



电子封装在电子工艺实习中的研究

姜倩倩¹, 吴 屏¹, 王亚男¹, 计红军²

(1. 哈尔滨工业大学(深圳) 实验与创新实践教育中心, 深圳 518000; 2. 哈尔滨工业大学(深圳) 材料科学与工程学院, 深圳 518000)

摘要: 以建设电子封装学科和培养专业交叉型人才为目标, 通过课内理论讲解、翻转课堂和实操相结合的教学模式, 开展了电子封装在电子工艺实习中的探索研究, 不仅完善了电子工艺实习封装体系, 让不同专业学生学习了电子封装学科所涉及的材料科学、电子技术以及计算机系统等多门跨学科知识, 更体验了微电子制作工艺技术, 提高了他们的分析、设计和高精度制造设备、测试设备的动手实践能力。激发了学生对电子封装及相关领域的兴趣, 为进一步培养行业技术人才打下坚实的基础。

关键词: 电子封装; 微电子制造; 电子工艺实习; 实践教学

中图分类号: TM02

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20210209

Research on Electronic Packaging in Electronic Technology Practice

JIANG Qianqian¹, WU Ping¹, WANG Yanan¹, JI Hongjun²

(1. Education Center of Experiments and Innovations, Harbin Institute of Technology, Shenzhen 518055, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Shenzhen 518055, China)

Abstract: With the purposes of building the electronic packaging discipline and cultivating interdisciplinary talents, the exploration and research of electronic packaging in electronic technology practice are carried out through the combination of theoretical explanation, the flipped classroom and practical operation. This only consummates the packaging system of electronic technology practice, allowing students to learn the interdisciplinary knowledge of material science, electronic technology and computer system involved in the electronic packaging discipline, but also let them experience microelectronics manufacturing technology and improves their analysis ability, design ability and the practical abilities for high-precision manufacturing equipment and test equipment, stimulates students' interests in electronic packaging and related fields, and lays a solid foundation for further training talents of the industry.

Key words: electronic packaging; microelectronic manufacture; electronic technology practice; practical teaching

我国的电子封装专业起步较晚, 虽然近年来已取得不错的成绩, 但是行业技术创新的不足已成为制约我国制造业升级的关键问题。尤其最近出现汽车芯片告急, 手机芯片急缺等行业状况, 迫使产业界对 IC 芯片和电子封装技术专业人才提出了迫切的需求, 也对电子封装学科建设和特色人才培养提出了更高的要求。国外美国高校在电子封装课程设置上, 更加偏向于基础理论知识, 通过现象进行本质分析, 培养学生独立思考和创新能力; 德国高校课程教学内容会给学生带来最新的工业界经验, 了解技术最新发展方向, 理论

联系实际。国内许多高校虽然电子封装课程设置形式多样, 且多采用校企联合、学术讲座、国际会议等培养模式, 但本科阶段的教学模式由于各种条件的限制仍大部分局限于传统课堂授课方式, 教学对象仅限于材料及相关专业学生^[1]。为了解决此背景下创新人才培养的普及性和专业交叉性的问题, 哈尔滨工业大学(深圳)在电子工艺实习中引入了电子封装设计及制造课程。

哈尔滨工业大学(深圳)电子工艺实习课程体系如图 1 所示, 课程模块间是相辅相成的存在, 以电子封装设计及制造为先入课程, 内容涵盖软

收稿日期: 2021-04-21; 修回日期: 2021-09-27

基金项目: 广东省高等教育教学改革项目(粤教高函〔2018〕180号); 哈尔滨工业大学(深圳)教学改革项目(HITSZERP19003)。

作者简介: 姜倩倩(1986-), 女, 硕士, 实验师, 主要从事电子封装、电路、电子技术、电子工艺实习等实验教学工作。

件、硬件、设计和制造, 过程使用最新设计方法、先进设计工具和制作工艺, 通过一系列课程最终实现系统化的课程设计要求, 使课程体系更

加先进和完善, 实现了培养学生的工业知识、基本技能、工程素养、设计与创新等综合能力的目标^[2]。

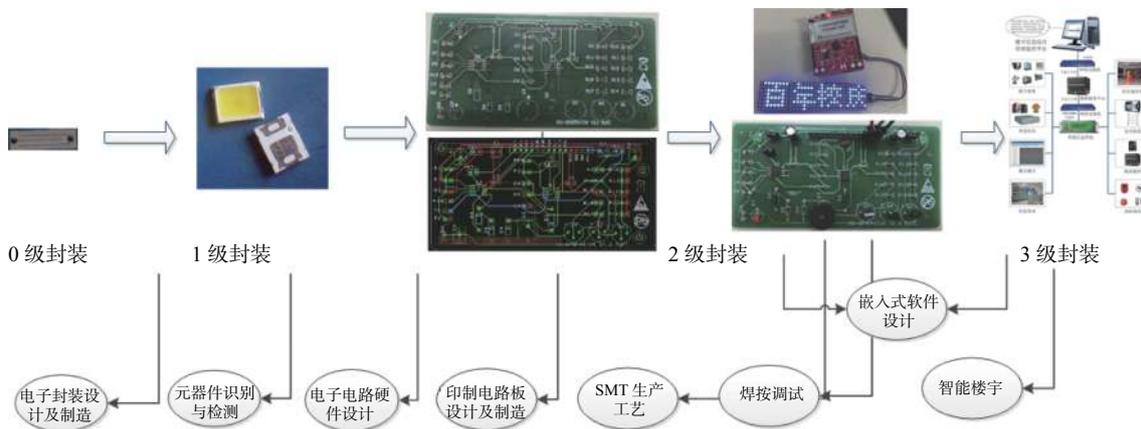


图 1 电子工艺实习课程设置

1 电子封装设计及制造

电子封装设计及制造的授课对象为理工科不同专业本科一年级和二年级学生, 专业覆盖范围广, 学生学习基础不同, 因此课程在授课模式相同的基础上, 授课内容会在不同专业学习基础上, 进行侧重点不同和内容定制化的学习。

1.1 课程建设

1.1.1 教学模式

电子封装设计及制造采用课内理论, 实操课前翻转课堂和实操相结合的教学模式。在理论课堂上层层递进, 逐步引导学生思考问题和掌握半导体封装相关理论知识; 实操课前翻转课堂上学习和讨论具体实操过程中需要掌握的操作原理、规范、操作事项以及其他内容, 组内和小组间消化问题, 带着无法解决的问题进入课堂; 实操以贯穿整个电子工艺实习的工程项目“温度报警器电路”为驱动, 在实验室内对项目所需的 LED 进行手动封装且对封装后的 LED 进行性能测试分析, 让学生接触了材料科学、电子技术以及计算机系统等多个跨学科知识^[3]。满足测试标准的 LED 将最终进行焊接调试应用。

1.1.2 教学内容

国内很多高校在电子工艺实习中对 PCB 制作工艺、SMT 制作工艺以及焊接调试工艺等均设置了课程, 但是在基础电子制造工艺的微电子制造工艺方面很少涉及, 电子封装设计及制造课程填补了这个空白, 学生在课堂上可以体验先进的工

业工艺流程, 学习最新的工艺技术, 对本专业学科知识有了极大的拓展和综合。

理论课程采用循序渐进的授课方式, 如图 2 所示, 课程内容从半导体材料开始, 到元器件可靠性结束, 普及半导体材料发展到集成电路的历程, 半导体材料到集成电路的微电子制作工艺, 工艺技术, 中间包含半导体封装的类型和封装的发展趋势, 最后对封装后集成电路的互连缺陷和可靠性测试的内容进行介绍, 层层递进, 一环扣一环, 逐步引导学生了解半导体封装的工艺流程, 掌握目前电子行业成熟及主流的关键工艺技术, 为后面实操打下理论基础。



图 2 理论授课内容

开始动手操作前, 学生在得到课前任务的基础上, 首先以课程视频为素材, 进行翻转课堂的学习。翻转课堂以“沙子如何变成 CPU”开篇, 让学生从感官上认识课程内容, 同时介绍中国芯片发展现状以及技术难题, 讲述先进制造进口设备和国产设备参数区别、性能区别, 激发学生的爱国热情, 为中国芯片的发展引入更多的人才。具体内容分成 3 大部分, 分别是净化间设置介绍、安全操作规范和操作原理, 让学生课外学习原实操过程中老师所讲内容, 完成课前任务。

实操流程如图 3 所示, 分别是安全规范学习, 分小组完成整个 LED 封装工艺流程操作、

测试及分析，测试分析完成满足标准的 LED 再继续用于“温度报警器”项目的 SMT 和焊接调试。

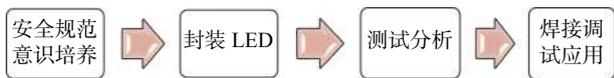


图 3 实操内容

1) 安全规范意识培养

本模块授课对象已经完成了电工与电子技术、电路理论基础与模拟电子技术基础等基础课程及相应的实验课程学习，已具备常用测试测

量仪器的操作经验和一定的实验技术技能，但是对大型设备的操作缺乏一定的安全意识，因此进行操作前会针对学生的安全操作规范再进行现场培训，让学生明白安全操作才是硬道理，内容包括人身安全、机械操作安全和化学用品使用安全等，培训完成满分通过考试后方可进入实验室操作。

2) 封装

实操以 SMD LED 为载体，基本封装工艺流程如图 4 所示分成扩晶、固晶、引线键合、点胶、剥料和测试步骤。



图 4 基本封装过程

实操过程以学生根据操作视频和指导书分组操作为主，老师协助为辅的方式进行，每组 3~4 位学生，每位学生具体分工由组内学生讨论决定，讨论结果由老师来进行审核，确保组内学生都充分参与到实验中。对于操作过程中的难点和问题，启发和引导学生以现有知识为出发点，进行深层次的分析和思考，不同角度找到解决问题的办法，小组协同完成整个 LED 封装工艺流程。

3) 测试和结果分析

测试和分析是整个教学中最重要的一环，根据学生专业的不同在此环节进行内容定制化分析。学生使用自动温控光电分析测量系统对封装后的 LED 进行光电色参数测试，把理论知识和实操结果相对比，给出分析报告中所列问题的答案。部分所测结果如图 5~图 8 所示。

测试完成后，学生根据知识点和分析报告结合实操过程以小组的形式进行影响分析，对于材料专业学生，内容以封装过程材料的性能为切入点^[4]。如固晶所用胶水的种类^[5]，固晶胶量，引线键合所用基板材料和引线键合线材料，引线键合一二焊点的热、超声、压力的设置，点胶中所使用封装胶水材料种类，封装胶水量和精度的控制等对封装器件性能的影响^[6]。对于电信专业学生，

侧重封装后 LED 光电色参数不同性能的实现与封装过程的关系，如 LED 光谱分布、色度差和光效的大小等与哪些工艺技术有关^[7]。对于计算机专业学生，侧重封装高速高精度参考系统设计对封装后 LED 光电色性能的影响，如高速度高精度 LED 固晶定位参考系统、引线键合点参考系统和精密定位点胶参考系统等对封装器件性能的影响，最后提交分析报告。这样每位学生在本专业内容学习的基础上，对电子封装技术及工艺流程都得到很好的了解和掌握，使本专业专业知识得到很大的拓展。



图 5 学生封装作品

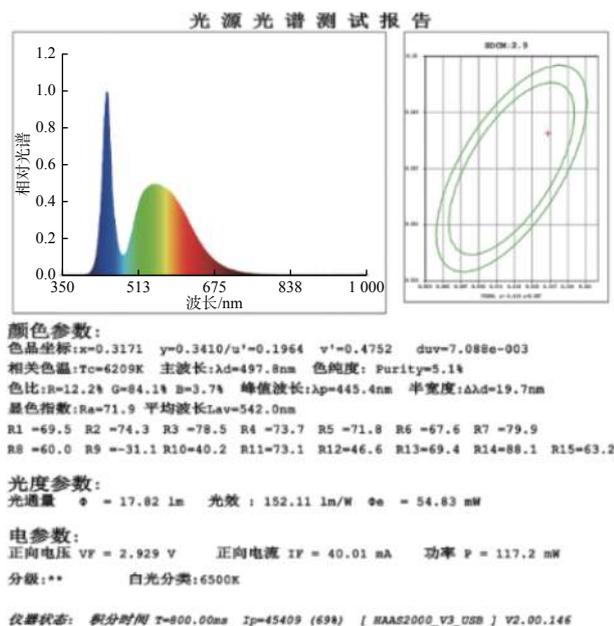


图6 光源光谱测试报告

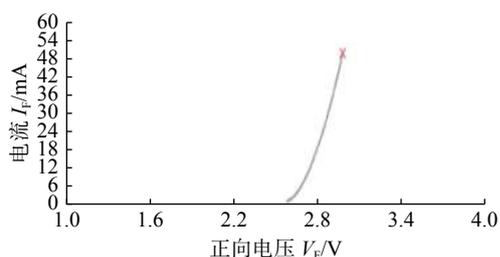
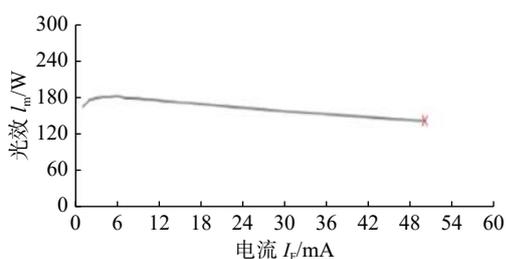


图7 LED 伏安特性曲线

图8 LED 光效与 I_F 的关系曲线

4) 调试应用

封装测试后满足标准的LED会用到“温度报警器”项目的电子电路硬件设计、SMT生产工艺和焊接调试应用上。

在硬件电路设计课程上,学生根据课程内容和设计指标完成所用元器件包括LED的电压、电流和功耗等计算确定元器件选型范围,与封装后的LED进行参数比对,学生在此过程中可以复习和掌握电子封装实验关键工艺流程和工艺技术对选型参数的影响,进一步提高了分析问题的能力。

对于SMD LED,焊接分别有SMT生产工艺^[8]

和手工焊接两种。LED对焊接温度和速度要求很高,对学生的动手能力也提出了更高的要求。其中SMT回流焊工艺中回流焊温度曲线的设定,直接影响最后焊接质量。

对于手工焊接,为了保证LED的性能,学生需要学习掌握的内容包含:在操作过程中避免对LED的表面上施加任何应力和用任何尖锐物体碰触LED表面。焊接过程中做好防静电的措施,规范操作,不能将支架烫伤同时不可碰及贴片LED塑封胶体,以免高温损坏LED芯片,对电烙铁的温度和速度都需要严格控制。因为操作的难度,在过程中极大锻炼了学生的动手能力,也提高了学生规范操作的意识。图9为学生手工焊接调试作品,图9(a)为待上电的温度报警器电路,图9(b)为正在工作的电路。



(a) 待上电电路



(b) 上电电路

图9 LED应用“温度报警器”电路

至此电子封装设计及制造课程完成了教学的闭环,学生通过一系列的理论学习和实际操作,实现对半导体材料,电子封装工艺和封装流程的深刻理解。学习生产规范如防静电和洁净度等级要求,掌握它们对封装器件可靠性的影响^[9],掌握生产过程中的安全知识,提高安全操作意识,为以后的科研工作培养工程素养;分组讨论、分组操作,培养了学生的操作大型设备的动手能力和团队协作能力,以后面对大型设备可以做到不害怕,团队分组合作,根据步骤有条不紊的操作;根据现象进行影响分析,培养他们设计分析能力,让他们意识到实操是手段,培养能力是目的;通过焊接调试应用封装测试后的LED,培养成就感,激发学习兴趣,实现实验的闭环。

1.2 实验平台

电子封装设计及制造实验课程在哈尔滨工业大学(深圳)实验与创新实践教育中心电子封装及检测实验室内完成^[10],如图10所示。实验室建筑面积268 m²,洁净度万级以上,温度和湿度都可控。实验室准备充足的防静电工服、手指套、手套和鞋套,所有设备、工具及工作台和工作椅均满足防静电标准。学生不需要出校门就可以进行本门课程以及相关方向的学习和科研工作。



图 10 电子封装及检测实验室

1.3 课程延申

为了进一步丰富和加深电子封装设计及制造的课程内容,提高人才培养质量,根据创新型人才培养的要求,将在本课程的基础上引申出创新实验课。教学过程中引入虚拟仿真,通过虚拟仿真交互技术^[11],让学生将进一步学习不同封装工艺流程和关键工艺技术,加深对微电子封装关键工艺、设备和技术的理解,掌握微电子封装的设计、制造能力,培养具有复合知识结构,有深度,有层次,有内容的高质量人才。

2 结束语

该课程从2020年夏季学期开课至今已经授课30轮次,阶段性完成了哈尔滨工业大学(深圳)电子与信息工程学院、材料科学与工程学院及计算机科学与技术学院等本科专业学生的课程内容教学。作为典型的跨学科教学,该课程融合了材料科学、电子技术以及计算机系统等多个跨学科知识^[12-13],实现了不同专业知识的融合。不仅使的本专业学生学以致用,更是引导他们进行跨专业深层次的思考,极大地提高了学生参与度和积极性,激发了他们的学习兴趣。课程中“中国芯片和电子封装的发展现状”,更激发了学生为祖国效力的决心。然而随着科学技术不断发展,只有

不断创新进步才能提高竞争力,因此电子封装设计及制造课程会接着开展有难度、深度、复杂度的创新实验课程^[14],提倡学生积极思考,大胆创新,积极培养学生独立从事科学研究和创新实践的能力,为电子封装学科的建设 and 特色人才培养打下坚实基础。

参考文献

- [1] 王晨曦,杭春进,牛帆帆,等.国内外高校电子封装专业人才创新能力培养方案比较研究[J].*产业与科技论坛*,2020,19(9):113-114.
- [2] 吴屏,杨静,李苑青,等.面向工程创新能力培养的电子工艺实习研究[J].*实验科学与技术*,2021,19(1):1-7.
- [3] LEE S W R, ZHANG Z, CHEN K, et al. Emerging trend for LED wafer level packaging[J]. *Frontiers of Optoelectronics*, 2012, 5(2): 119-126.
- [4] 雷翔.基于先进封装材料的高性能LED封装技术研究[D].武汉:华中科技大学,2017.
- [5] 据伟,伊系斌,张晶,等.LED封装用导电银胶的制备及性能研究[J].*贵金属*,2016,37(3):24-28.
- [6] XIE Y, CHEN D, ZHANG L, et al. A novel wafer level packaging for white light LED[C]//International Conference on (ICEPT) Electronic Packaging Technology. Piscataway: IEEE Press, 2013: 1170-1174.
- [7] LEUNG V Y F, LAGENDIJK A, TUKKER T W, et al. Interplay between multiple scattering, emission, and absorption of light in the phosphor of a white light-emitting diode[J]. *Optics Express*, 2014, 22(7): 8190-8204.
- [8] 刘琳,苏寒松,谢亚利.表面贴装技术在电子工艺教学实践中的应用[J].*实验室科学*,2011,14(3):85-87.
- [9] CHANG M H, DAS D, VARDE P V, et al. Light emitting diodes reliability review[J]. *Microelectronics Reliability*, 2012, 52(5): 762-782.
- [10] 宋琳琳,吴屏,杨轶.LED封装与检测实验实训平台建设[J].*科学技术创新*,2020(29):172-173.
- [11] 张晓梅,彭其渊,邓灼志,等.实验教学示范中心与虚仿中心的一体化建设与管理[J].*实验室科学*,2021,24(1):179-183.
- [12] 邵明辉,韩素华,张嘉鹭.多学科综合实践教学模式的构建与探索[J].*实验研究与探索*,2016,35(8):194-196.
- [13] 吴福根,丁兆勤,丁政.基于多学科集成的基础实验教学体系[J].*实验研究与探索*,2013,32(8):380-382.
- [14] 彭芳,缪礼鸿,陈新,等.开放性实验教学管理体系的探索与实践[J].*实验室科学*,2017,20(1):151-153.

编辑 钟晓