

反应离子束刻蚀及其应用

金维新 孟宪光 尤大伟 胥兴才

(中国科学院半导体研究所)

1982年4月5日收到

提 要

本文对反应离子束刻蚀及掩模转换技术作了研究, 结果表明反应气体 O_2 或 CF_4 压力变化对 Au、Cr、Si、 SiO_2 、Al 等各种材料的刻蚀率影响是不同的, 金和铬的刻蚀率之比可达 16, 金和铝的刻蚀率之比可达 8.8. 因此, 反应离子束刻蚀和掩模转换技术已用来制造高深宽比的、精细的 X 射线金掩模图形。

为了制造高分辨率的、精细的、边壁陡直的 X 射线曝光用的金掩模图形, 用通常的光刻胶掩蔽及 Ar 离子束刻蚀是难以达到要求的. 为此我们开展了反应离子束刻蚀和掩模转换技术的研究。

实验装置如图 1 所示. 主要组成是在真空室内装有一个 $\phi 12$ 厘米的多极离子源, 一个能调角度的水冷旋转工作台和一个测量离子束流密度分布的法拉第探针排管. 针形阀可以控制反应气体定量进入。

反应离子束刻蚀与一般的纯 Ar 离子束刻蚀相比, 它可以提高或降低某些材料的刻蚀率, 从而可提高两种材料的刻蚀选择比. 掩模转换技术就是研究在不同条件下, 各种材料间的刻蚀选择比的变化. 另外反应离子束刻蚀仍具有离子束刻蚀的各向异性, 因此可以刻蚀精细图形。

反应气体 O_2 的实验

实验条件是: 离子束能量为 600eV, 束流密度为 0.5 mA/cm^2 , 总气压为 2.5×10^{-4} 托. 在不同氧分压下, 我们对各种材料, 如 Au、Cr、Si、 SiO_2 、Al 进行了刻蚀. 实验的结果如图 2 所示. 它表明, Au 材料基本不随氧分压的变化而变化, 而其它材料如 SiO_2 、Si、Cr、Al 的刻蚀率是随着氧分压增加而下降的^[1,2]. 在相同条件下, 不同材料刻蚀率之比随着氧分压的变化而改变, 对每两种材料都可以选择一个合适的氧分压, 使刻蚀率之比比较

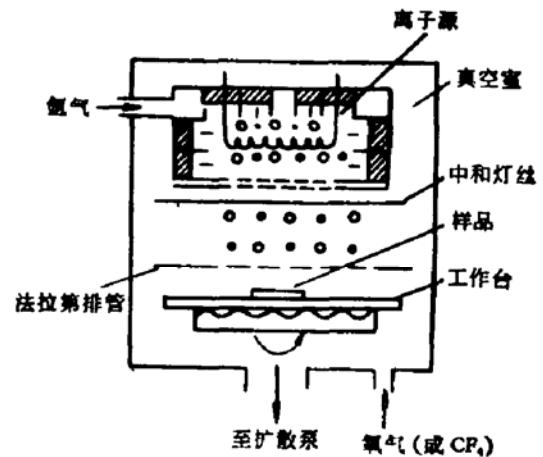


图 1 离子束刻蚀装置

● 电子 ○ 离子

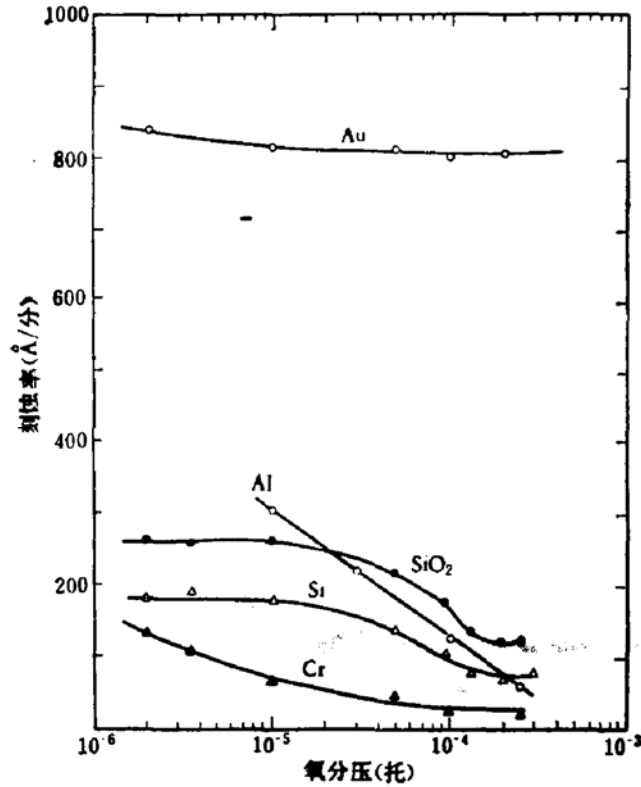


图 2 各种材料的刻蚀率与氧分压的关系

大。如氧分压在 2.5×10^{-5} 托时 SiO_2 与 Cr 刻蚀率之比为 5, Au 与 Cr 刻蚀率之比为 16, 氧分压在 1.5×10^{-4} 托时 Au 与 Al 刻蚀率之比为 8.8。利用这个特点,可以选择刻蚀率比较低的材料如 Cr、Al 作为金属掩模代替光刻胶掩模,用来刻蚀 Au, SiO_2 , Si 等材料,可以获得高精度的刻蚀图形。

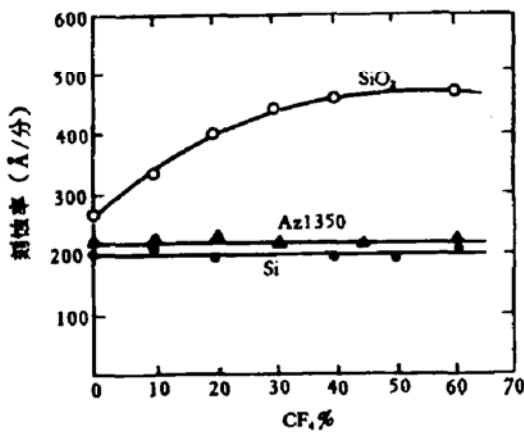


图 3 刻蚀率与 CF_4 百分含量的关系

反应气体 CF_4 的实验

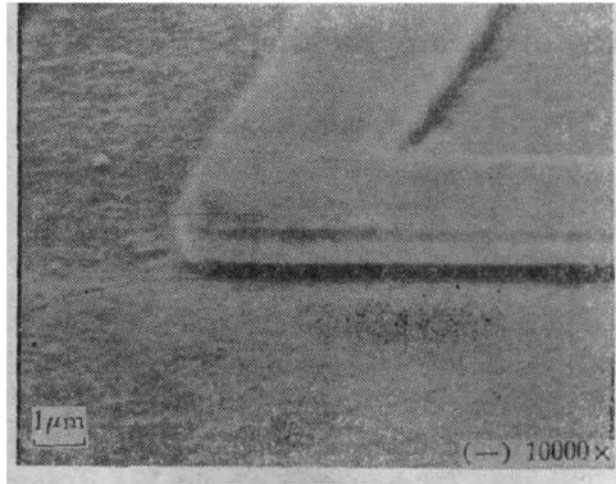
实验条件是离子束能量为 700eV, 束流密度为 $0.4\text{mA}/\text{cm}^2$, 总气压为 3.5×10^{-4} 托。 SiO_2 、Si 和 Az1350 胶的刻蚀率随 CF_4 百分含量变化的实验曲线由图 3 所示。由图可见 Si 和 Az1350 胶的刻蚀率基本不随 CF_4 百分含量变化。而 SiO_2 的刻蚀率是随着 CF_4 百分含量的增加而加快。因此引进适量的 CF_4 反应气体,可以改变 SiO_2 和 Az1350 胶, SiO_2

和 Si 的刻蚀选择比。当 CF_4 分压大于 50% 时,刻蚀比都大于 2。这点在 Si 集成电路的制造中,对于 SiO_2 的精细刻蚀,具有较大的潜在意义。

掩模转换实验

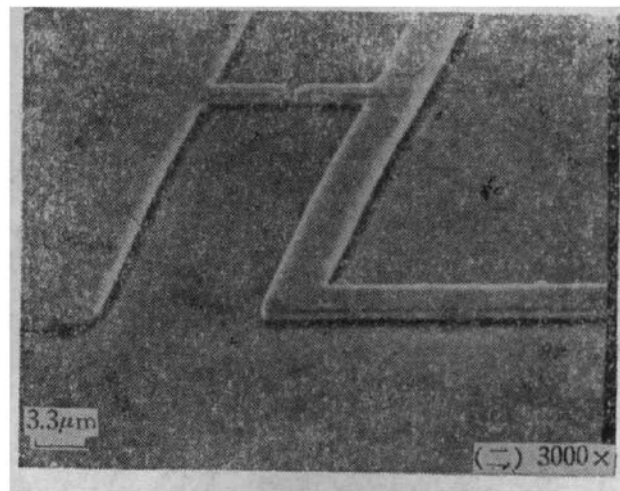
通常用胶作掩模,不仅因厚的胶层在曝光时使分辨率降低,而且还因胶的刻面效

应^[3], 使刻出的图形精度变差. 如刻蚀 $1\mu\text{m}$ 厚的金膜需要胶厚 $1.5\mu\text{m}$, 刻蚀的金图形线宽精度约 $1\mu\text{m}$, 坡度为 45° . 为了提高刻蚀精度, 进行了掩模转换, 即在 Ar 离子中引进反应气体 O_2 , 将 Az 1350 胶图形转换到 Cr 或 Al 这样一些刻蚀率远小于 Au 的金属膜上. 刻蚀 $0.7\mu\text{m}$ — $1\mu\text{m}$ 厚的金膜仅需要 1000 \AA — 1200 \AA 厚的 Cr 膜或 2000 \AA 厚的 Al 膜. 实验结果见照片 1. 图形边缘陡直, 线宽精度为 $\pm 0.1\mu\text{m}$, 边坡度为 70° .



照片 1

金属作掩模比胶作掩模有许多优点, 除了减少刻面效应, 提高了刻蚀图形的分辨率以外, 金属掩模比胶耐高温, 由于胶温度过高常常出现碳化问题, 这样不但要求工作台水冷, 而且离子源束流也不能太大, 对工艺条件要求较高. 此外由于用 Cr 或 Al 作掩模时需要加入氧反应气体, 这样对工作室的真空度要求降低, 可以节省抽真空时间, 缩短实验周期.



照片 2

我们将掩模转换技术和反应离子束刻蚀相结合已制作了 X 射线金掩模图形. 见照片 2. 它具有 $0.3\mu\text{m}$ 间距, $1\mu\text{m}$ 线宽, $1\mu\text{m}$ 深度的精细图形, 刻蚀面积为 3 英寸见方的 X 射线金掩模.

参 考 文 献

- [1] M. Cantagrel, *J. Mater. Sci.* 8, 1711 (1973).
[2] T. Funayama, *J. Vac. Sci. Technol.*, 15, 398 (1978).
[3] Per, G. Glörsner, *Solid State Technol.*, 19, 68, (1976).

Reactive Ion Beam Etching and Its Application

Jin Weixin, Meng Xianguang, You Dawei and Xu Xingcai

(*Institute of Semiconductors, Academia Sinica*)

Abstract

Reactive ion beam etching and mask transfer technique were investigated. Results showed that pressure changes of the reactive gas O_2 or CF_4 have a different effect on the etching rate of such materials as Au, Cr, Si, SiO_2 , Al etc. The ratio of the etching rate between gold and chromium can reach a value of 16, while it can reach 8.8 between gold and aluminium. Therefore, high precision gold X-ray mask patterns with high depth-to-width ratio have been fabricated by reactive ion beam etching and mask transfer technique.