

厚层抗蚀剂曝光模型及其参数测量^{*}

刘世杰^{1,2} 杜惊雷¹ 段 茜¹ 罗铂靓¹ 唐雄贵¹ 郭永康¹ 杜春雷³

(1 四川大学物理学院, 成都 610064)

(2 陕西理工学院物理系, 汉中 723001)

(3 微细加工光学技术国家重点实验室, 成都 610209)

摘要: 针对厚层抗蚀剂曝光过程中存在诸非线性因素的影响, 更新 Dill 曝光参数的定义, 建立了适合描述厚层抗蚀剂曝光过程的增强 Dill 模型. 光刻过程模拟的准确性与曝光参数的测量精度有很大关系, 为此, 建立了实时曝光监测实验装置, 测量了不同工艺条件、不同厚度抗蚀剂的曝光透过率曲线, 并演绎计算出曝光参数随抗蚀剂厚度和工艺条件的变化规律. 最后给出了采用增强 Dill 模型进行曝光过程的模拟和实验结果的分析.

关键词: 厚层抗蚀剂; 光刻; 曝光; 增强 Dill 模型; 曝光参数

EEACC: 2550G; 2550X

中图分类号: TN305.7

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2005)05-1065-07

1 引言

近年来, 微机电系统 (micro-electro-mechanical-systems, MEMS) 的迅猛发展和广泛应用推动了微细加工技术的不断改进和提高. 厚层抗蚀剂 (简称: 厚胶) 光刻技术继承了 IC 加工技术的优点, 工艺简单, 成本低廉, 而且可以直接制作微系统中的一些受力元件, 因此受到愈来愈广泛的重视和应用. 然而厚胶光刻的工艺条件复杂多样, 目前, 虽然很多研究人员在工艺方面已做了大量的实验工作^[1,2], 但只得到厚胶光刻过程的一些经验性规律, 仍难以在实验前预测使用厚胶光刻术制作的微结构是否能较好地符合设计要求, 在控制微加工成本方面存在一些困难. 这在一定程度上限制了该技术的应用范围. 因此, 系统地开展厚胶光刻理论和实验研究及厚胶光刻过程的计算仿真研究十分必要, 既可更好地指导厚胶光刻实验工作的开展, 降低微加工成本, 也为微结构优化设计提供理论依据.

曝光作为光刻工艺过程的一个重要环节, 对抗蚀剂中潜像形成和最终光刻图形质量的影响至关重

要. 目前已有的曝光模型^[3]可较好地描述薄抗蚀剂的曝光过程, 用该模型进行计算模拟得到的结果与薄胶光刻实验结果符合得较好. 但由于上述曝光模型较少考虑到厚胶的一些特殊属性^[4], 因而得到的厚胶光刻模拟结果与相应的实验结果存在较大偏差. 所以, 建立厚胶曝光模型对进一步发展厚胶光刻术有重要意义.

在分析厚胶曝光过程中存在的诸多非线性因素及在已有的 Dill 曝光模型的基础上, 本文建立了适合描述厚胶曝光过程的厚层抗蚀剂曝光模型 (即增强 Dill 曝光模型), 模型中采用了新的 Dill 曝光参数与抗蚀剂光强透过率关系式. 鉴于曝光参数的测量精度影响曝光过程模拟结果的准确性, 为精确测量厚胶曝光参数, 我们建立了曝光过程实时监测实验装置. 测量不同工艺条件下、不同厚度抗蚀剂的光强透过率曲线, 并结合光传输矩阵理论和统计理论中的趋势面分析方法归纳演绎了曝光参数随抗蚀剂厚度和工艺条件的变化规律^[5]. 这一研究作为厚胶光刻实验的开展及曝光过程的计算模拟提供了指导性依据.

^{*}国家自然科学基金 (批准号: 60276018) 和微细加工国家重点实验基金资助项目

刘世杰 男, 硕士研究生, 主要从事微光刻技术研究.

杜惊雷 男, 教授, 博士生导师, 主要从事微细加工技术、微光学研究. Email: dujinglei@tom.com

2004-07-10 收到, 2004-09-25 定稿

2 厚层抗蚀剂曝光模型

2.1 Dill 曝光模型和曝光参数

研究抗蚀剂曝光过程,主要侧重讨论曝光过程中抗蚀剂内的光强变化和光敏化合物(photo active compound, PAC)浓度的变化,以期建立抗蚀剂的曝光响应模型,并为最终确定显影后的抗蚀剂图形轮廓奠定基础.根据 Lambert 经验定律和光化学反应动力学原理, Dill 曾对抗蚀剂吸收和反应的过程进行过描述^[3],建立了为人们所熟知的 Dill 曝光模型.

$$\begin{cases} \frac{\partial I(z, t)}{\partial z} = - I(z, t) \\ \frac{\partial m_1(z, t)}{\partial t} = - m_1(z, t) I(z, t) C \end{cases} \quad (1)$$

偏微分方程组(1)描述抗蚀剂在曝光过程中,其内部光强分布 I 与 PAC 浓度分布 m_1 的相互耦合关系.其中 C 为抗蚀剂中 PAC 的分解常数; I 为抗蚀剂的光吸收系数.根据 Beer 定律,对于薄抗蚀剂,与其组成成份的浓度近似成线性关系:

$$I = a_1 m_1(z, t) + a_2 m_2(z, t) + a_3 m_3(z, t) + a_4 m_4(z, t) \quad (2)$$

其中 a_1, a_2, a_3, a_4 分别为 PAC、树脂、反应生成物及溶剂的摩尔吸收常数; $m_1(z, t), m_2(z, t), m_3(z, t), m_4(z, t)$ 分别为 t 时刻抗蚀剂表面下 z 处的 PAC、树脂、反应生成物及溶剂的摩尔浓度.由于树脂、溶剂在曝光过程中浓度不变,即 $m_2(z, t) = m_{20}, m_4(z, t) = m_{40}$,且实验表明 1mol 抑制剂 PAC 光化学反应后分解生成 1mol 生成物,即 $m_3(z, t) = m_{10} - m_1(z, t)$,所以吸收系数 I 可改写成

$$I = AM + B \quad (3)$$

其中 $M(z, t) = \frac{m_1(z, t)}{m_{10}}$, 是归一化 PAC 浓度值.

在抗蚀剂曝光前, $M(z, 0) = 1$; 充分曝光后, PAC 完全分解, $M(z, 0) = 0$,

$$A = (a_1 - a_3) m_{10} \quad (4)$$

$$B = a_2 m_{20} + a_3 m_{10} + a_4 m_{40} \quad (5)$$

其中 A, B, C 为曝光参数,确定了它们的值,再结合初始条件就能准确计算分析薄层抗蚀剂曝光后其内部的光场分布和 PAC 浓度分布. Dill 通过抗蚀剂的光强透射率与曝光剂量的对应关系,提出了测量曝光参数的方法^[6],由(1)式可以导出曝光参数 A, B, C 与抗蚀剂光强透过率的关系

$$A = \frac{1}{d} \ln \frac{\text{Tr}(\infty)}{\text{Tr}(0)} \quad (6)$$

$$B = - \frac{1}{d} \ln \text{Tr}(\infty) \quad (7)$$

$$C = \frac{A + B}{A I_0 \text{Tr}(0) [1 - \text{Tr}(0)]} \times \left. \frac{d\text{Tr}}{dt} \right|_{t=0} \quad (8)$$

式中 d 为抗蚀剂的厚度; $\text{Tr}(0)$ 是未曝光时抗蚀剂的光强透射率; $\text{Tr}(\infty)$ 是完全曝光后抗蚀剂的透射率; I_0 是入射光光强.

由(6)~(8)式可知,通过分别测量曝光起始时和完全曝光时的抗蚀剂的光强透射率 $\text{Tr}(0), \text{Tr}(\infty)$ 及透过率曲线开始部分的斜率,带入公式计算即可求得曝光参数 A, B, C 的值.

2.2 厚层抗蚀剂曝光模型

以前的研究表明^[6], Beer 定律对于常规浓度的薄层抗蚀剂是适用的.因此, Dill 曝光模型对薄胶曝光过程的描述是比较准确的.但对于厚胶光刻,各种非线性因素的影响较严重.根据文献报道和我们的研究发现,由于抗蚀剂复折射率的实部在曝光过程中的变化较复杂,且厚胶组成成份的分子间靠得更加紧密,某个分子对光的吸收特性可能会受到周围分子的影响^[7],这些都会引起曝光过程抗蚀剂分子浓度与吸收系数之间的变化规律与 Beer 定律的线性描述有明显偏离的现象.此外,随着抗蚀剂厚度的增加,抗蚀剂内部各种成份的均匀程度有所降低.特别是当经过前烘工艺处理后,抗蚀剂表层和抗蚀剂内部的溶剂浓度差异较大^[8].对于常规的薄胶光刻而言,可假定抗蚀剂在经过前烘工艺后,其内部各种分子的浓度分布较均匀,影响不大.但对于厚胶光刻来说,抗蚀剂在经过烘烤后,其内部不同区域各分子浓度的差异难以忽略,且由于抗蚀剂厚度不同,各种分子浓度的分布也不同.因此,曝光前厚抗蚀剂的初始复折射率可能呈不均匀分布.

考察 Dill 模型中曝光参数的定义式,可以看出,这些曝光参数值的大小与抗蚀剂对光的吸收特性密切相关,即强烈依赖于抗蚀剂内部各种成份的浓度分布.而曝光前和曝光过程中不同厚度抗蚀剂内部组成成份的浓度分布可能存在较大差异,因此曝光参数的值会随抗蚀剂的厚度和相关工艺条件的不同而有所不同.在以往的厚胶光刻过程模拟中,当用一套固定的曝光参数计算抗蚀剂内部各点的 PAC 浓度时,模拟计算结果与实验情况往往有较大偏离,而

忽略上述非线性因素的影响则可能是造成这一现象的重要原因. 因此, 分析厚胶曝光过程应仔细考虑如下几个问题: (1) 曝光前, 厚胶内 PAC 浓度空间分布的非均匀性; (2) 抗蚀剂折射率在曝光过程中会发生变化, 抗蚀剂内各种成份的浓度与其吸收系数间存在非线性关系; (3) 光在厚胶这种非均匀介质内部的衍射或散射.

为使 Dill 模型在描述厚胶光刻过程中继续发挥作用, 可把厚抗蚀剂视为由多层薄抗蚀剂构成, 改进现有的适用于薄胶的 Dill 曝光模型. 虽然厚胶曝光过程中存在的诸多因素较复杂, 但其影响皆可视为引起抗蚀剂复折射率呈动态非均匀分布现象. 因此, 我们提出用一套随厚抗蚀剂曝光进程而不断变化的曝光参数值来表征抗蚀剂复折射率的动态非均匀分布现象, 建立增强 Dill 曝光模型以较为真实和有效地描述厚胶曝光过程, 并能相对准确地计算出厚胶曝光后的 PAC 浓度分布. 其厚胶曝光参数的表达式如下:

$$A(z_h, T, t_b) = \frac{1}{z_h} \ln \frac{\text{Tr}(\cdot)_{z_h}}{\text{Tr}(0)_{z_h}} \quad (9)$$

$$B(z_h, T, t_b) = - \frac{1}{z_h} \ln \text{Tr}(\cdot)_{z_h} \quad (10)$$

$$C(z_h, T, t_b) = \frac{A(z_h, T, t_b) + B(z_h, T, t_b)}{A(z_h, T, t_b) I_0 \text{Tr}(0)_{z_h} [1 - \text{Tr}(0)_{z_h}]} \times \left. \frac{d\text{Tr}}{dt} \right|_{t=0} \quad (11)$$

这里 z_h 是抗蚀剂的厚度; T 为前烘温度; t_b 为前烘时间; $\text{Tr}(0)_{z_h}$ 是厚度为 z_h 的抗蚀剂未曝光时的透过率; $\text{Tr}(\cdot)_{z_h}$ 是抗蚀剂完全曝光后的透过率. 上述关系式表明厚胶曝光参数是曝光厚度、前烘温度、前烘时间等参量的函数. 厚层抗蚀剂曝光模型可表示为

$$\begin{cases} \frac{\partial I(z, t)}{\partial z} = - I(z, t) [A(z_h, T, t_b) M(z, t) + B(z_h, T, t_b)] \\ \frac{\partial M(z, t)}{\partial t} = - I(z, t) M(z, t) C(z_h, T, t_b) \end{cases} \quad (12)$$

对于接触式或接近式光刻系统而言, 采用新模型进行曝光过程模拟, 其曝光过程抗蚀剂内部光强分布可以用我们所建立的厚胶胶内光强分布的分析方法来计算^[9]. 通过测量不同厚度的抗蚀剂的透过率随曝光时间的变化曲线, 则可获得曝光参数 (A, B, C) 随抗蚀剂厚度和工艺条件的变化规律. 这样,

结合 (12) 式即可较为准确地计算出厚胶内部 PAC 浓度的分布, 为确定厚胶最终显影轮廓提供可靠而有效的数据.

3 曝光参数的测量与分析

厚胶曝光参数 A, B, C 随抗蚀剂厚度和工艺条件的变化实际上反映了其曝光过程的一种非线性现象. 研究中我们分别测量不同厚度的抗蚀剂在一定工艺条件下的曝光参数值, 然后用这些实验值拟合曝光参数随抗蚀剂厚度和工艺条件的变化规律, 进而结合所建立的厚胶曝光模型对曝光过程进行较为准确地模拟分析. 由 (9) ~ (11) 式可以看出, 实验测量厚胶曝光参数需测量前烘温度 T 和时间 t_b , 抗蚀剂的厚度 z_h 和抗蚀剂曝光透过率曲线. 其中确定曝光参数的关键是准确测量厚抗蚀剂曝光过程中的光强透过率变化曲线.

3.1 厚层抗蚀剂光强透过率测量实验

我们建立了一套简易而有效的实时曝光检测实验装置来测量厚抗蚀剂曝光时的光强透过率变化, 所采用的中科院光电所研制的 URE2000S 型双面光刻机实测照明光强 30min 的波动范围小于 1%, 其稳定性和均匀性均符合实验要求. 图 1 为光强透过率测量实验示意图, 平行的入射光经过 G 线滤光片后, 垂直照射在掩膜上, 掩膜的下方紧贴着抗蚀剂, 透过抗蚀剂的光进入一个光探测器被接收, 探测器连接到实时监测和记录实验装置上. 该监测记录装置每 0.01s 测量并记录一个数据, 准确地给出厚胶在曝光过程中的光强透过率变化情况.

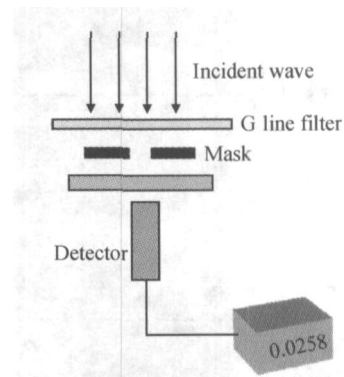


图 1 厚胶实时曝光光强测量实验系统示意图

Fig. 1 Optical setup for real-time intensity measurement of thick photoresist

针对厚层抗蚀剂 AZ4562,实验测量了其多种工艺条件下的透过率曲线. 实验中,采用 Solitec 型甩胶机把抗蚀剂涂在 K9 玻璃基片上,调节甩胶机的转速可得到不同厚度的胶层. 然后按一定工艺要求将基片置于烘箱进行烘烤,烘烤后用实时曝光检测装置测量抗蚀剂的透过率曲线. 图 2 为实验测得的不同烘焙条件下,厚度不同的抗蚀剂的透过率曲线. 由图可以看出,厚胶的光强透过率曲线有以下特点:

(1) 随着曝光时间的延长,透过率也逐渐增大,

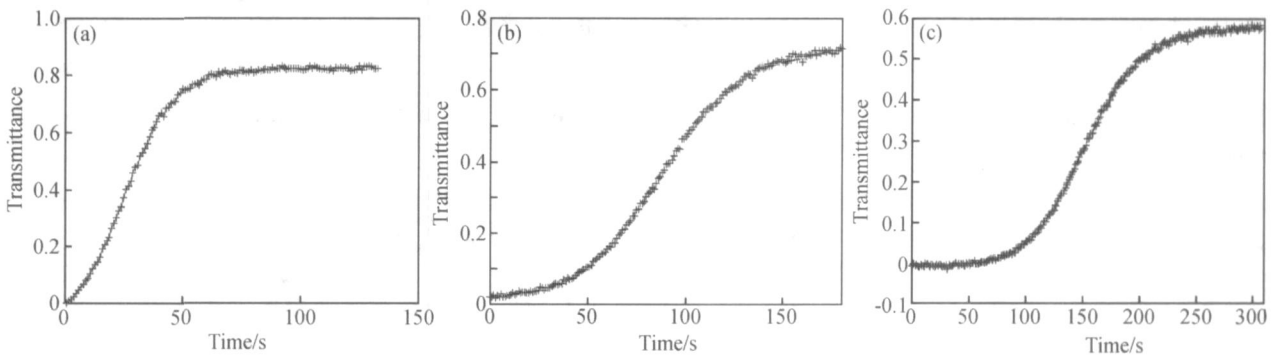


图 2 实验测得厚度不同的抗蚀剂的透过率曲线 抗蚀剂厚度:(a) 5.6 μm ;(b) 10.1 μm ;(c) 15.6 μm

Fig. 2 Experimental transmittance curves of photoresist with different thickness (photoresist thickness (a) 5.6 μm ;(b) 10.1 μm ;(c) 15.6 μm)

3.2 厚层抗蚀剂曝光参数的提取和分析

由于曝光源照明强度有限,当抗蚀剂较厚时,抗蚀剂的初始光强透过率为 0,因此不能利用(9)~(11)式直接计算厚胶曝光参数. 文献[6]用反演的方法来提取抗蚀剂的曝光参数,利用膜系中的光传输矩阵理论计算出抗蚀剂的光强透过率曲线^[5],通过

当抗蚀剂完全曝光后,其透过率保持为一稳定值,此时光化学反应基本上已经结束. 这一现象表明抗蚀剂在曝光过程中其吸收系数在逐渐减小.

(2) 随着抗蚀剂厚度的增大,抗蚀剂初始和曝光结束后的透过率在减小.

(3) 由于曝光过程中用于使抗蚀剂发生光化学反应的入射照明光强度不变,当抗蚀剂的厚度超过一定值时,初始一段时间内抗蚀剂的光强透过率趋于 0.

比较抗蚀剂光强透过率的理论值和实验值,反演优化确定曝光参数的真值.

表 1 为计算得到的不同厚度和工艺条件下的厚抗蚀剂的一些曝光参数值. 从计算的结果可以看出,不同厚度的抗蚀剂在不同的工艺条件下曝光参数有不同的值,即曝光参数不再视作常数,这反映了厚胶曝光过程中非线性因素的特定作用.

表 1 不同厚度抗蚀剂在不同工艺条件下的曝光参数值

Table1 Exposure parameters of photoresist with different thickness under various exposure and baking conditions

Thickness/ μm	Prebake Temperature/	Prebake Time/ min	$A/\mu\text{m}^{-1}$	$B/\mu\text{m}^{-1}$	$C/(\text{cm}^2 \cdot \text{mJ}^{-1})$
5.60	90	15	0.5300	0.0104	0.0389
6.16	100	10	0.6230	0.0252	0.0532
7.50	110	10	0.4160	0.0264	0.0274
8.70	120	10	0.4080	0.0284	0.0273
10.1	90	30	0.3760	0.0206	0.0230
15.6	110	15	0.3990	0.0232	0.0261

由于厚抗蚀剂的曝光参数随其厚度和烘焙条件的非线性变化规律很复杂,为了能从相对较少的实验数据中得到其变化规律,我们采用统计理论中的趋势面分析方法对抗蚀剂 AZ4562 的曝光参数进行

分析拟合,结果见(13)~(15)式:

$$A = -0.11989D + 0.00466T + 0.00551D^2 - 0.0001084DT - 0.00001287T^2 + 0.79655 \tag{13}$$

$$B = 0.00066301D + 0.00024413T - 0.0096 \tag{14}$$

$$C = -0.01233D + 0.00054385T + 0.00056988D^2 - 0.00001487DT - 0.00000115T^2 + 0.0629 \tag{15}$$

其中公式中未显现出曝光参数与前烘时间 t_b 的关系,这是因为在烘烤过程中,已根据胶厚度的增加线性增加了其前烘时间.以上公式隐含了厚胶曝光过程时胶内复介质折射率分布呈非线性变化的规律,即数学上曝光过程中复介质折射率将表现为抗蚀剂曝光深度、曝光时间及各工艺参量的函数.依据公式(13)~(15)给出的抗蚀剂 AZ4562 曝光参数规律,结合改进后的 Dill 模型可实现对厚胶 AZ4562 曝光过程相对精确的计算模拟.此外,也可通过控制曝光工艺条件一定程度优化曝光参数以获得较理想的曝光后抗蚀剂内的 PAC 浓度分布.

4 厚胶光刻模拟分析

为了分析新的增强 Dill 曝光模型适用性,下面给出一个单线条曝光过程模拟样例,采用增强 Dill 曝光模型和 Dill 模型分别计算厚抗蚀剂曝光后内部的 PAC 浓度分布,通过对其潜像特点进行简单比较,来说明增强 Dill 模型在描述厚胶曝光过程方面不仅理论上是可行的,而且模拟结果也更符合实际.

模拟曝光过程所采用的参数如下:

抗蚀剂 AZ4562;胶厚度:15 μm ;曝光量:Dill 模型 3000 mJ/cm^2 ,增强 Dill 模型 4000 mJ/cm^2 ;曝光波长:436 nm ;空气折射率:1.0(不考虑其吸收);掩膜到抗蚀剂表面的距离为 3 μm ;掩膜线宽:5 μm ;抗蚀剂曝光前的复折射率:1.6963 + i0.0150;抗蚀剂曝光后的复折射率:1.6796 + i0.0150;基底材料折射率:1.87;前烘温度:100 .

图 3(a)和(b)分别是采用两种曝光模型计算获得抗蚀剂曝光后的 PAC 浓度分布.采用增强 Dill 曝光模型因精确计算了曝光过程厚胶对光吸收和散射的影响,模拟其曝光过程所选曝光时间比 Dill 模型需要的曝光时间要长,这与实验情况基本一致.此外,从图中可看出两种模型给出的曝光后抗蚀剂潜像的轮廓有较大差异,可以预见显影后其抗蚀剂轮廓(边墙陡度和线宽等)也会有明显差别.定性分析可知,造成 PAC 分布差别的表面现象为曝光过程两种模型给出的胶内光强分布有较大差异,更深入分

析则可以发现,真正影响胶内光强分布的主要原因在于 Dill 曝光模型忽视或弱化了曝光前及曝光过程中抗蚀剂复折射率分布非线性变化的作用,而增强 Dill 模型曝光计算过程中采用了随抗蚀剂曝光深度变化的曝光参数,较充分地考虑了曝光过程复介质折射率的变化及光在抗蚀剂内散射和吸收的影响,因此相对真实地反映了抗蚀剂内部的光场分部 and PAC 浓度分布.

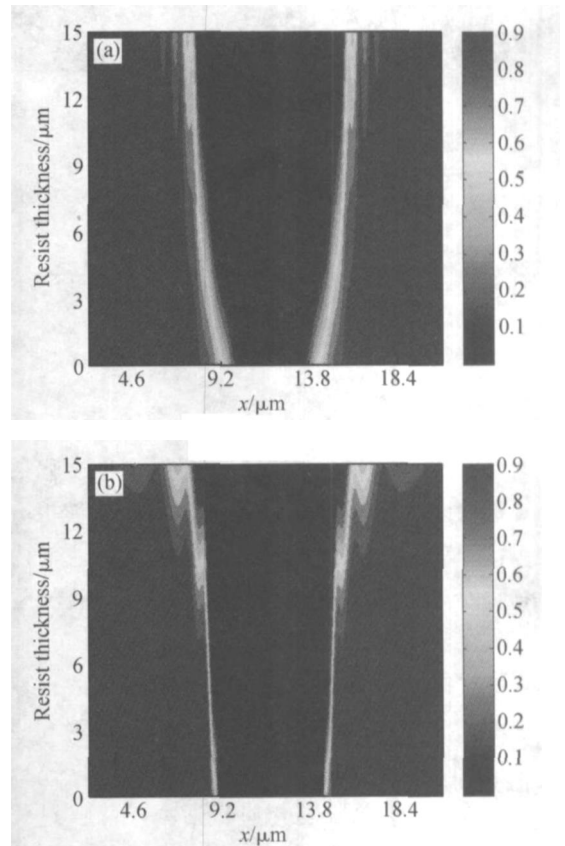


图 3 用增强 Dill 模型和 Dill 模型计算的曝光结束后抗蚀剂 PAC 浓度分布 (a)增强 Dill 模型;(b) Dill 模型

Fig. 3 Simulation results of PAC concentration distribution of thick photoresist after exposure by enhanced Dill model (a) and Dill model (b), respectively

图 4(a)是用厚度约为 15 μm 的 AZ4562 抗蚀剂进行曝光显影实验的 SEM 照片,图 4(b)和(c)分别是采用增强 Dill 曝光模型和原有 Dill 模型模拟曝光过程并显影后获得的抗蚀剂轮廓.比较实验和用两个模型分别模拟的抗蚀剂轮廓可以看出,由于用增强 Dill 模型模拟厚胶光刻已包含曝光过程厚胶内非线性因素影响的分析,因而其计算得到的 PAC 浓度分布较切合实际,显影轮廓与实验结果符合得较好.而采用 Dill 模型模拟曝光并显影后的抗蚀剂轮廓与

实验结果相比有较大差异. 这说明对厚胶光刻而言, 抗蚀剂复折射率的动态变化是影响厚胶曝光过程计

算模拟准确与否的关键.

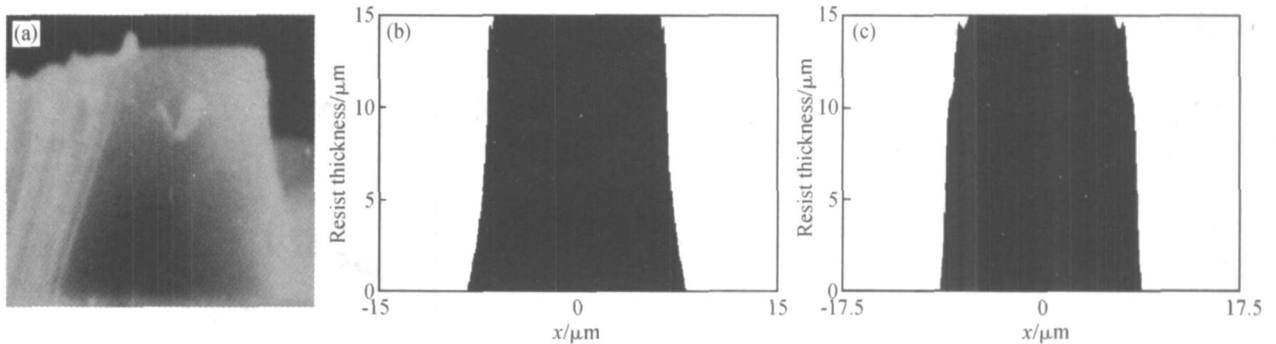


图 4 实验结果与用两种曝光模型计算模拟的显影轮廓比较 (a) AZ4562 显影轮廓实验结果, 浮雕高度 $15\mu\text{m}$; (b) 用增强 Dill 模型; (c) 用 Dill 模型

Fig. 4 Experimental result and photoresist profiles simulated with different exposure models (a) Development relief of AZ4562, height of relief $15\mu\text{m}$; (b) Enhanced Dill model; (c) Dill model

5 结论

与薄胶光刻不同, 影响厚胶光刻曝光过程的非线性因素较多也较复杂. 通过理论、实验及模拟分析可知, 曝光及其工艺过程都可能会导致抗蚀剂内各组份浓度的分布发生非均匀变化, 也即厚胶的复介质折射率在曝光过程中呈现动态非均匀分布. 而厚胶光刻过程抗蚀剂复折射率分布的动态非线性变化又将导致光在厚胶这种非均匀介质中的散射和吸收现象复杂化, 并严重影响胶内曝光强度的分布和 PAC 浓度的分布. 厚胶复介质折射率在曝光过程中存在非线性变化现象导致 Dill 模型描述厚胶曝光过程失真, 因此发展适合描述厚胶曝光过程的理论新模型十分必要, 对促进厚胶光刻技术及 MEMS 设计和制作技术的发展有重要意义.

本文试图用随抗蚀剂厚度变化的曝光参数来表征厚胶曝光过程中各种非线性因素的影响, 并提出测量和提取随抗蚀剂厚度和工艺条件变化的曝光参数的实验和理论方法, 建立了适用于描述厚抗蚀剂曝光过程的增强 Dill 模型, 为厚胶光刻过程模拟及实验工作的开展提供了理论依据.

参考文献

[1] Lehar O, Jensen K. Develop temperature and process study on

a thick film photoresist. SPIE, 1999, 3678: 689

- [2] Flack W W, Fan W P, White S. The optimization and characterization of ultrathick photoresist films. SPIE, 1998, 3333: 1288
- [3] Dill F H. Optical lithography. IEEE Trans Electron Devices, 1996, ED-22(7): 440
- [4] Sohn D S, Sohn Y S, Bak H J, et al. Analysis of the relation between exposure parameters and critical dimension by response surface model. SPIE, 2001, 4345: 973
- [5] Fan Jianxing, Yang Huazhong, Wang Hui. Simulating technique with virtual film inserting for photoresist exposure. Chinese Journal of Semiconductors, 2002, 23(8): 886 (in Chinese) [范建兴, 杨华中, 汪慧. 光致抗蚀剂曝光的虚膜插入模拟技术. 半导体学报, 2002, 23(8): 886]
- [6] Dill F H, Neureuther A R, Tuttle J A, et al. Modeling projection printing of positive photoresist. IEEE Trans Electron Devices, 1975, ED-22(7): 456
- [7] Lehar O C, Sagan J P, Zhang Lizhong. Solvent content of thick photoresist films. SPIE, 2000, 3999: 442
- [8] Mack C A. Absorption and exposure in positive photoresist. Appl Opt, 1988, 27(23): 4913
- [9] Tang Xionggui, Guo Yongkang, Du Jinglei. Study of diffractive field based angular spectrum theory in thick film photoresist. Acta Optic Sinica, 2004, 24(12): 1691 (in Chinese) [唐雄贵, 郭永康, 杜惊雷. 基于角谱理论的厚层光刻胶光场衍射研究. 光学学报, 2004, 24(12): 1691]

Enhanced Exposure Model and Its Parameter Measurements for Thick Photoresist *

Liu Shijie^{1,2}, Du Jinglei¹, Duan Xi¹, Luo Boliang¹, Tang Xionggui¹,
Guo Yongkang¹, and Du Chunlei³

(1 *Physics Department of Sichuan University, Chengdu 610064, China*)

(2 *Physics Department of Shanxi University of Technology, Hanzhong 723001, China*)

(3 *State Key Laboratory of Optical Technology on Microfabrication, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209, China*)

Abstract : Considered the nonlinear factors existing in the exposure process of thick photoresist ,an enhanced Dill model for thick photoresist is proposed ,which improves the original Dill model and modifies the definition of Dill exposure parameters. Measurement precisions of exposure parameters for thick photoresist will greatly affect the simulation results of exposure process. An experimental facility for measuring the exposure parameters is set up ,and transmittance curves with various resist thickness are obtained experimentally. The rules of exposure parameters with the resist thickness ,prebaking temperature and time are deduced with statistical theory. At last ,the simulation analysis for exposure process of the thick photoresist and photolithography experiment examples are given.

Key words : thick photoresist ; lithography ; exposure ; enhanced Dill model ; exposure parameters

EEACC : 2550 G; 2550 X

Article ID : 0253-4177(2005)05-1065-07

* Project supported by National Natural Science Foundation of China(No. 60276018)

Liu Shijie male ,master candidate. He is engaged in the research on microlithography.

Du Jinglei male ,professor. He is engaged in the research on microprocess technologies and microoptics. Email :dujinglei @tom.com

Received 10 July 2004 ,revised manuscript received 25 September 2004

© 2005 Chinese Institute of Electronics