

刘金欣¹, 黄智恒¹

¹材料科学与工程学院, 中山大学, 广州市, 广东省, 中国

Abstract

随着电子器件尺寸持续缩小接近物理极限, 摩尔定律正面临巨大挑战, 半导体制造业开始过渡到"超越摩尔"的三维集成时代。铜硅通孔是实现三维集成的关键技术之一, 该技术通过铜硅通孔将多个芯片堆叠互连。然而, 实际使用铜硅通孔互连芯片存在着可靠性问题, 例如铜硅通孔的凸起。这个现象是由于铜与硅之间热膨胀系数的差异较大, 因此在器件服役过程中会产生显著的热应力, 造成铜硅通孔的凸起, 严重地影响到器件的功能和完整性。为研究铜硅通孔凸起的机理, 本文采用相场晶体法从原子尺度模拟重现硅通孔的凸起过程。在COMSOL Multiphysics基本模块中, 使用系数形式将相场晶体模型的高阶非线性偏微分方程进行降阶求解, 通过在模型中加入"惩罚项"对铜硅通孔施加载荷, 从而实现在原子尺度模拟铜硅通孔在外加载荷下的力学响应行为。仿真结果表明, 硅通孔在外加压缩载荷的作用下产生凸起现象, 同时可观察到硅通孔内晶粒的旋转和合并, 位错的滑移和攀移运动等现象。模拟研究发现铜的凸起与硅通孔周边载荷的分布以及硅通孔顶端晶粒数目密切相关。当硅通孔顶端所施加的压缩载荷越大, 且硅通孔顶端含有更少量晶粒时, 引起的凸起会越大。此外, 本文还使用扩散蠕变模型来解释铜硅通孔的凸起行为。

Figures used in the abstract

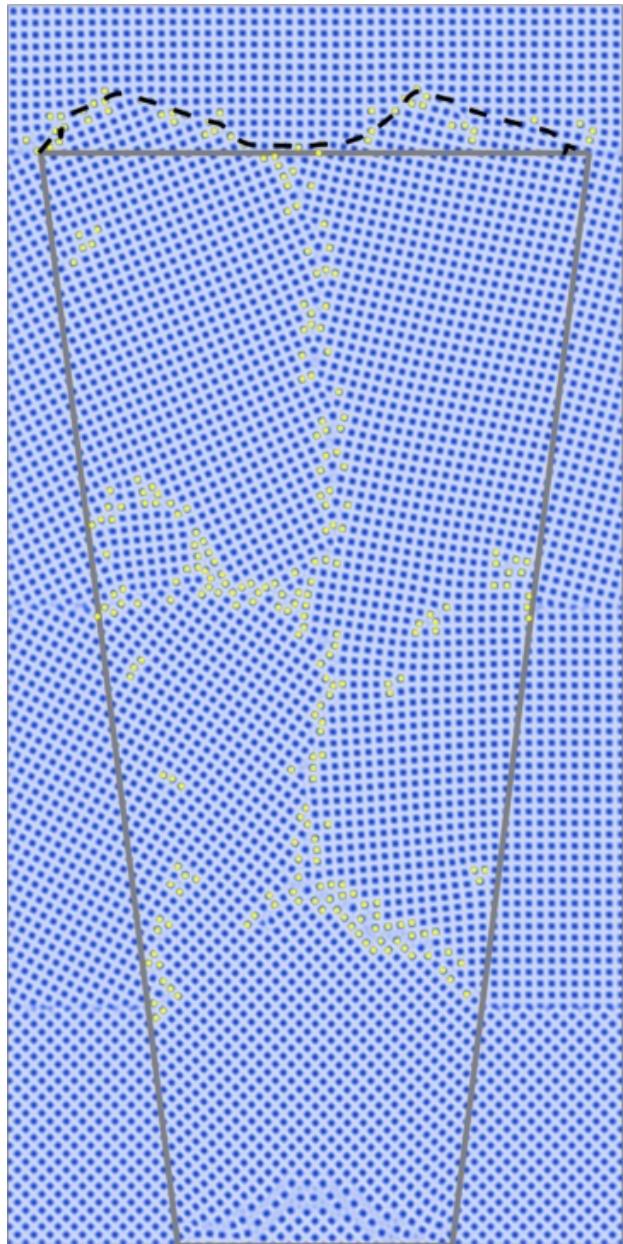


Figure 1: 相场晶体法模拟铜硅通孔在原子尺度的凸起，其中灰实线框内为硅通孔区域，黑色虚线为硅通孔凸起形貌。