

紫外光/臭氧干法去除光刻胶速率的提高

谈凯声

(中国科学院电子学研究所, 北京)

1989年4月10日收到

本文讨论影响紫外光/臭氧干法去除光刻胶速率的几个因素、提高去胶速率的途径。在此基础上, 介绍一种新型的实验装置以及应用该装置进行实验的结果。

主题词 紫外光/臭氧, 光刻胶, 干法去胶, 去胶速率

一、引言

利用紫外光/臭氧去除吸附在物体表面上的碳氢化合物既方便又彻底, 而且所需设备简单经济已得到越来越广泛的应用^[1,2]。实验证明, 它同样可以在室温下、大气中彻底去除光刻胶。与湿法去胶——化学溶剂去胶、高温等离子体和氧等离子体去胶相比, 紫外光/臭氧干法去胶有其独特的优点^[3]。

本文扼要地介绍紫外光/臭氧干法去除光刻胶的工作机理; 比较详细地讨论影响去胶速率的几个因素以及提高去胶速率的途径; 在此基础上, 介绍一种新型的紫外光/臭氧去胶装置和应用该装置获得去胶速率在 1000—1200 Å/分范围内的实验结果。

二、工作机理

紫外光/臭氧干法去除光刻胶本质上是利用紫外光/臭氧对碳氢化合物的光敏氧化作用, 达到去除光刻胶的目的。

紫外光/臭氧去胶机理如图1所示。大气中的氧气在吸收了能量为 $h\nu_2$ (相当于波长

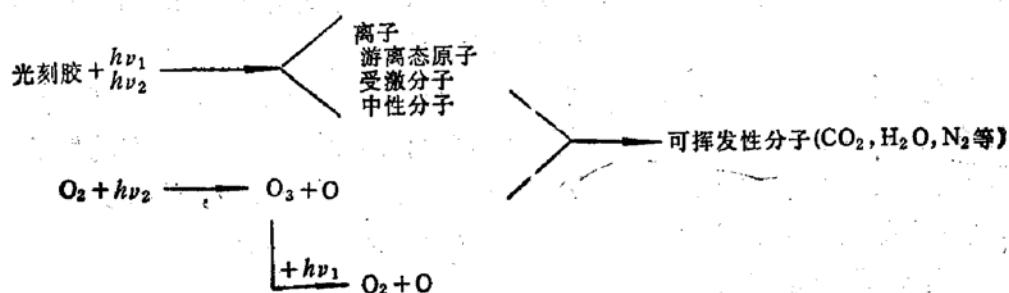


图1 紫外光/臭氧去胶示意图

为 1849 Å 的紫外光)的光子后,产生臭氧 O_3 和原子氧 $O^{[4]}$ 。能量为 $h\nu_1$ (相当于波长为 2537 Å 的紫外光)的光子对大气中的氧气不起作用,但臭氧在吸收了 $h\nu_1$ 光子后却分解为氧气 O_2 和原子氧 O 。此外, $h\nu_1$ 光子还促使衬底表面上的光刻胶分解成离子、游离态原子、受激分子或中性分子^[5,6]。它们在极为活泼的原子氧的作用下,生成可挥发的气体逸出表面,达到彻底去除光刻胶的目的。

三、影响去胶速率的几个因素

紫外光/臭氧干法去除光刻胶速率与下列几个因素有关: 紫外光光源的发光光谱和发光强度、臭氧产额、光源与被处理样品之间的间距以及光刻胶本身的稳定性等。下面分别对这些因素进行讨论。

1. 紫外光光源的发光光谱和发光强度

根据上面介绍的紫外光/臭氧去胶机理,可见 $h\nu_1$ 和 $h\nu_2$ 光子的功能不尽相同。因此,为了完成对碳氢化合物的光敏氧化作用,紫外光光源必须包含能量分别为 $h\nu_1$ 和 $h\nu_2$ 的特征波长。

光敏氧化过程实质上又是一个碳氢化合物、氧气和臭氧吸收能量分别为 $h\nu_1$ 和 $h\nu_2$ 的光子的过程。为了提高去胶速率,提供充足的光子是必须的。采用辐射功率大,发光强度高的紫外光光源是提高去胶速率的关键。

以熔融石英玻璃为管壳的低压汞灯的发射光谱中,2537 Å ($h\nu_1$) 约占 90%, 1849 Å ($h\nu_2$) 约占 5%。采用功率较大的低压汞灯作为光源足以去除光刻胶。中压和高压汞灯的辐射功率较高,但工作寿命不低汞灯长,价格也较昂贵,不是理想的光源。

2. 臭氧产额

臭氧的功能在于它吸收了能量为 $h\nu_1$ 的光子以后,产生极其活泼的原子氧。原子氧使由碳氢化合物分解出来的离子、原子或分子氧化,生成可挥发性气体逸出表面,达到去除附着在物体表面上的有机物的目的。因此,提供适当的臭氧产额、保证工作室臭氧浓度对于提高去胶速率是至关重要的。

实验证明: 在工作室内安装一个臭氧发生器,提高工作室内的臭氧浓度有助于提高去胶速率。但是,臭氧浓度并非越高越好。因为臭氧对紫外光有较宽的吸收带(图 2),它的峰值吸收波长在 2600 Å。在 2537 Å 处,臭氧的吸收系数为 130/厘米,大气压强^[4,7]。假设,紫外光光源发射波长为 2537 Å 的光强为 I_0 , 在距离光源 d 厘米处的光强 I 应为

$$I = I_0 e^{-130Pd} \quad (1)$$

式中 P 为光源与样品之间的臭氧的平均压强。由式(1)可知,样品接收到的光子数目随臭氧的浓度的增加而减少。因此,在光源固定、光源与样品之间间距不变的情况下,臭氧浓度要适当。否则,臭氧浓度过高,被臭氧吸收掉的 $h\nu_1$ 光子过多,样品接收到的 $h\nu_1$ 光子过少,造成样品表面上的碳氢化合物不能充分分解,影响去胶速率。

3. 样品与光源之间的间距

根据式(1),样品接收到光子密度,随样品与光源之间间距增大而降低。为了使样品接收到足够的能量辐射,碳氢化合物得到充分的分解。原则上,样品与光源之间间距越小

越好,甚至可以把样品的被处理表面直接贴在光源的表面上。

由于两者距离缩短,性能活泼的原子氧的复合率也相应降低,到达被处理表面的原子氧的数量随之增多,有助于去胶速率的提高。

4. 光刻胶的稳定性

不同型号的光刻胶的紫外光/臭氧干法去胶的速率是不同的^[3]。这和光刻胶所用的材料和结构有关。光刻胶的性能越稳定,紫外光光子“击碎”它们的结合键越困难,去胶速率越低。

根据上面的分析,于是可以通过下列途径提高去胶速率:采用包含 $h\nu_1$ 和 $h\nu_2$ 光谱的紫外光光源,光源的功率尽可能高,发射密度足够高的 $h\nu_1$ 和 $h\nu_2$ 光子;配备臭氧发生器,保证工作室内有合适的臭氧浓度和尽可能缩短样品与紫外光光源之间的间距。

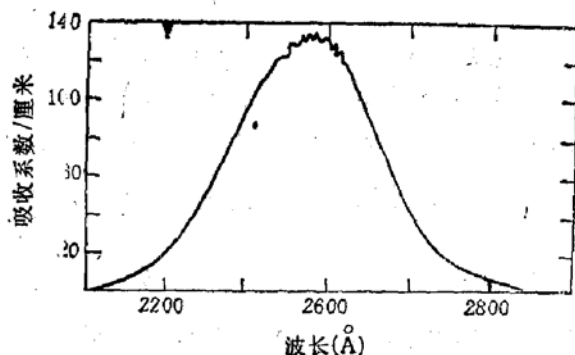


图2 臭氧的吸收光谱

四、实验装置和结果

新型的紫外光/臭氧去胶装置如图3所示。这个装置的特点是采用大功率紫外光光源 C-160W 平板形低压汞灯,有效工作面积为 10×10 厘米²。比我们原来用的光源的功率大 15 倍^[3]。在汞灯上方,安放一块紫外光反射片 B,使得汞灯另一侧发射的紫外光也能射向样品表面,增加样品接收到的光子数;位于反射片 B 上方的臭氧发生器 A 则是用来补充工作室内的臭氧浓度;密闭盒由铝板制成。为了增加紫外光的反射率和防止原子氧的腐蚀作用,密闭盒内壁经电化学处理。

为了便于与早期工作^[3]对比,我们仍采用 302、106 和 FZJ 三种负性光刻胶,按照常规工艺,涂敷在硅衬底上,作为实验样品。厚度都在 6000 Å 左右。

我们在两种不同的条件下对两批样品分别进行去胶试验。第一种工作条件是仅用紫外光光源处理光刻胶;第二种是除了紫外光光源,另外还启用臭氧发生器。实验结果表明:采用第二种工作条件,302、106 和 FZJ 光刻胶的平均去胶速率分别为 1000, 1000 和 1200 Å/分要比第一种工作条件大约快 1/3,已经具备实用价值。如用于实验室研究工作和小批量生产。去除光刻胶以后的衬底的洁净度可用接触角检测法、可湿性检测法和光电电子能谱(如俄歇电子能谱)检测法检查^[1,2,3,8,9]。紫外光/臭氧处理后的衬底表面是相当洁净的。

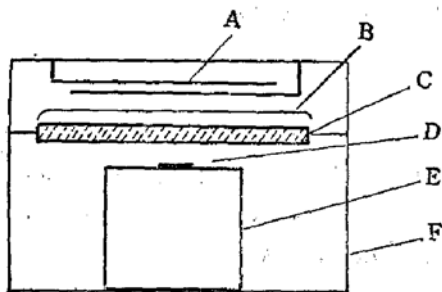


图3 紫外光/臭氧去胶装置示意图

A 臭氧发生器、B 紫外光反射片、C 紫外光光源、
D 样品、E 样品支架、F 密闭铝盒。

五、结 论

紫外光/臭氧干法去除光刻胶与其它现存的去胶方法相比有设备简单,费用低廉、操作方便和去胶彻底等优点。新装置在启用臭氧发生器的条件下,对 302、106 和 FZJ 等三种国产负性光刻胶的平均去胶已达到 $1000-1200 \text{ \AA}/\text{分}$,比早期 $1500 \text{ \AA}/\text{时}$ 的去胶速率提高了近 50 倍,展示了这种去胶方法的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 谈凯声,李建平,电子科学学刊,8,155 (1986).
- [2] 谈凯声,李建平,真空科学与技术,6,42 (1986).
- [3] 谈凯声,祁宜芝,半导体学报,10,236 (1988).
- [4] J. G. Clavert and J. N. Pitts, Jr., Photochemistry, pp. 205—209, 687—705, John Wiley and Sons, New York (1966).
- [5] V. S. Fikhtengolt's R. V. Zolotareva, and Yu A. L'vov, Ultraviolet Spectrum of Elastomers and Rubber Chemicals, Plenum Press, Data Div., New York (1966).
- [6] L. Lang, Absorption spectra in the Ultraviolet and visible region, Academic Press, New York (1965).
- [7] J. R. McNesby and H. Okabe, Oxygen and Ozone in: Advances in Photochemistry (W. A. Noyes, Jr., G. S. Hammond and J. N. Pitts, eds.), Vol. 3, pp. 166—174, Interscience Publishers, New York (1964).
- [8] J. R. Vig and J. W. LeBus, UV/Ozone Cleanning of Surfaces, IEEE Trans, Hybrids and Packag. PHP-12 (1976), 365—370.
- [9] M. E. Schrader, Surface-Contamination Detection Through Wettability Measurements, in Surface Contamination: in surface Contamination: Genesis, Detection and Control (K. L. Mittal, ed.), Vol. 2, pp. 541—555, Plenum Press, New York (1979).

Rate Enhancement of UV/Ozone Dry Depolymerization of Photoresists

Tan Kaisheng

(Institute of Electronics, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

This paper discusses several factors influencing the UV/ozone dry depolymerization rate and the ways enhancing the depolymerization rate of photoresists. A new type apparatus and the experimental results obtained with this apparatus are described.

Key words UV/ozone, Photoresists, Dry depolymerization, Depolymerization rate