

# 中国激光

## “激光高性能连接技术与装备”专题

### 前 言

微电子器件及其系统越来越广泛地应用于信息、航空航天、深空探测、机械、交通、能源、生物、医疗等领域,并伴随集成电路、微纳制造、新型材料等高新科学技术的发展,迅速向微型化甚至纳米尺度、多功能、高功率、多材料应用、复杂三维结构等方向发展。微纳尺度的材料连接即“微纳连接”是微电子器件及其系统性能,特别是严苛条件下服役可靠性的关键制造环节和核心技术。微纳连接是焊接与连接学科的重要发展方向和学科增长点,主要有如下特殊性:1)被连接材料即母材/器件/系统、连接材料和焊点尺寸越来越细小甚至达到纳米尺度;2)多尺度或跨尺度连接包括纳—纳/微/宏、微—微/宏、纳—微—宏的连接;3)多种异质材料甚至是冶金不相容材料之间的连接;4)复杂三维结构的元器件及其系统集成往往需要多层次的连接,涉及前道连接工艺与后道连接工艺的兼容;5)在保证力学性能的前提下,往往还需要满足电、热、声、光、磁等单项特性甚至多项功能特性兼顾。因此,微纳连接的发展可借鉴常规的钎焊、电阻焊、扩散焊、激光焊、电子束焊等工艺方法的基本原理,但更需要考虑微纳尺度连接特别是纳米尺度下材料连接即“纳米连接”的接头形成、性能要求及其可靠性评估等的特殊性,并急需大力研发适合微纳连接特别是纳米连接的新方法、新工艺并形成理论;同时,微纳连接发展也需要与物理、化学、电学、光学、材料、环境等多学科交叉。微纳连接特别是纳米连接面临诸多挑战,如纳米尺度热源获得与控制、精确定位与安装、高效成形与质量控制、可靠性评价等。正因如此,纳米连接尺寸效应与机制探究、新型微纳连接材料开发、新型连接方法探索、新型微纳功能元器件构建、接头性能评测特别是多场耦合作用下的元器件及其系统服役失效机制和可靠性评估、精密微纳连接装备研发等是微纳连接研究和应用领域的重要方向。

激光作为焊接与连接的热源,具有能量密度高、非接触、变形小、连接精度高等特点,特别

是超快激光更有超高峰值功率密度、材料适应性广、非线性效应、“冷加工”等特点。因此,基于激光特别是超快激光微纳制造的微纳连接是目前研究最为活跃、最有发展前景的方向之一,涉及激光微纳连接的精密装备研制、基于激光诱导的微区能场获取、纳米连接材料/薄膜/微结构的制备、微纳连接工艺和可靠性评估等,并在电子封装与新型微纳器件研制中发挥越来越重要的作用。

新能源、交通、航空航天、5G、电力电网等领域迫切需求基于第三代半导体材料(如 SiC、GaN)的功率电子器件、耐高温传感器等核心元器件;同样,基于纳米线的新型微纳功能器件也是国际研究前沿并将得到广泛应用。耐高温、高强度、高可靠性的微纳连接技术和可控纳米连接装备是上述器件研发的核心与瓶颈。在科技部重点研发计划专项支持下,清华大学、武汉大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、北京航空航天大学、广东正业科技股份有限公司、南京银茂微电子制造有限公司七家单位形成优势互补组合,面向第三代半导体器件和新型微纳功能器件高性能连接的重大需求和国际前沿,以纳米连接为核心,围绕基于激光制造的跨尺度和多材料纳米连接的共性基础问题、激光制备纳米材料/结构及其用于低温连接的技术与装备、三维跨尺度纳米操作和激光可控纳米连接的技术与装备三方面开展了系统研究,并取得了系列国际先进的创新成果,为基于激光制造的纳米连接技术实用化奠定了坚实基础。本专题集中展示了项目组的纳米连接研究成果,以及国内外科研团队在相关领域的最新进展和发展趋势。

研究工作得到科技部国家重点研发计划“增材制造与激光制造”专项“激光高性能连接技术与装备”项目(项目编号:2017YFB1104900)的支持,在此一并致谢!

邹贵生,桂成群,王扬

2021 年 3 月 2 日