

## 分会场七：微纳表征与测量

主 席：刘世元（华中科技大学）

---

### 特邀报告 1：亚表面缺陷三维暗场共焦显微技术研究进展



**刘俭**，教授，博导，哈尔滨工业大学仪器科学与工程学院院长，从事光学显微测量及应用光学技术研究。2018 年入选中青年创新领军人才计划，2017 年获得黑龙江省杰出青年基金支持；ISO 国际标准化组织中国委员；中国仪器仪表学会常务理事，中国光学工程学会理事，中国仪器仪表学会显微仪器分会副理事长兼秘书长，中国计量测试仪器专业委员会副主任委员；英国诺丁汉大学荣誉教授，英国皇家显微学会 J Micros 编委，英国物理学会期刊 STMP 编委，荷兰期刊 Opt Commun 编委，中国兵工学会《应用光学》等期刊编委。曾获中国计量测试学会科技进步奖（基础研究类）一等奖 1 项（序 1），黑龙江省教学成果奖一等奖 1 项（序 2）。

#### 报告摘要：

亚表面缺陷是硅晶圆及光学加工过程中广泛存在的一种物理现象，直接影响元件的性能与使用寿命。如何快速、准确地测量亚表面缺陷，并进而对损伤程度进行评估以及合理的改性控制，是先进制造领域长期面临的关键问题。针对光学加工亚表面缺陷无损检测需求，探索解决抛光层直接反射光抑制和缺陷层深度位置精确定位等问题的理论途径，寻求建立一种新的具有高分辨力轴向层析特性的光学显微测量机制，为硅晶圆和高能激光诱导核聚变、空间光学成像等系统中光学元件加工检测提供测量理论与关键技术支撑，为亚表面损伤机理研究和缺陷程度评估提供科学研究的分析手段，为将来建立亚表面缺陷测量仪器校准与量值溯源体系提供测量技术基础。报告将介绍基于暗场共焦显微技术测量方法与仪器技术进展。本报告将从机理模型、仿真分析、器件加工与性能测试等方面，详细介绍自供电高 g 值力学冲击传感器的研究工作。

## 特邀报告 2：基于纳米制造的实现超灵敏测量



**刘磊**，东南大学，教授。从事微纳传感和超灵敏检测相关研究工作，主持或完成国家自然科学基金等科研项目 20 余项，在微纳制造及其相关领域发表 SCI 论文 68 篇(影响因子超 3.0 的 42 篇，超 6.0 的 8 篇)，论文 SCI 总他引 400 余次。2019 年入选是东南大学(青年)首席教授；2018 年度国家优秀青年科学基金获得者；2017 年度江苏省杰出青年科学基金获得者；2017 年度江苏省“六大人才高峰”高层次人才（A 类资助）培养对象；2016 年度江苏省高校“青蓝工程”中青年学术带头人培养对象。

### 报告摘要：

纳米制造是全球制造技术竞争的制高点，旨在通过纳米精度制造、纳米尺度制造和跨尺度制造为产品和器件提供特定功能。未来的纳米制造精度和尺度要全面拓展到原子水平。原子层沉积（ALD）是实现原子制造的可行手段之一，我们基于 ALD 技术精确制备可控厚度的二硫化钼（MoS<sub>2</sub>），设计了一种新型的无标记超敏 microrna-155（肺癌早期诊断标志物之一）检测平台。金纳米粒子（AuNPs）@ MoS<sub>2</sub> 纳米结构是检测电极的核心部件，通过对超薄 MoS<sub>2</sub> 纳米片（最佳厚度约 14nm，约 20 层，连续分布）的厚度和形状控制，对传感平台的测量精度进行了调整和优化。结果表明，有效地控制其形貌和厚度对于检测信号的超灵敏采集至关重要。该平台可实现 1 fM -10 nM 范围内的 microrna-155 超灵敏检测，检测限为 0.32 fM。此外，它在特异性和重现性方面也表现出很高的性能。

### 特邀报告 3: 面向跨尺度、超精密制造的测量关键技术



**陈远流**，浙江大学研究员、博士生导师，浙江大学百人计划（自然科学 A 类）、浙江省特聘专家、国际生产工程科学院（CIRP）青年会员。2009 年 6 月、2014 年 9 月分别获浙江大学学士、博士学位。2014 年 10 月-2015 年 3 月在日本东北大学从事博士后研究，2015 年 4 月-2016 年 9 月在日本东北大学担任日本学术振兴会（JSPS）外国人特别研究员，2016 年 10 月-2018 年 6 月担任日本东北大学机械系副教授。2018 年 6 月起回国工作，任浙江大学研究员、博导。主要从事超精密加工/测量技术及装备的研究工作。

#### 报告摘要:

大尺寸压辊模具广泛用于微结构光学薄膜的卷到卷压印。压辊的长度达到 2 米以上，直径超过 0.5 米，而其形状精度要求达到亚微米，甚至纳米，是典型的跨尺度制造。压辊超精密加工机床的标定和误差校正对保障压辊的加工精度十分关键，而现有的测量技术囿于物理原理的局限，无法实现对大行程多误差分量的高精度同时测量。此外，随着压辊加工尺寸的极端化，刀具的寿命无法满足大尺寸加工的需求，刀具磨损等问题限制了压辊的有效加工面积。本报告的内容主要包括：1) 大行程空间多误差分量在线精密测量机理与方法；2) 基于集聚力传感器快速刀具伺服的换刀拼接超精密加工技术。这些研究成果使得米级大行程范围的纳米级精度微纳结构的超精密加工成为可能。

## 特邀报告 4: 基于光频梳的三维面形测量



**吴冠豪**，清华大学精密仪器系副教授，博士生导师。1999~2008年，在清华大学精仪系获学士及博士学位，之后留校工作。2011~2012年间在日本国家计量研究所做访问学者。现主要从事光学精密计量相关的研究工作。承担了十三五国家重点研发计划课题，十二五国家重大仪器专项任务，国家自然科学基金面上项目、国际合作与交流项目等多个国家项目。在 *Optics Letters*, *Optics Express*, *Scientific Reports* 等期刊上已发表 SCI 检索论文 30 余篇，其中以第一/通讯作者发表 25 篇，获授权国家发明专利 10 余项。

担任国际激光与光电大会（CLEO）光学计量组的学术委员会委员（任期 2016-2018），日本重大探索研究计划（ERATO）智能光合成项目的顾问委员（2015-2019），第 24 届国际光学联合会大会（ICO24）等多个国际会议的程序委员会委员，全国光电测量标准化技术委员会委员，中国计量测试学会计量仪器专业委员会委员。

### 报告摘要：

大尺寸高精度的三维面形测量技术在精密光学元件和机械零件测量中有重要应用。传统的移相干涉仪，可实现大视场测量，但是由于非模糊相位的影响难以应用到大台阶非连续表面的测量；白光干涉仪能够实现非连续表面的测量，但是由于光源的低相干性，测量视场小。

本报告介绍一种基于飞秒光频梳的三维面形测量方法，以飞秒激光频率梳为光源，以泰曼格林干涉仪为主体结构，采用扫描重频法实现了高精度大视场的三维面形测量。其基本原理是通过提取干涉信号的包络信息进行粗定位，实现非连续表面的台阶测量，再通过最小二乘迭代法提取载波相位信息，将面形测量精度提高到单波长相位测量精度。该方法克服了传统干涉仪难以同时兼顾大视场和非连续表面测量的缺陷，实现了直径 20mm 视场下，连续光学表面和 20 微米台阶表面纳米级的测量精度。

## 特邀报告 5: 反射光谱精密测量技术及其在微纳制造中的应用



**胡春光**，天津大学，长聘副教授，2007 年获得天津大学工学博士学位，先后在奥地利林茨大学和德国慕尼黑工业大学进行学术研究。长期从事微纳尺度光学精密测量技术及应用研究，创新发展了以反射光谱为技术特色的超薄膜精密测量技术，和以高精度光镊技术和光场调控技术为基础的单分子力谱测试技术；相关技术和自制仪器在国内外 9 个研究机构和 2 家企业获得应用。主持和参与省部级以上及国外项目 15 项，以第一或通讯作者身份在 ACS Nano、Advanced Functional Materials、Nanoscale

等发表高水平论文 32 篇，申请中国发明专利 26 项，获全国优秀博士学位论文、教育部新世纪优秀人才、教育部技术发明一等奖等，当选中国仪器仪表学会、中国机械工程学会、中国光学工程学会、扫描探针显微镜标准化工作组等学术组织的委员或青年委员。

### 报告摘要:

制造水平提升，测试技术先行。微纳制造作为先进制造领域重要的分支，正引领制造产业的历史性变革。天津大学微纳测试团队围绕微纳制造中表界面工程的精密测量需求，从测量方法创新、技术开发、仪器研制和应用开拓等方面开展了一系列研究工作。本报告重点介绍近年来团队重点发展的以反射光谱信息为基础的高精密光学测量技术系列方案，包括反射差分光谱技术、差分反射光谱技术、准布鲁斯特角偏光技术等。报告将结合半导体、新材料和超精密加工领域的具体应用案例，展现这些技术独特的测量优势，包括分子薄膜生长过程亚单层分辨率的动态监测、有机分子各向异性二维材料晶轴方向的快速成像、半导体三维膜结构高精度超稳定膜厚测量、光学晶体表面抛光质量极限评价等。报告还将就反射光谱精密测量技术的发展及其微纳制造中的应用前景进行讨论。



## 特邀报告 6: 高分辨成像穆勒矩阵椭偏仪研制与应用



**陈修国**，华中科技大学，副教授，2013 年获得华中科技大学博士学位，后留校任教。2016~2018 年间作为日本学术振兴会 (JSPS) 外国人特别研究员在日本东北大学进行合作交流。长期从事光学纳米测量技术与仪器方面的研究工作。先后主持和参与了包括首批国家重大科学仪器设备开发专项、国家自然科学基金重大科研仪器研制项目、国家自然科学基金面上项目等多项国家级科研项目。在 *Applied Physics Letters*、*Optics Express*、*Optics Letters* 等期刊发表 SCI 论文 60 余篇，其中第一/通讯作者论文 30 余篇；获授权国际国内发明专利 15 项（包括美国专利 3 项），其中转让

专利 6 项；获上银优秀机械博士论文奖、日内瓦国际发明金奖等。中国仪器仪表学会委员、湖北省仪器仪表学会理事，作为组委会成员参与组织与策划第一届和第二届“全国偏振与椭偏测量研讨会”。

### 报告摘要:

发光二极管照明、有机发光显示、光伏太阳能等新型光电子器件，代表了国家重大新兴战略产业。这些新型光电子器件的共同特点是采用超薄层状纳米结构薄膜或纳米结构，由多种功能材料逐层堆叠而成，每层厚度和结构尺寸都在几个纳米到数百个纳米，最近甚至还引入了石墨烯等单原子层二维材料，每层厚度不足 1 nm。微区光学常数与结构形貌的精确表征对提高此类光电器件的性能具有十分重要的意义。传统椭偏仪普遍采用宽光谱照明光源，由于光学元件的色散效应，其照射至样品表面的测量光斑最小只能聚焦到约 50 m，严重制约了传统椭偏仪的横向测量分辨率，无法胜任新型二维材料、薄膜光电器件等研究中所需的亚微米级横向分辨率测量要求。本报告将介绍课题组在之前研制的高精度宽光谱穆勒矩阵椭偏仪基础上，将其与显微成像技术相结合，新研制的高分辨成像穆勒矩阵椭偏仪。报告将介绍高分辨成像穆勒矩阵椭偏仪的基本原理、仪器中的关键光学元器件及其精密校准，最后介绍仪器在纳米结构测量中的应用。