

研究简报

# 一种制作亚微米间隔的方法

谢可勋 蒋建飞 谢 纶

(上海交通大学,微电子技术研究所,上海)

1988年10月28日收到修改稿

本文研究了利用光刻图形转移过程中,湿法化学刻蚀存在的侧向钻蚀,通过对钻蚀程度的控制获得小于 $0.5\mu\text{m}$ 的线条间隔。

**主题词:** 亚微米技术, 化学刻蚀, 约瑟夫逊结

## 一、引言

半导体集成电路进入超大规模以后, 器件的线条宽度减少至亚微米。制作亚微米线条必须借助于电子束曝光技术及离子刻蚀技术。某些特种器件, 如 GaAs 器件、超导约瑟夫逊器件, 仅在某个特定部位需要亚微米线条, 但器件整体线条要求并不高。因此已有一些研究者用常规的半导体工艺设备、利用特殊的工艺方法来制作亚微米线条。P. C. Chao 用堆积掩蔽技术在 GaAs MESFET 中成功地制作了亚微米栅极<sup>[1]</sup>。V. J. Kapoor 用边缘刻蚀技术制取了亚微米线条间隔<sup>[2]</sup>。N. H. Sheng 用多层掩蔽技术也获得了亚微米线条间隔<sup>[3]</sup>。这些技术对于一些结构比较简单的器件有着一定的应用价值。本文用控制侧向钻蚀的方法制取亚微米线条间隔。此方法可用于半导体耦合平面型超导约瑟夫逊结研究<sup>[4]</sup>。

## 二、实验方法

在湿法化学刻蚀进行光刻图形转移时存在侧向钻蚀现象, 其钻蚀深度大致与被刻蚀层的厚度相同。因此湿法刻蚀只能应用在线条宽度大于 $1\mu\text{m}$ 的器件工艺。但是如果我们将所需的线条间的间距本身就是用侧向钻蚀的程度来控制, 而且刻蚀层的厚度小于 $1\mu\text{m}$ , 利用侧向钻蚀可以获得亚微米线条间隔。图 1 是我们用来制作亚微米线条间隔的实验步骤。

采用 Si 片作为基底, 用射频溅射淀积一层约 $2400\text{ \AA}$ 左右的 Nb 膜。溅射工作压强为 $5.0 \times 10^{-2}\text{ Torr}$ , 溅射功率为 200W, Si 片温度为 $200^\circ\text{C}$ , 溅射 4 分钟。选用的光刻胶为 AZ-1350 胶厚约 $1\mu\text{m}$ , 光刻图形后, 用  $\text{HF:HNO}_3:\text{HCl} = 14:75:225$  在 $20^\circ\text{C}$ 下刻蚀 Nb 膜。刻蚀时间以 Nb 膜正好刻蚀完为标准, 略微过蚀几秒钟即刻蚀完毕。保留光刻胶, 第

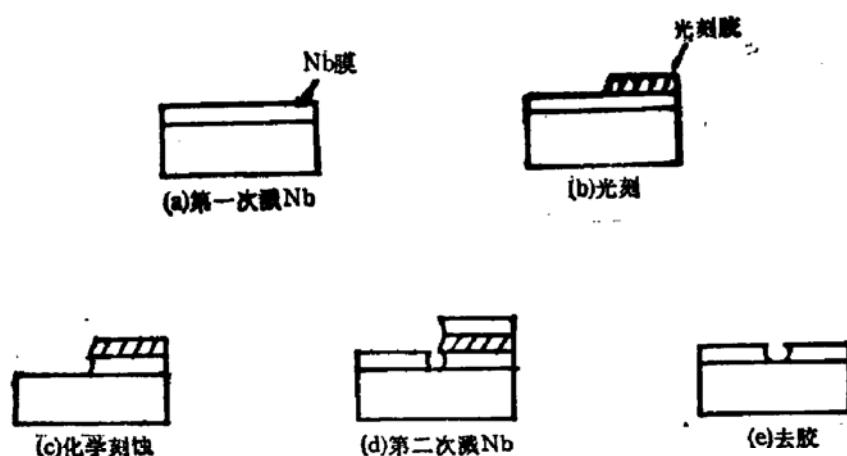


图 1 实验原理

二次淀积 Nb 层, Si 片温度为 100℃, 漫射 3 分 30 秒, 厚度约为 2200 Å。最后用丙酮剥离光刻胶, 在扫描电镜下观察实验结果。

### 三、实验结果与讨论

图 2 (a)、(b) 都是采用相同方法得到的实验结果。从图 2 (a) 可以测出其宽度在  $0.3\mu\text{m}$  至  $0.4\mu\text{m}$  间, 下部腐蚀过度间隔很大, 这是由于光刻胶没有保护好造成。图 2 (b) 可以看出, 其间隔也在  $0.5\mu\text{m}$  以下。从实验结果上看, 这种方法能够获得小于  $0.5\mu\text{m}$  的线条间隔。

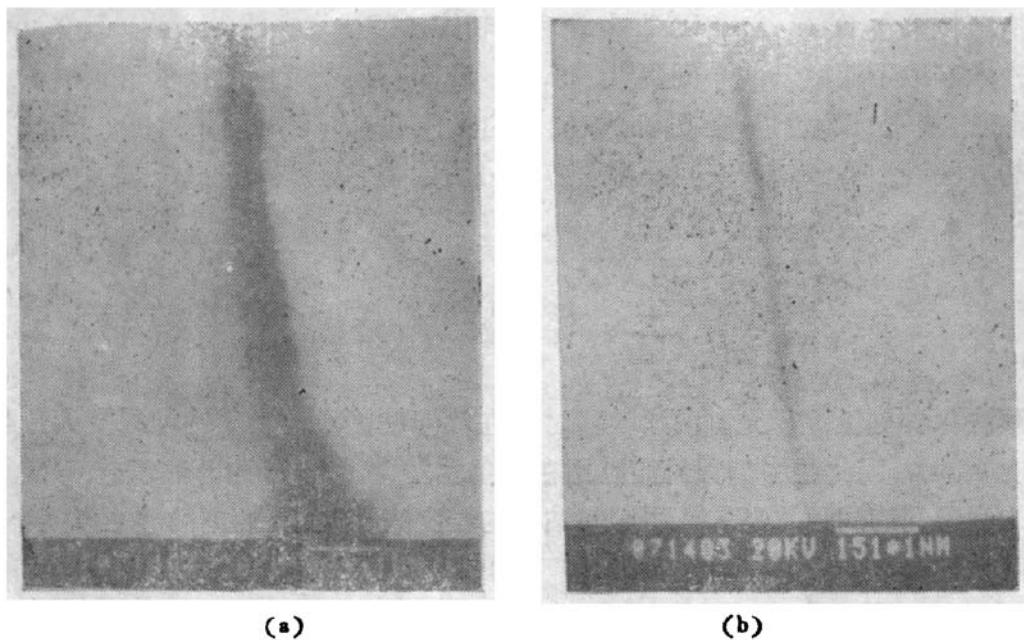


图 2

从实验中我们发现, 线条间隔主要取决于以下几点。第一: Nb 膜厚度。这从原理上可以解释, 如果 Nb 膜较厚, 相应刻蚀 Nb 膜的时间就长, 侧向钻蚀也就严重。事实上, 当淀积的 Nb 层到  $0.5\mu\text{m}$  厚度, 很难再得到亚微米间隔。但膜厚的选择受到器件实际需要

的限制，因此不可能进一步减少 Nb 膜厚度来获得更窄的间隔，Nb 电极一般至少在 2000 Å 以上才能有良好的超导电性。第二是腐蚀时间的控制，所使用的腐蚀液腐蚀速率要比较适中。如果腐蚀速度过快，无法控制钻蚀速度，我们曾用  $\text{HF:HNO}_3:\text{H}_2\text{O} = 1:3:6$  进行刻蚀，腐蚀速度不易控制得不到亚微米线条间隔。改用  $\text{HF:HNO}_3:\text{HCl} = 14:75:225$  腐蚀液，刻蚀 2400 Å 左右的 Nb 膜，时间在 1—2 分钟间，因这种腐蚀剂对 Si 片腐蚀性极小，因此可以清楚地看到 Nb 膜是否被刻蚀完，略微过腐蚀数秒的目的是保证没有残留的 Nb 膜。

采用这种方法制作亚微米线度间隔的优点是方法简单而且对金属层的材料及薄膜制作都没有限制。我们曾用热蒸发 Al 层代替溅射淀积 Nb 膜，也能得到较满意的结果。其缺点是成功率很低，不易控制。实验中观察到常常在最后一步剥离光刻胶时发生困难。其原因主要是溅射时，因光刻胶断面常常不可能很陡，而溅射的真空度不是很高，容易在断面上也溅射上 Nb 膜，使得图 1(d) 中 Si 片上的 Nb 与光刻胶上的 Nb 连成一片，因此无法去胶。另一个问题是腐蚀后，光刻胶往往有些变形。侧面成锯齿形，从而造成第二次溅射的 Nb 边缘不整齐，甚至与第一次溅的 Nb 膜连接起来。因此在实验中，对光刻要求，腐蚀时间控制要求都很高。但尽管其成功率不是很高，在结构比较简单的器件中仍有一定的应用价值。

#### 四、结 论

在湿法化学刻蚀中，通过控制金属 Nb 膜的侧向钻蚀，用常规的半导体工艺，在金属线条中制取了亚微米的线条间隔。这种方法在原理上对材料的选择、制膜方法都没有限制。

作者感谢应用物理系应再生同志给予实验上的帮助。

#### 参 考 文 献

- [1] P. C. Chao, W. H. Ku and J. Nulman, *IEEE Electron Device Letters*, 3, 286 (1982).
- [2] V. J. Kapoor, *IEEE Electron Device Letters*, 2, 92 (1981).
- [3] N. H. Sheng, M. F. Chang, C. P. Lee, *IEEE Electron Device Letters*, 7, 11 (1986).
- [4] 谢可勋，上海交通大学研究生学位论文，(1987)。

## Method for Fabricating Submicron Spaces

Xie Kexun, Jiang Jianfei and Xie Ying

(Microelectronics Technical Institute, Shanghai Jiao Tong University)

### Abstract

A new method for fabricating submicron spaces is described. The method demonstrates to be capable of producing submicron spaces (less than  $0.5 \mu\text{m}$ ) between metal film lines using chemical etching. The experiment is based on conventional semiconductor equipments. It is obvious that this method is not confined by materials of the thin film and the techniques of preparing the thin films.

**KEY WORDS:** Submicron technique, Chemical etching, Josephon junction