

A detailed close-up photograph of a microelectronics manufacturing process. A precision tool, possibly a probe or a fine-tipped soldering iron, is positioned over a small, intricate circuit board or component mounted on a metal fixture. The scene is illuminated with dramatic, low-key lighting, highlighting the metallic surfaces and the fine details of the technology. The background is blurred, showing other parts of the machinery.

2027冬季 前沿学科项目

卡尔斯鲁厄理工学院

微电子与微纳器件前沿技术项目：器件制造与产业应用

*Cutting-edge Technologies in Microelectronics and Micro-Nano Devices:
Device Fabrication and Industrial Application*

Karlsruher Institut für Technologie

项目概览

集成电路、MEMS 微系统与微纳制造技术构成下一代信息技术的重要底层支撑。随着半导体器件持续向微型化、异质集成和高可靠感知方向发展，微纳尺度下的器件设计、制造工艺、仿真分析与精密表征面临更高要求。德国在硅基 MEMS、微纳制造及半导体工艺装备等领域形成了较为完整的科研与产业体系。

本项目依托卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）在微电子、MEMS 微系统与微纳器件加工领域的科研基础，结合德国及巴登-符腾堡州相关半导体产业资源，聚焦半导体器件与集成电路微纳工艺、MEMS/NEMS 微系统、器件多物理场仿真及微纳表征测试等前沿方向。项目围绕微纳器件从理论认知、仿真设计、工艺方案到科研与产业应用的技术链路，构建“前沿理论 + 仿真实践/工艺设计 + 科研观摩 + 产业参访”的**四维学习体系**。

学生将从半导体物理与微纳尺度效应出发，理解微纳器件的基本工作原理与关键技术；基于 COMSOL 等工业级仿真工具开展器件建模与多物理场分析，将理论知识应用于具体器件设计问题；结合 KIT 微纳制造与实验平台，开展器件工艺方案设计与可行性分析，并通过科研实验室观摩及产业参访，进一步了解微纳器件从设计、制造、测试到工程应用与产业转化的完整过程。

理论前沿

围绕半导体器件物理、集成电路微纳制造、MEMS/NEMS 微系统、微纳表征与可靠性等方向，介绍微纳器件背后的关键原理与技术。内容涵盖 MOS 器件、体硅与表面微加工、异质集成、晶圆级封装、MEMS 传感器、非接触动态测试等核心知识，并结合汽车 MEMS、工业微传感、半导体装备等案例，了解不同微纳技术的典型应用与发展方向。

实验中心和产业集群

依托 KIT IMS、IMT、KCOP 等微纳科研与实验平台，学生走进微纳加工、器件表征与 MEMS 测试相关实验环境，了解科研人员如何开展器件研发与实验验证。项目还安排蔡司、PI、Polytec 等企业参访，通过工程师分享、企业展厅和技术交流，观察半导体工艺装备、MEMS 动态测试、精密计量检测等技术在工业现场的应用。

从半导体原理到器件设计

以微纳器件多物理场仿真和器件工艺可行性设计作为核心实践项目。学生将在指导下使用 COMSOL 等工业级仿真工具完成器件建模、参数分析与方案优化；结合 KCOP 超净间的工艺能力与设备条件，设计微纳器件制造方案，并对关键工艺环节和实现条件进行可行性分析。以具体器件为载体，将半导体物理和微纳加工知识应用于实际工程问题。

ABOUT KIT

卡尔斯鲁厄理工学院

卡尔斯鲁厄理工学院（Karlsruher Institut für Technologie，缩写 KIT）

KIT位于德国巴登符腾堡州卡尔斯鲁厄市，是一所兼具教学与科研实力的国立学府，历史可追溯至 1825 年，由原卡尔斯鲁厄大学和原卡尔斯鲁厄研究中心于 2009 年合并而成。该校是德国首批精英大学之一，德国理工大学联盟（TU9）的成员。在 2026 年 QS 世界大学排名第98位；院校自然科学和工程科学领域顶尖，在工程技术领域常年位居德国前三。

3
among the top 20
in Engineering
Sciences

National
QS World University
Subject Ranking

5
Best University

National
QS world University
Ranking

98
Best University

QS world University
Ranking



微电子、MEMS 与微纳器件加工的集群优势

顶尖的研究资源

KIT 在微电子、微结构与微纳制造领域拥有完善的科研与实验平台，覆盖从器件研发到微纳加工的多个环节。IMS、IMT 等研究机构聚焦微电子器件、MEMS/NEMS、微结构技术与先进制造，KCOP 则提供面向微纳器件研发的超净工艺环境。

其主要研究机构与平台：

- **IMS 微纳电子系统研究所：**聚焦硅微电子器件、MEMS/NEMS 微系统、异质硅基集成技术。
- **IMT 微结构技术研究所：**面向先进微纳加工、纳米材料、新型制造工艺开展研究。
- **KCOP 卡尔斯鲁厄光学与光子学中心：**面积超过 2000 平方米超净工艺实验室，提供 EBL/DUV 光刻、薄膜沉积、干法刻蚀等微纳芯片加工平台。
- **3DMM2O 卓越集群：**KIT 与海德堡大学联合顶尖联盟，主攻微纳 3D 打印，面向三维微纳器件、超材料原型制造。

深度的学科交叉融合

微纳器件的研发涉及电子、机械、材料、光学与制造等多个领域。KIT 将微电子器件、微结构设计、材料与加工技术融入同一科研体系，学生可以从半导体器件原理出发，进一步理解 MEMS 中的力学、热学、压电等多物理效应，以及器件表征与可靠性评价方法。

学术与产业生态的闭环

KIT 的微电子与微纳技术研究与区域产业保持紧密联系，科研成果能够进一步对接工业 MEMS、半导体装备与精密测量等应用领域。结合蔡司、Polytec、PI 等企业资源，学生可以了解从科研成果到工业应用过程中涉及的工程需求、制造条件与测试标准。

课程大纲

1

半导体物理基础与集成电路微纳制造工艺

- 理论核心：从半导体材料物理出发，理解能带结构、载流子输运、PN 结、MOS 器件原理；学习热氧化、薄膜沉积、光刻、刻蚀、晶圆键合等单项工艺；掌握体硅微加工、表面微加工等 MEMS 特色工艺流程。
- 应用案例：CMOS 工艺流程、MEMS 压力传感器制造链路；解析 KCOP 超净间平台工艺能力边界，理解工艺偏差对器件性能带来的影响。

2

MEMS/NEMS 微系统与异质集成技术

- 理论核心：基于微尺度多物理效应，学习压阻、压电、力-电-热耦合机理；理解 MEMS 传感器、微执行器、微流控器件工作原理；掌握异质集成、晶圆级封装、良率与器件可靠性基础。
- 应用案例：汽车级 MEMS 加速度计、工业微传感器、微型能量采集器件，分析器件设计、封装与工程落地约束。

3

微纳器件仿真、表征与测试技术

- 理论核心：从多物理场耦合角度学习有限元仿真方法论；掌握 SEM、AFM、激光多普勒测振等微纳表征手段；理解 MEMS 器件失效分析、机器视觉半导体检测原理。
- 应用案例：MEMS 谐振器件仿真分析；Polytec 激光非接触动态测试在晶圆级 MEMS 检测的工程实践案例。

项目实践

在项目实践中，学生将被分为跨学科背景小组，共同开展完整研究课题。小组根据兴趣选择研究方向，在导师指导下完善研究方案；配套讲座提供微电子领域前沿理论与工程案例。学生获取产业视角，理解微纳器件真实工业应用与技术挑战，探索半导体器件、MEMS 微系统多学科交叉价值。项目导师对课题成果进行评定，考核沿用 KIT 教学评价标准。

实践一：微纳器件设计与多物理场仿真

围绕 MOS 器件、MEMS 悬臂梁谐振器、压电微执行器等典型微纳器件，从器件工作原理、应用需求和性能指标出发，完成器件结构与仿真分析。学生根据具体内容选择合适的工程工具，完成从器件建模到性能验证的设计过程。

项目目标

器件设计与建模：根据器件工作原理和目标性能，确定结构、材料及关键设计参数，使用 CAD 等工具完成器件建模。

多物理场分析：基于 COMSOL Multiphysics 开展有限元及多物理场仿真，分析电学、力学、热学、压电等物理场的相互作用，研究器件的形变、应力、谐振频率等性能。

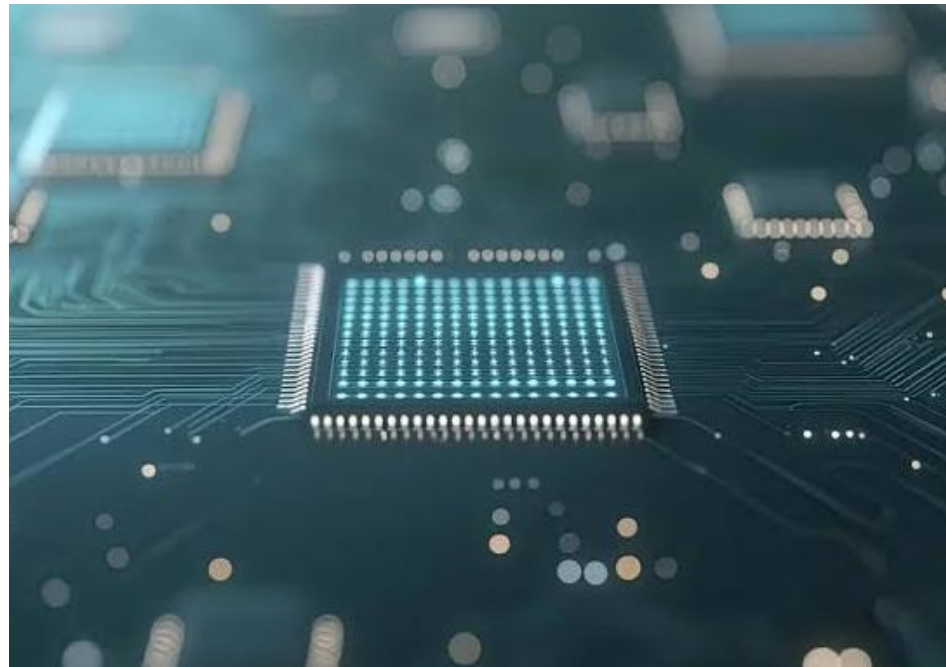
器件电学与版图分析：针对 MOS 等半导体器件，可结合 LTspice 分析电学特性及电路行为；涉及版图设计的课题，可使用 KLayout 完成版图设计与分析。

参数分析与方案优化：围绕器件关键性能指标开展参数扫描和结果对比，分析结构、材料及工作条件对器件性能的影响，并优化设计参数。

设计验证：综合器件原理与仿真结果，对设计方案进行性能评估，分析方案合理性并形成最终设计方案。

项目成果

学生以小组为单位完成一个具体微纳器件设计课题，形成包括器件结构设计、仿真模型、性能分析、参数优化及最终设计方案在内的项目成果，并通过仿真结果验证设计方案的合理性。



项目实践

在项目实践中，学生将被分为跨学科背景小组，共同开展完整研究课题。小组根据兴趣选择研究方向，在导师指导下完善研究方案；配套讲座提供微电子领域前沿理论与工程案例。学生获取产业视角，理解微纳器件真实工业应用与技术挑战，探索半导体器件、MEMS 微系统多学科交叉价值。项目导师对课题成果进行评定，考核沿用 KIT 教学评价标准。

实践二：微纳器件工艺可行性设计

以具体 MEMS 器件为对象，从器件性能指标和制造需求出发，设计完整的微纳器件制造工艺路线。项目以 KCOP 超净间实际设备和工艺能力作为重要约束，使学生在设计过程中同时考虑器件要求与实际制造条件。

项目目标

器件指标与工艺需求：基于 MEMS 器件工作原理和目标性能，明确器件结构、材料及关键制造要求。

工艺路线设计：围绕光刻、薄膜沉积、刻蚀、键合等关键步骤设计制造流程，并结合 KCOP 平台设备条件选择合适的工艺路线。

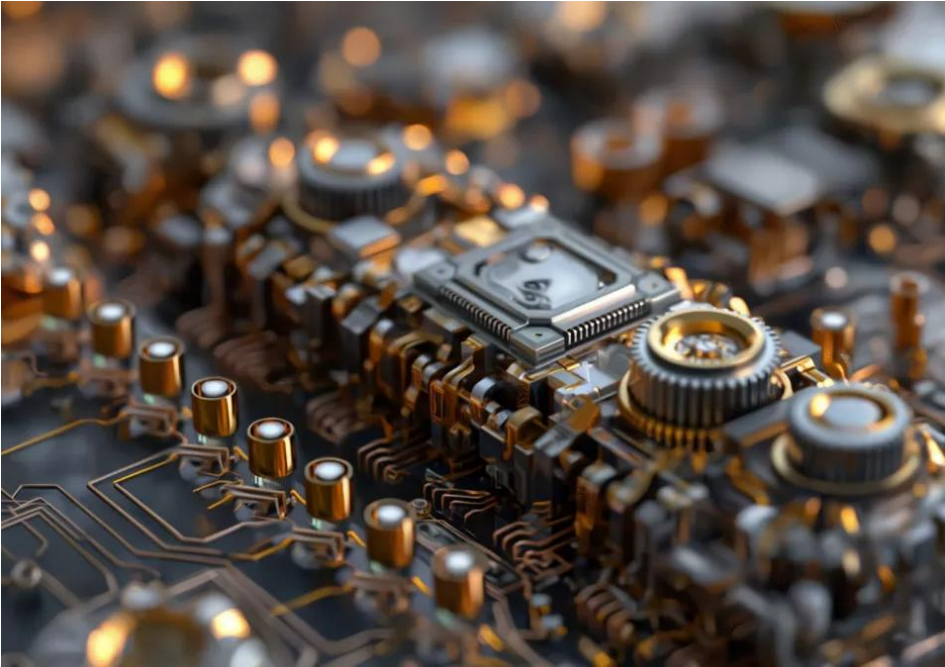
工艺可行性评估：对比不同制造路线，分析最小线宽、薄膜厚度、刻蚀等工艺条件对器件制造和性能的影响，判断方案的可实施性。

工艺风险分析：评估尺寸偏差、材料变化及关键工序对器件性能、一致性和良率的影响，识别主要制造风险。

方案优化：综合器件性能要求、工艺条件和制造风险，对工艺步骤、材料及制造路线进行调整，形成最终工艺方案。

项目成果

学生以小组为单位完成一个 MEMS 器件制造工艺设计课题，包含 MEMS 器件制造工艺流程图、关键工艺步骤及工艺参数说明、材料与设备选择方案、不同制造路线的对比分析、工艺偏差及制造风险分析、基于 KCOP 工艺能力的可行性评估和最终微纳器件制造工艺方案及项目报告。



*此实践仅作参考，不代表最终安排；具体项目将根据KIT教学资源情况进行调整，以实际安排为准。

产业课堂

Polytec GmbH 参访

- 学生可走进 Polytec 企业总部，了解全球 MEMS 动态测试龙头企业的技术体系。重点参观激光测振、晶圆级非接触表征设备展区；理解光学动态测量装备在 MEMS 器件研发与可靠性验证中的关键作用。结合 Polytec 在微纳器件动态性能分析领域的工程实践，认识非接触测试技术如何赋能 MEMS 传感器开发，感受德国测试装备从实验室原型到工业批量应用的完整路径。



Heidelberg InnovationLab 参访

- 学生走进海德堡 InnovationLab 联合创新平台，了解德国产学研协同的微纳器件中试平台技术体系。重点参观柔性电子、印刷微纳制造、微流控原型开发实验展区；理解公共中试平台在新技术成果转化过程中的关键作用。结合平台在柔性器件、新型微纳制造方向的工程实践，认识高校-产业联合模式如何加速微纳器件原型迭代，感受德国前沿技术从学术研究走向产业化预研的完整路径。

产业课堂

Oberkochen ZEISS 蔡司参访

学生走进 ZEISS Oberkochen 总部，了解全球领先精密设备企业的技术体系。重点参观半导体计量、微纳形貌测量设备展区；理解精密检测装备在集成电路制造全流程的关键作用。结合蔡司在半导体光刻配套测量领域的工程实践，认识精密计量如何支撑微纳芯片制造，感受德国精密制造从科研到工业落地完整路径。



Leica World 与 Wetzlar 光学产业参访

学生将走进德国著名的“光学之城”Wetzlar，通过光学产业导览了解当地光学与精密机械产业的发展历程、技术演进及产业集群生态，深入认识德国光学产业从科研创新到工程制造的转化路径。随后参访 Leica Welt，通过企业导览了解Leica在光学成像、镜头设计、精密制造与产品创新方面的实践，直观感受高端光学产品从技术研发、生产制造到产业化应用的完整过程。

项目师资（部分）



Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer 是卡尔斯鲁厄理工学院的顶尖科学家与领军人物，KIT 光技术研究所（Light Technology Institute, LTI）所长，KIT 微结构技术研究所（IMT）联合所长。

他的研究横跨物理、电气工程与材料科学，包括打印光电子学与新型制造技术（Printed Electronics）、新型太阳能电池与光伏技术（Photovoltaics）以及人工智能与新型传感技术。



Prof. Dr. rer. nat. Thomas Schimmel

Prof. Dr. rer. nat. Thomas Schimmel 是卡尔斯鲁厄理工学院的应用物理研究所（Institute of Applied Physics, APH）教授，同时任职于纳米技术研究所（INT），巴登-符腾堡州“功能纳米结构”研究网络负责人。

他的研究涉及物理、材料科学与微电子工程，包括原子尺度电子器件（代表作单原子晶体管）、先进微纳加工工艺、功能纳米结构、扫描探针表征技术以及纳米表面功能化技术。

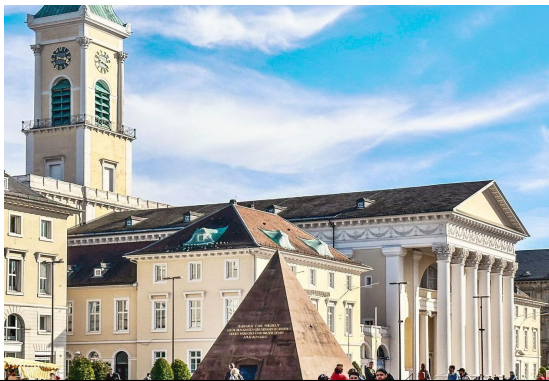


Prof. Dr.-Ing. Michael Heizmann

Prof. Dr.-Ing. Michael Heizmann 是卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）工业信息技术研究所（IIIT）教授兼研究所负责人。

他的研究方向涵盖机器视觉、图像处理、测量与自动化、信息融合及多传感器融合。其研究重点关注如何通过视觉与多源传感数据获取、处理和融合，实现复杂环境下的智能感知与信息理解，并广泛应用于工业检测、自动化与智能系统。

跨文化交流



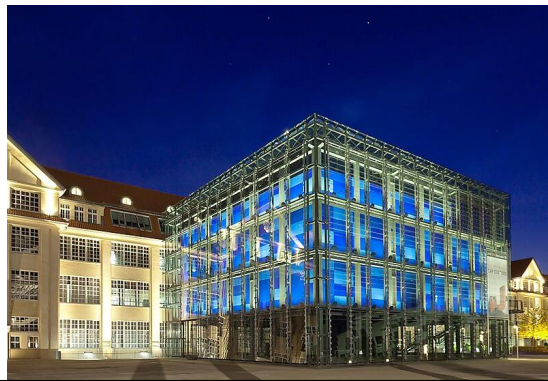
卡尔斯鲁厄市场广场

作为卡尔斯鲁厄的城市中心，广场充满了历史与活力。中央矗立着标志性的金字塔，是卡尔斯鲁厄创始人卡尔三世·威廉的纪念碑，也是城市的象征。周围环绕着巴洛克风格的建筑，包括市政厅和圣史蒂芬教堂，展现了卡尔斯鲁厄的悠久历史。广场上每周都有热闹的集市，售卖新鲜的本地农产品、手工艺品和美食，是感受当地生活的好去处。



卡尔斯鲁厄宫殿

卡尔斯鲁厄宫殿是卡尔斯鲁厄的标志性建筑，始建于1715年。宫殿最引人注目的是其独特的扇形城市规划，街道从宫殿向外放射状延伸，形成了卡尔斯鲁厄的城市布局。宫殿内设有巴登州立博物馆，展示了从史前时代到现代的艺术和历史文物，包括考古发现、中世纪艺术品和现代艺术作品。宫殿周围是广阔的宫殿花园，风景优美，适合散步和休闲。



卡尔斯鲁厄 艺术与媒体技术中心

全球领先的媒体艺术机构，成立于1989年。ZKM致力于探索和展示当代艺术、新媒体艺术和数字文化，是艺术与科技融合的重要平台。中心设有多个博物馆和展览空间，展示从20世纪到21世纪的艺术发展，涵盖当代艺术、媒体艺术和数字文化的作品。作为卡尔斯鲁厄的文化地标，ZKM为游客提供了独特的前沿艺术体验，是艺术爱好者和科技迷的必访之地。



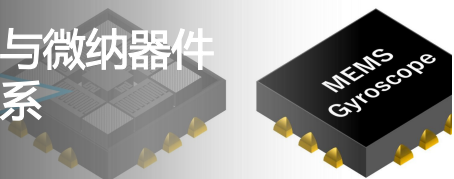
海德堡

海德堡以其悠久的历史、迷人的风景和丰富的文化吸引着全球游客。学生可参观海德堡城堡是城市的标志性景点，俯瞰内卡河和老城区。以及另一处地标海德堡老桥，连接着内卡河两岸，桥上风景如画，是拍照打卡的热门地点。老城区的哲学家小径是一条蜿蜒的山间小路，沿途可以欣赏到海德堡老城和城堡的全景，是散步和思考的理想场所。

项目收获

1

建立微电子与微纳器件
前沿知识体系



- 系统掌握半导体器件、集成电路微纳工艺、MEMS 微系统、器件仿真与微纳表征的完整知识框架；对标国内国家示范性微电子学院培养体系。与 KIT 教授、行业专家交流，理解德国微电子科研与产业痛点，把握微纳器件技术演进方向。

2

通过真实器件设计
培养前沿科技工程思维



- 在德国工程教育范式下，以 MEMS 微纳器件为载体，使用工业级仿真工具完成建模仿真、参数优化、工艺方案研判。将半导体物理理论转化可落地器件方案，训练工程分析、仿真优化、风险评估能力。

3

理解前沿技术如何
走向产业



- 通过前沿科研平台与产业参访，建立对 MEMS、半导体装备产业发展的整体认知；理解微纳器件从实验室原型走向工业量产的完整链路；了解工艺偏差、良率、成本带来的现实工程挑战。

4

获得KIT官方认证
拓展国际学术视野



- 符合项目要求并通过考核的学生将获得卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）相关项目证书。通过全方位体验 KIT 学术环境，并与教授、在校学生等交流，深入了解德国高校的科研体系与工程教育特色，拓展国际学术视野。

行程安排

项目时间: 2027年2月10日-2月21日（12天）

Day	Wed.	Thr.	Fri.	Sat.	Sun.	Mon
上午	德国机场接机 入住登记 熟悉周边环境	早餐 开营仪式 KIT 主校区参访	早餐 核心课程 Module 1 小组Project介绍&分组	跨文化活动	跨文化活动	早餐 核心课程 Module 2 实验室参访
下午		卡尔斯鲁厄历史科普和 大学介绍	核心课程 Module 1 卡尔斯鲁厄城市探索			核心课程 Module 2 小组Project讨论
Day	Tue.	Wed.	Thr.	Fri.	Sat.	Sun.
上午	早餐 核心课程 Module 3 小组Project讨论	早餐 核心课程 Module 3	早餐 产业参访	早餐 小组Project汇报&评分 成果展示和结业仪式	离开校园 机场送机	回到国内 项目结束
下午	产业参访	小组Project讨论 跨文化活动	产业参访 小组Project讨论	跨文化活动 自由活动		

*此日程仅供参考，不代表最终行程安排；具体行程将根据当地情况进行调整，请以实际安排为准。

项目费用明细

项目费用： 3650 欧元/人

包括课程、参访、住宿、部分餐饮、接送机交通与文化活动费用、签证服务及国际保险。

课程费用	签证服务及保险	住宿及餐饮	社会实践及参访	生活服务	项目申请及服务
- 课程费用 - Workshop费用 - 教学场地相关费用 - 实验室参观费用 - 实践项目费用	- 个人申根国家旅行意外保险 - 申根签证申请的相关材料准备及指导	- 每日早餐 - 住宿费用 - 接送机费用	- 机构探访费用 - 文化体验探访费用	部分区域Wi-Fi网络服务	- 项目方管理费用 - 外方院校管理费用

申请链接&咨询

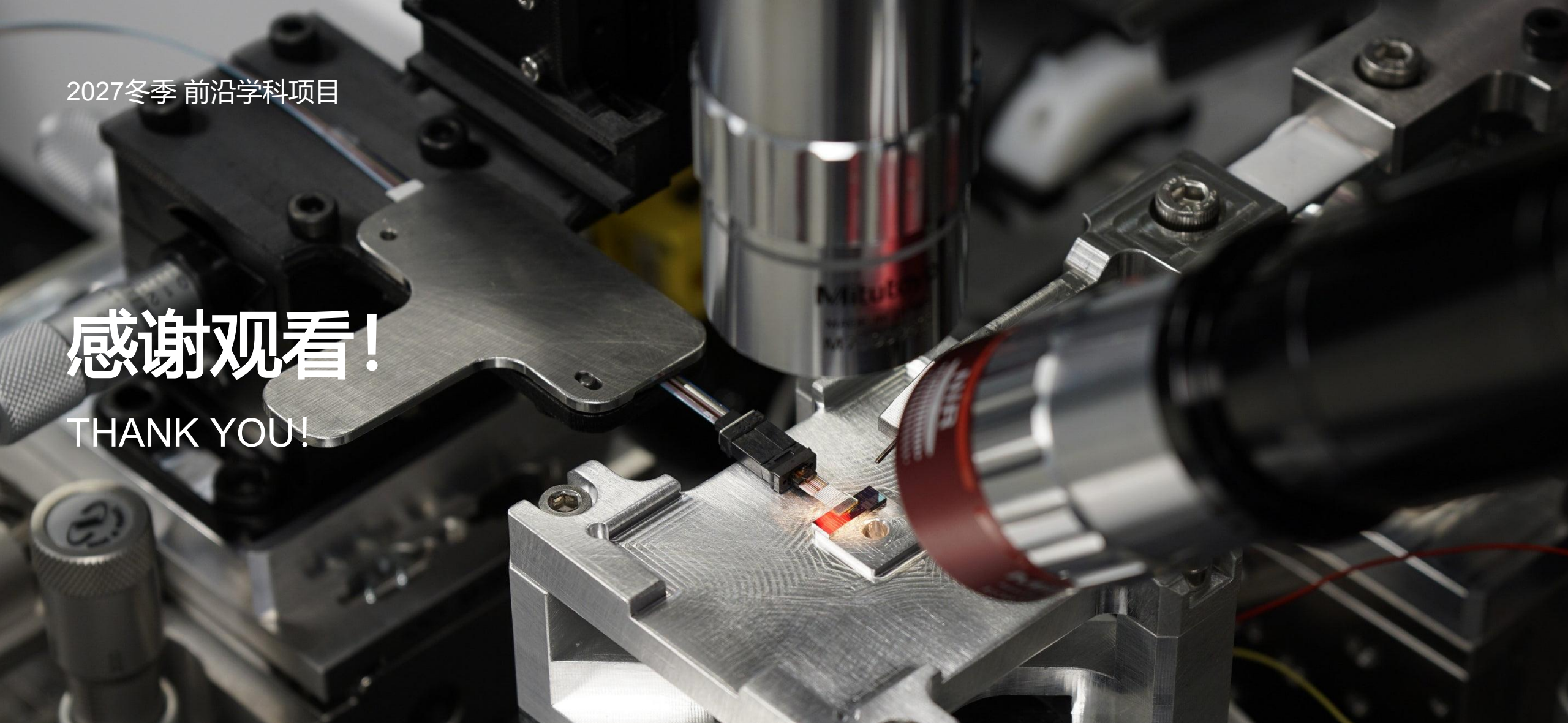
项目申请二维码



项目咨询老师 Franky
13262917817
(手机/微信)



感兴趣的同学可以扫码申请/咨询

A close-up photograph of a precision manufacturing process. A vertical metal tool, possibly a laser or micro-drill, is positioned over a small, intricate metal component held in a complex, multi-jawed metal fixture. A red curved object, likely a protective cap or part of the tool, is visible on the right. The scene is dimly lit, with a bright light source highlighting the work area.

2027冬季 前沿学科项目

感谢观看!

THANK YOU!

Karlsruher Institut für Technologie
