

在单晶锗上车出表面粗糙度 Ra 为 6nm 的超精密表面,现正对单晶硅, $LiNbO_3$, KDP 等光学晶体材料进行切削试验,寻求脆-韧转换条件。在超精密机床的研制方面,国内也取得了可喜的进展,北京机床研究所、沈阳第一机床厂、济南第一机床厂、上海机床厂等单位均有超精密加工机床供货。

为了适应当代科学技术飞速发展的形势,推动我国光学、光电子及航空、航天技术迅速赶上世界先进水平,我们必须重视脆性材料光学元件超精密加工技术的研究工作。我们既要重视从理论上深入研究脆性材料超精密加工过程中的脆韧转换机制及加工机理,寻求韧性加工的工艺条件,也要重视研制高水平的超精密加工机床。

[1] Y.Namba et al., *Annals of the CIRP*, **26**(1977), 325.
 [2] 森勇藏等,精密机械, **49**(1985),1540.
 [3] 庞滔、毛克良等, 中国机械工程学会生产工程专业学

会第六届学术大会论文集,机械工业出版社,(1991), 183.

[4] J. M. Bennett et al., *Applied Optics*, **26**(1987), 696.
 [5] S.R. Wilson et al., *OSA Tech. Digest Series*, **19** (1987), 20.
 [6] O. Podzimek et al., *Proc. SPIE*, **656**(1986),135.
 [7] R. Brehm, *Precision Engineering*, **1**(1979),207.
 [8] M.G.Schinker et al., *Proc. SPIE*, **381**(1983),32.
 [9] M.G. Schinker et al., *Proc. SPIE*, **802**(1987),70.
 [10] M.G. Schinker et al., *Precision Engineering*, **13** (1991), 208.
 [11] T.G. Bifano et al., *Proc. SPIE*, **803**(1987), 12.
 [12] P. N. Blake et al., *J. Amer. Ceram. Soc.*, **73** (1990), 949.
 [13] W. S. Blackley et al., *Precision Engineering*, **13** (1991), 95.
 [14] T. Nakasuji et al., *Annals of the CIRP*, **39** (1990), 89.
 [15] T.G. Bifano et al., *Proc. SPIE*, **966**(1988),108.
 [16] W. J. Wills-Moreen et al., *Proc. SPIE*, **1333** (1990), 126.
 [17] Y.Namba et al., *Annals of the CIRP*, **38**(1989), 331.
 [18] J.Yoshioka et al., *Proc. SPIE*, **1320**(1990),296.
 [19] J. Yu etc., *Proc. of the Sino-Japan Symposium on Engineering Optics*, Published by ACTA OPTICA SINICA, (1992), 198.

一种制备金属硅化物的离子束新技术

柳百新 朱德华 卢红波

(清华大学材料科学与工程系,北京 100084)

随着目前超大规模集成电路的迅速发展,要求器件尺寸按比例缩小,线宽也要求相应变窄。而多晶硅的薄层电阻极限为 $30-60\Omega/\square$,因此器件尺寸的进一步减小就被栅极内引线的内线电阻所限制。为此,必须寻找新的合适的替代物以改进电路的速度。对于 MOS 器件来说,其特性取决于一系列参数,其中以 RC 时间常数最为重要。 RC 值越大,器件的工作速度就越慢。根据理论计算和实验验证, RC 随薄层电阻的增加而增加。大多数金属由于低共熔温度、高扩散系数、较差的化学稳定性等特点而不适合于 VLSI 器件。因此低电阻率的金属硅化物便成为很有希望的候选者。硅化物作为栅和内引线金属化的材料,具有所期望的较

高的电迁移率和直接在多晶硅上形成的优点,因此引起广泛重视。其中难熔金属(IVA、VA 和 VIA 族)硅化物以及近贵金属(VIII 族)硅化物更具有类似于金属的低电阻率(约为多晶硅的十分之一或更低)和高温稳定性。因此自 60 年代起,许多从事集成电路开发的研究机构和公司都投入了不少人力和物力进行这方面的研究,并于 80 年代初,已应用于某些器件的栅极和欧姆接触,获得良好的效果^[1]。硅化物除了具有所需要的低电阻率外,还能满足其他许多性能要求。难熔金属硅化物宜作栅金属化,VIII 族金属硅化物宜作接触。其中 $TiSi_2$, $TaSi_2$, $MoSi_2$, WSi_2 这四种硅化物被认为最有希望用在多晶硅栅上。

制备硅化物的常规方法为烧结淀积有金属薄膜的硅片。淀积金属薄膜的方法有蒸发、溅射、化学沉积等。在真空或惰性气体保护下,热退火烧结已经被广泛地用作获得金属硅化物的主要手段。70年代后期开始,利用载能束如激光、电子束和离子束对半导体材料进行退火引起广泛的注意^[2,3]。载能束热处理时间短而且能量沉积比较集中,可以快速加热和快速冷却。而且,离子束技术还具有很好的可控性和重复性。材料在载能束的作用下,会发生一个瞬态退火的过程。其中激光和电子束处理包括脉冲辐照和扫描辐照。脉冲辐照加热时间为 10^{-9} — 10^{-6} s,金属与硅片经过液相扩散反应。脉冲过后,冷却速度达到 10^{11} °C/s,导致合金相的形成。这种方法形成的硅化物呈多相结构,相的成分和分布不甚均匀,不适宜用于VLSI器件中。扫描辐照的优点是束流能量和扫描速度可控,硅化物的形成类似于稳态退火的结果,常常得到单相而且较为均匀的组织,可用于VLSI器件中。80年代初发展起来的离子束混合(IBM)技术则是用载能离子轰击淀积有金属膜的硅片,使界面混合而形成硅化物^[4]。IBM技术与稳态退火形成的硅化物有一定的差别。近五、六年发展起来的用大剂量金属离子直接注入硅片的离子注入合成(IFS)技术,同样非常引人注目^[5]。用这两种技术制备硅化物均需要经过高温退火。这样在金属膜中或基片表面存在的任何所不需要的杂质,在高温退火中会扩散进入到硅片中而引起器件失效。

怎样更好地利用并完善离子注入技术呢?近年来发展起来的强流金属离子源为进一步研究提供了令人感兴趣的新途径。强流金属离子源利用阴极和阳极间的真空弧放电,由阴极

表面材料的蒸发和电离而产生高密度的金属等离子体,因此又称为金属蒸汽真空弧离子源(MEVVA源)^[6]。它几乎可以产生所有金属元素的离子,而且束流很强。若用MEVVA源的金属离子进行注入,则束流会使靶温升高,有利于金属化合物的直接形成。根据金属硅化物需要在高温条件下才能形成的特点,作者首先提出了用这种强流离子束注入在单晶硅中直接形成金属硅化物的想法,并首次用MEVVA源注入在Ti-Si系统中形成了C54-TiSi₂,其电阻率与用其他方法形成的硅化物的电阻率相当^[7],并用同样方法直接形成WSi₂层^[8]。这种技术有可能简化金属硅化物的制备工艺,而且可以减少由于杂质扩散等因素造成器件失效的可能性。因此作者又对一系列难熔金属,如Fe, Ta, Nb, Mo等进行了系统的实验研究,并从晶体结构、热力学、动力学等方面对金属硅化物的形成规律作了探讨。研究表明,强流金属离子注入很有希望发展成为VLSI工艺中的一种新技术。

- [1] S. P. Murarka, *Silicides for VLSI Application*, Academic Press, New York, (1983).
- [2] *Proc. Conf. Laser Solid Interaction and Laser Processing*, 1978 I.S. Dierris and J.M. Poate, eds., Am. Inst. Phys., New York, (1979).
- [3] T. Shibata, T. W. Sigmon and J. I. Cilbbons, *J. Electrochem. Soc.*, **128**, (1981), 637.
- [4] B.Y. Tsaur, Z. L. Liao and J. W. Mayer, *Phys. Lett. A*, **71**(1979), 30.
- [5] K. Radermacher et al., *Mater. Sci. & Eng.*, **B12** (1992), 115.
- [6] Ian G. Brown, James E. Gavin and Robert A. McGill, *Appl. Phys. Lett.*, **47**(1985), 358.
- [7] D. H. Zhu, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **62**(1993), 2356.
- [8] D. H. Zhu, H. B. Lu and B. X. Liu, *J. Phys.: Condensed Matter*, **5**(1993), 5505.