derived and used to compensate the mask shadowing effects. When focal plane of the mask is positioned on the equivalent plane of the multilayer, the pattern shift amount is reduced. When the mask pattern size is corrected using the derived formula, taking lines with the target CD of 22 nm as an example, the imaging CD bias is below 0.3 nm. However, with the decrease of the target CD, the formula error increases. It is necessary to consider the compensation of energy loss within the whole pupil that is caused by the off-axis illumination.

**Key words** optical fabrication; extreme-ultraviolet projection lithography; mask; shadowing effects; rigorous electromagnetic field simulation

**OCIS codes** 050.1755; 220.3740; 110.3000; 110.7440

## 1 引 言

极紫外(EUV)投影光刻作为下一代光刻候选技术之一,是深紫外(DUV)投影光刻向更短波段的合理延伸。不同于 DUV 光刻,EUV 光刻成像系统

中投影物镜和掩模均为反射式设计<sup>[1]</sup>。掩模厚度远大于入射光波长,在斜入射光照条件下,掩模成像图形位置和成像图形特征尺寸(CD)都将随入射光方向变化,即存在与入射光方向有关的掩模阴影效

收稿日期: 2012-03-06; 收到修改稿日期: 2012-03-29

基金项目: 国家自然科学基金(60938003)资助课题。

作者简介: 曹宇婷(1985—),女,博士研究生,主要从事极紫外投影光刻掩模成像技术方面的研究。

E-mail: cytoe@163.com

导师简介: 王向朝(1957—),男,研究员,博士生导师,主要从事信息光电子技术方面的研究。

E-mail: wxz26267@siom.ac.cn(通信联系人)

应<sup>[2~5]</sup>。为保证光刻成像质量,满足 CD 均匀性、套刻对准精度等要求,需对掩模阴影效应进行分析和补偿。

由几何光学可知,掩模阴影效应与入射光方向余弦、掩模厚度成线性关系<sup>[6,7]</sup>。在光刻成像系统中,通过选择合适的掩模(物方)焦面位置可减小图形位置偏移,而 CD 的变化可通过校正掩模图形尺寸进行补偿<sup>[4,5]</sup>。但 EUV 掩模与入射光场间存在复杂的电磁场相互作用,掩模焦面位置和掩模图形尺寸校正量都不再满足传统的几何关系式。目前的文献大多都采用了严格仿真算法[如时域有限差分(FDTD),波导法<sup>[8]</sup>等]来计算掩模衍射场分布和分析掩模阴影效应。严格仿真虽然准确,但其计算量大计算速度慢,且缺乏对掩模阴影效应的理论分析。

对掩模吸收层和多层膜结构分别建模,之前已提出了一个计算掩模衍射场分布的掩模衍射简化模型<sup>[9,10]</sup>。本文即基于该模型对掩模阴影效应进行了理论分析和补偿,得到了掩模最佳焦面位置和掩模图形尺寸校正量的计算公式。根据该公式对掩模阴影效应进行补偿,其结果采用光刻仿真软件 Dr. LiTHO<sup>[11]</sup>进行验证。

## 2 理论模型

### 2.1 掩模衍射简化模型

典型的 EUV 掩模结构如图 1 所示,由吸收层和多层膜两部分组成,  $w_s$  和  $p$  分别为掩模图形尺寸和图形周期。入射光波长  $\lambda$  为 13.5 nm,入射角  $\varphi$  和方位角  $\theta$  分别为入射光方向与  $z$  轴的夹角和入射光方向在  $xy$  面上的投影与  $x$  轴的夹角。此外,入射光方向还可采用方向余弦表示,  $(\alpha_{in}, \beta_{in}) = (\sin \varphi \cos \theta, \sin \varphi \sin \theta)$ ,  $\alpha_{in}$  和  $\beta_{in}$  分别为入射光方向与  $x$  轴和  $y$  轴夹角的余弦值。由于掩模厚度远大于入射光波长,传统的基尔霍夫标量衍射理论<sup>[12]</sup>在计算掩模衍射场分布时并不适用。为此,文中采用一个 EUV 掩模衍射简化模型来计算掩模衍射场分布,以此为基础实现对掩模阴影效应的理论分析。

EUV 掩模衍射简化模型中,吸收层和多层膜采用不同方式建模。掩模衍射过程如图 2(a)所示,斜入射光经过吸收层衍射、多层膜反射最后再次经过吸收层衍射。EUV 掩模衍射谱描述为<sup>[10]</sup>

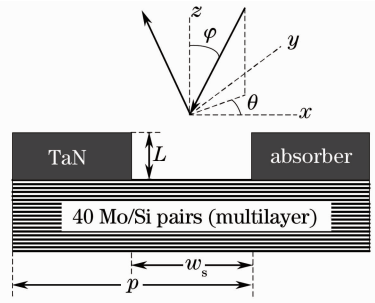


图 1 EUV 掩模结构

Fig. 1 EUV mask structure

$$G(\alpha_n, \beta_n) = \int F_{\text{thick}}(\alpha_n, \beta_n; \alpha_m, \beta_m) R(\varphi_m) \times F_{\text{thick}}(\alpha_m, \beta_m; \alpha_{in}, \beta_{in}) d\alpha_m d\beta_m, \quad (1)$$

式中  $(\alpha_{in}, \beta_{in})$  和  $(\alpha_n, \beta_n)$  分别代表入射光和衍射光方向(方向余弦);  $F_{\text{thick}}$  为吸收层衍射谱函数;  $R$  为多层膜反射系数,其值与多层膜上方的入射角  $\varphi_m$  有关,  $\cos \varphi_m = \sqrt{1 - \alpha_m^2 - \beta_m^2}$ 。上式可理解为:方向为  $(\alpha_{in}, \beta_{in})$  的入射平面波经吸收层衍射,得到一系列  $m$  级次的衍射波,每个  $m$  级次的衍射波经多层膜反射后,再次经过吸收层衍射,得到一系列新的  $n$  级次衍射波,最终的掩模衍射场将是各  $m$  级次衍射波的叠加。

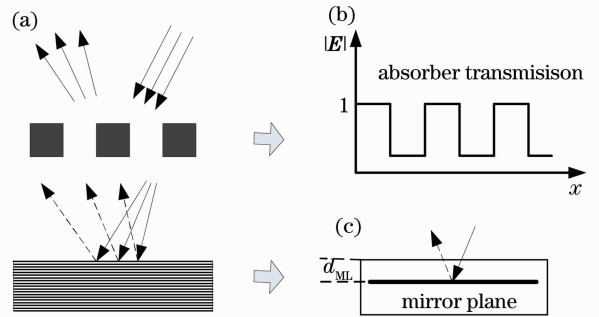


图 2 EUV 掩模衍射简化模型。(a)光线追迹;(b)吸收层的薄掩模修正模型;(c)多层膜的镜面反射近似

Fig. 2 Simplified model for EUV mask diffraction. (a) Ray tracing; (b) modified thin mask model of the absorber; (c) mirror approximation of the multilayer

EUV 掩模吸收层衍射采用薄掩模修正模型进行计算<sup>[9,10,13]</sup>。它将吸收层等效为位于某平面上的一个薄层,薄层的衍射谱函数  $F_{\text{thin}}$  直接对透射光场[如图 2(b)所示]进行傅里叶变换得到。吸收层衍射谱函数描述为<sup>[10]</sup>

$$F_{\text{thick}}(\alpha_m, \beta_m; \alpha_{in}, \beta_{in}) = \exp\left(-i \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d_{\text{abs}}}{2} \sqrt{1 - \alpha_{in}^2 - \beta_{in}^2}\right) F_{\text{thin}}(\alpha_m - \alpha_{in}, \beta_m - \beta_{in}) \exp\left(-i \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d_{\text{abs}}}{2} \sqrt{1 - \alpha_m^2 - \beta_m^2}\right), \quad (2)$$

式中  $d_{\text{abs}}$  为吸收层厚度,薄层等效面位于吸收层的中间位置,公式中的两相位因子分别代表从吸收层上表面到薄层等效面和从薄层等效面到吸收层下表

面的相位传播。

EUV 掩模多层膜反射等效为位于某平面上的镜面反射[如图 2(c)所示]<sup>[10]</sup>,

$$R_{\text{ML}}(\varphi_m) = \begin{cases} r_{\text{ML}} \exp\left(-i \frac{2\pi}{\lambda} 2d_{\text{ML}} \cos \varphi_m\right), & \varphi_m \in (-\varphi_{\text{ML}}, \varphi_{\text{ML}}) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

式中  $r_{\text{ML}}$ 、 $d_{\text{ML}}$  和  $\varphi_{\text{ML}}$  分别为镜面反射系数、镜面位置和多层膜镜面反射的滤波范围。这些参数可通过与严格仿真的电磁场匹配得到。

此外,EUV 光刻成像系统是以零级衍射光方向为光轴,而(1)式中衍射光方向  $(\alpha_n, \beta_n)$  是以掩模法线位置为基准,为此,需对衍射谱进行频移使得零级衍射光方向余弦为  $(0, 0)$ 。以线条图形为例,将(2)~(3)式代入到(1)式中,得到频移后的掩模衍射谱:

$$G(\alpha_n, 0) = r_{\text{ML}} \exp\left(-i \frac{\pi}{\lambda} d_{\text{abs}} \sqrt{1 - (\alpha_n + \alpha_{\text{in}})^2 - \beta_{\text{in}}^2}\right) \int_{-s}^s F_{\text{thin}}(\alpha_n + \alpha_{\text{in}} - \alpha_m) F_{\text{thin}}(\alpha_m - \alpha_{\text{in}}) \times \\ \exp\left(-i \frac{2\pi}{\lambda} D \sqrt{1 - \alpha_m^2 - \beta_{\text{in}}^2}\right) d\alpha_m, \quad (4)$$

式中忽略了相位常数,  $D = d_{\text{ML}} + 2d_{\text{abs}}$ , 积分域  $s = \sqrt{1 - \beta_{\text{in}}^2 - \cos^2 \varphi_{\text{ML}}}$ , 即  $m$  级次衍射波的反射受多层膜滤波范围  $\varphi_{\text{ML}}$  的限制。

## 2.2 掩模阴影效应分析

掩模阴影效应与掩模衍射场分布密切相关,(4)式给出了掩模衍射谱的解析表达式,以此为基础可进一步简化。令  $\delta = \alpha_m - \alpha_{\text{in}} - \alpha_n/2$ , 对(4)式进行变量代换,若积分域近似不变,由函数  $F_{\text{thin}}(\alpha_n/2 + \delta)F_{\text{thin}}(\alpha_n/2 - \delta)$  关于  $\delta$  的偶对称性可得

$$G(\alpha_n, 0) \approx r_{\text{ML}} \exp\left[i \frac{\pi}{\lambda} (d_{\text{abs}} + D) \alpha_n \alpha_{\text{in}}\right] \int_0^s 2F_{\text{thin}}\left(\frac{\alpha_n}{2} + \delta\right) F_{\text{thin}}\left(\frac{\alpha_n}{2} - \delta\right) \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda} D \left(\frac{\alpha_n}{2} + \alpha_{\text{in}}\right) \delta\right] d\delta, \quad (5)$$

式中采用了泰勒近似  $\sqrt{1+x} = 1+x/2$ , 相位常数和值比较小的二次相位因子  $\exp(i\pi D\delta^2/\lambda)$  已忽略。在(5)式中,掩模衍射谱相位主要由其指数项决定,而衍射谱幅度主要由积分项决定。衍射谱相位和幅度的分离,有利于下面对图形位置偏移和掩模成像 CD 随入射光方向的变化进行分析。

### 2.2.1 成像图形尺寸偏差

通常入射光沿掩模线条方向  $(\theta=90^\circ)$  或正入射时掩模成像 CD 为目标 CD, 但当入射光方向发生变化时掩模成像 CD 将发生变化,与目标值间存在偏差。该现象主要与能量损失即掩模衍射谱幅度随入射光方向的变化有关。为获得相同的成像 CD, 需通过校正掩模图形尺寸进行补偿。零级衍射光的能量损失可用来估算校正量的大小<sup>[4]</sup>, 而基于上述掩模衍射简化模型,零级衍射光幅度描述为

$$G_0 = 2r_{\text{ML}} \int_0^s F_{\text{thin}}^2(\delta) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} D \alpha_{\text{in}} \delta\right) d\delta, \quad (6)$$

若吸收层等效薄层的透射函数近似为二元函数(透

射系数为 0 或 1), 则

$$F_{\text{thin}}(\delta) = \sin(\pi\omega_s \delta/\lambda) / (\pi p \delta/\lambda), \quad (7)$$

式中  $\omega_s$  为掩模图形尺寸,  $p$  为图形周期。(7)式代入到(6)式中,对变量  $\alpha_{\text{in}}$  和  $\omega_s$  求微分可得

$$\frac{dG_0}{d\alpha_{\text{in}}} = -\frac{D\lambda r_{\text{ML}}}{\pi p^2} [2\text{Si}(as) - \text{Si}(bs) + \text{Si}(cs)], \quad (8)$$

$$\frac{dG_0}{d\omega_s} = \frac{\lambda r_{\text{ML}}}{\pi p^2} [\text{Si}(bs) + \text{Si}(cs)], \quad (9)$$

式中  $a = 2\pi D\alpha_{\text{in}}/\lambda$ ,  $b = 2\pi(\omega_s + D\alpha_{\text{in}})/\lambda$ ,  $c = 2\pi(\omega_s - D\alpha_{\text{in}})/\lambda$ , Si 为正弦积分函数

$$\text{Si}(x) = \int_0^x \frac{\sin t}{t} dt \approx \begin{cases} x - x^3/18 & x \ll 1 \\ \pi/2 & x \gg 1 \end{cases}, \quad (10)$$

当  $\omega_s$  比较大  $\alpha_{\text{in}}$  比较小时,  $\text{Si}(as) \approx as - a^3 s^3/18$ ,  $\text{Si}(bs) \approx \pi/2$ ,  $\text{Si}(cs) \approx \pi/2$ 。若掩模图形尺寸校正量  $\Delta\omega_s$  引起的衍射谱变化与入射光方向余弦为  $\alpha_s$  时的情况相反,则  $\Delta\omega_s$  可补偿由入射光方向  $\alpha_s$  引起的掩模衍射谱变化,从而减小成像图形尺寸偏差。此时:

$$\Delta \omega_s = \int_{\omega_s}^{\omega_s + \Delta \omega_s} d\omega_s = - \int_0^{\alpha_s} -2\text{Si}(as)D/\pi d\alpha_{in} \approx 2D^2 \alpha_s^2 s/\lambda - 2\pi^2 D^4 \alpha_s^4 s^3/(9\lambda^3). \quad (11)$$

### 2.2.2 图形位置偏移

图形位置偏移是指 EUV 掩模在斜入射光照明条件下的光刻成像与正入射相比,图形中心位置存在偏移。由傅里叶变换相移定理可知,空域的平移对应于频域的相位线性变化。为此,可将斜入射与正入射时的掩模衍射谱相比较,通过分析衍射谱相位的线性变化来实现对图形位置偏移量的分析。基于上述掩模衍射简化模型,衍射谱的相位近似为(5)式中的指数函数项,图形位置偏移量对应于相位线性变化系数,有

$$\Delta x = (d_{\text{abs}} + d_{\text{ML}})\alpha_{in}/M, \quad (12)$$

式中  $M$  为成像系统的缩小倍率,一般为 4。

与以往的几何关系式不同,(12)式得到的图形位置偏移量还考虑了多层膜等效面位置  $d_{\text{ML}}$  的影响。而后面的仿真验证也可看到  $d_{\text{ML}}$  对图形位置偏移量的影响是不可忽略的。此外,(12)式是掩模(物方)焦面位置位于吸收层上表面时得到的,若掩模焦面位置位于吸收层表面以下  $f$  nm 处,图形位置偏移量公式变成

$$\Delta x' = (d_{\text{abs}} + d_{\text{ML}} - f)\alpha_{in}/M, \quad (13)$$

若

$$f = d_{\text{abs}} + d_{\text{ML}}, \quad (14)$$

即掩模焦面位置位于多层膜等效面上,图形位置偏移量为零。该位置与掩模图形尺寸、周期以及入射光方向均无关。

## 3 仿真结果与分析

在下面的光刻仿真中,采用 Dr. LiTHO 光刻仿真软件计算掩模的空间像。掩模吸收层材料为 TaN,厚度为 60 nm;多层膜由 40 对 Mo/Si 组成,厚度分别为 4.17 nm 和 2.78 nm。在此条件下,掩模衍射简化模型中多层膜的模型参数由一次严格仿真电磁场匹配得到,有  $r_{\text{ML}} \approx 0.855$ ,  $d_{\text{ML}} \approx 53.5$  nm,  $\varphi_{\text{ML}} \approx 15^\circ$ [10]。光刻投影物镜数值孔径(NA)设置为 0.35,缩小倍率  $M$  为 4;采用 TE 偏振圆形光源照明,部分相干因子  $\sigma$  为 0.5;斜入射光方向  $\varphi$  为典型值  $6^\circ$ ,方位角  $\theta$  在  $0 \sim 90^\circ$  范围内变化。不考虑光刻胶的影响,掩模成像 CD 值由简单的空间像阈值得到,阈值的选取使得入射光方位角  $\theta = 90^\circ$  时,CD 为目标尺寸。

### 3.1 减小成像图形尺寸偏差

为减小成像图形尺寸偏差,基于(11)式对掩模图形尺寸进行校正,由于实际的掩模吸收层透射系数为复数并非二元函数中的“0”,(11)式需乘以一个倍率因子  $k$ ,由严格仿真进行校准。该因子与吸收层材料和厚度有关,在上述结构参数下,有  $k \approx 0.835$ 。

以目标 CD 为 22 nm 的线条图形为例,掩模图形尺寸校正前后其成像图形尺寸偏差随入射光方向的变化如图 3 所示。由图可知,掩模图形尺寸校正前,成像图形尺寸偏差随入射光方向的变化较大,且不满足传统的几何关系式(偏差约等于  $2d_{\text{abs}} \times \sin \varphi \cos \theta$ ) [7],而是与  $\cos^2 \theta$  成比例;基于(11)式对掩模图形尺寸进行校正,可以有效地补偿成像图形尺寸偏差(低于 0.3 nm)。但随着目标 CD 的减小,该补偿结果将发生变化,如图 4 所示。图 4 给出了

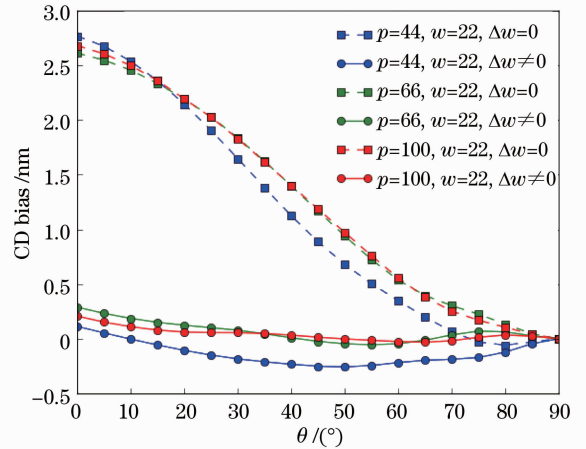


图 3 CD 偏差随入射光方向的变化

Fig. 3 CD bias varies with the direction of incident light

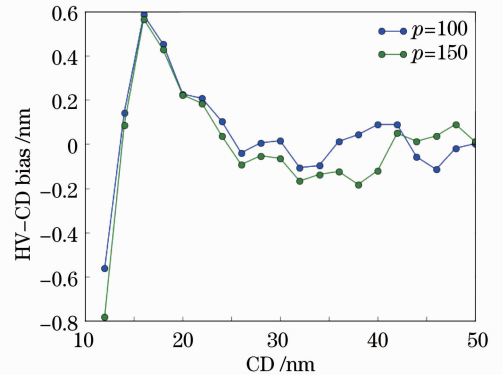


图 4 掩模图形尺寸校正后 HV-CD 偏差随目标 CD 的变化

Fig. 4 HV-CD bias varies with the target CD after the correction of mask pattern size

入射光方向  $\theta=0^\circ$  时成像图形尺寸偏差(HV-CD 偏差)随目标 CD 的变化。图中,基于(11)式对掩模图形尺寸进行校正后,目标 CD 较大时, HV-CD 偏差低于 0.2 nm,随图形周期变化不大;但当目标 CD 接近 16 nm 时 HV-CD 偏差显著增大。这与前面公式推导过程中,掩模图形尺寸较大和积分域近似不变的假设有关,随着 CD 的减小(11)式误差将增大。且(11)式是根据零级衍射光能量补偿得到的,随着 CD 的减小仅仅考虑零级衍射光的能量补偿已不能满足要求,需对掩模斜入射时整个成像光瞳内的能量损失进行补偿<sup>[4]</sup>。

### 3.2 减小图形位置偏移量

光刻成像系统中,当掩模(物方)焦面位置分别位于吸收层上表面( $f=0$ )和多层膜等效面上[(14)式]时,图形位置偏移量随入射光方向的变化如图 5 所示。由图可知,图形位置偏移量与掩模图形尺寸、周期无关,是一种全局效应,主要由反射式 EUV 光刻成像系统中物方非远心所引起;当选择掩模焦面位置位于多层膜等效面上时,可对全局的图形位置偏移量进行补偿。

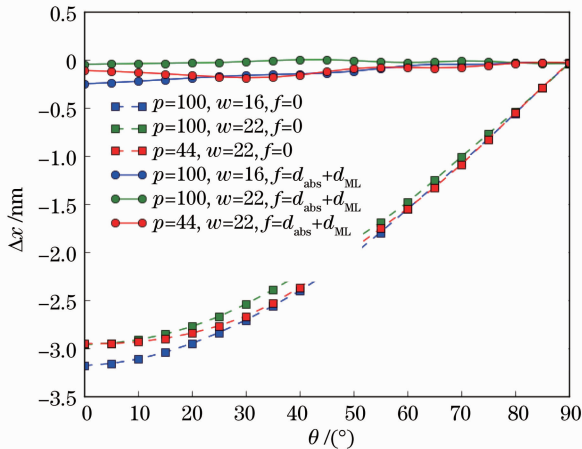


图 5 图形位置偏移量随入射光方向的变化

Fig. 5 Pattern-position shift varies with the direction of incident light

## 4 结 论

基于 EUV 掩模衍射简化模型对掩模斜入射时

的阴影效应进行了理论分析,得到了掩模(物方)最佳焦面位置和掩模图形尺寸校正量的计算公式,并根据该公式对掩模阴影效应进行了补偿。结果表明,选择掩模焦面位置位于多层膜等效面上减小了图形位置偏移量,与掩模图形尺寸、周期无关;当目标 CD 较大时,基于理论公式对掩模图形尺寸进行校正,可使得成像图形尺寸随入射光方向的变化小于 0.3 nm,但当目标 CD 小于 22 nm 时理论公式误差增大,需进一步考虑掩模斜入射时整个成像光瞳内的能量损失和补偿。

### 参 考 文 献

- 1 Jun Chang, Meifang Zou, Ruirui Wang *et al.*. All-reflective optical system design for extreme ultraviolet lithography [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2010, **8**(11): 1082~1084
- 2 H. Kang, S. Hansen, Jan van Schoot *et al.*. EUV simulation extension study for mask shadowing effect and its correction [C]. *SPIE*, 2008, **6921**: 59213
- 3 T. Schmoeller, T. Klimpel, I. Kim *et al.*. EUV pattern shift compensation strategies [C]. *SPIE*, 2008, **6921**: 69211B
- 4 M. Sugawara, I. Nishiyama. Mask pattern correction to compensate for the effects of off-axis incidence in EUV lithography [C]. *SPIE*, 2006, **6283**: 62830L
- 5 Philip C. W. Ng, Kuen-Yu Tsai, Fu-Min Wang *et al.*. Fully model-based methodology for simultaneous correction of extreme ultraviolet mask shadowing and proximity effects [J]. *J. Micro/Nanolith. MEMS*, 2011, **10**(1): 013004
- 6 Vivek Bakshi. EUV Lithography [M]. Washington: SPIE Press, 2009. 326~373
- 7 S. Rizvi. Handbook of Photomask Manufacturing Technology [M]. Boca Raton Fla.: Taylor & Francis, 2005. 271~275
- 8 P. Evanschitzky, A. Erdmann. Fast near field simulation of optical and EUV masks using the waveguide method [C]. *SPIE*, 2007, **6533**: 65330Y
- 9 Cao Yuting, Wang Xiangzhao, Qiu Zicheng *et al.*. Simplified model for mask diffraction in extreme-ultraviolet projection lithography [J]. *Acta Optica Sinica*, 2011, **31**(4): 0405001  
曹宇婷, 王向朝, 邱自成等. 极紫外投影光刻掩模衍射简化模型的研究 [J]. *光学学报*, 2011, **31**(4): 0405001
- 10 Yuting Cao, Xiangzhao Wang, A. Erdmann *et al.*. Analytical model for EUV mask diffraction field calculation [C]. *SPIE*, 2011, **8171**: 81710N
- 11 Tim Fuhner, Thomas Schnattinger, Gheorghe Ardelean *et al.*. Dr. LiTHO- A development and research lithography simulator [C]. *SPIE*, 2007, **6520**: 65203F
- 12 M. Born, E. Wolf. Principles of Optics [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 412~514
- 13 M. C. Lam, A. R. Neureuther. Simplified model for absorber feature transmissions on EUV masks [C]. *SPIE*, 2006, **6349**: 63492H

栏目编辑: 李文洁