

松山湖材料实验室微加工与器件平台关于红外光谱膜厚测量设备（FTIR）的需求论证和市场调研

1. 需求论证

1.1 购买该仪器的原因

微纳制造工艺与技术是现代电子信息产业、光电技术产业以及半导体芯片制造的核心，同时也为很多前沿基础领域提供重要的研究手段。松山湖材料实验室微加工与器件平台，立足于打造国内一流的微纳加工公共服务平台，将为支撑与服务东莞市、广东省以及粤港澳大湾区的基础研究和科技发展做贡献，满足前沿新材料的制备和结构器件加工的任务，建立面向企业全方位开放的服务体系，成为国内新材料微纳加工与器件制造研发基地，实现创新技术的孵化器功能。

在半导体器件进行结构外延及制造加工流程中，快速而又准确地对目标样品进行材料厚度的测试，是保障外延和加工精度的基础条件，而对样品的直接无损测试则可以对样品加工的成本和准确性提供更直接的保障。常规膜层可通过椭偏仪等设备进行无损测试，而硅及碳化硅等材料由于其过大厚度，材料本身较大的消光系数，及界面位置过小的差异，导致椭偏仪的紫外可见光或近红外光源无法满足此类样品的测试，因此需要使用穿透能力更强的红外光源的专用测试设备，即傅里叶变换红外（Fourier Transform Infrared, FTIR）光谱仪。傅里叶红外光谱仪可分为透射式和反射式两种，其中透射式主要用于元素含量测量，反射式则得益与其红外光源的强穿透能力，可以获取更大深度的膜层反射信息，因此主要用于硅及碳化硅等同质外延层厚度及 SOI 顶硅厚度等的无损测试，是在半导体制造中实现高吸收光材料及超厚薄膜无损测试的必要设备。

傅里叶变换红外光谱膜厚测量设备（FTIR）是根据光的相干性原理设计的，是一种干涉型光谱仪，它主要由红外光源，干涉仪，探测器，计算机数据处理和记录系统组成，其通过光源产生稳定的红外激光后，经过干涉器将光源进行处理，红外光投射到样品表面膜层，一部分红外光源直接在表面反射，另一部分在膜层内部透射并达到样品的衬底时，会在外延膜层和衬底交接处形成反射，与表面反射的红外光产生干涉效应，从而产生干涉图，干涉图是一个随时间变化的光强信号，包含了样品的反射信息，通过探测器采集到的干涉数据通过傅里叶变换算法进行处理，将干涉图（时域信号）转换为光谱图（频域信号），通过分析其周期和强度，可以精确计算样品的厚度信息。

基于平台已服务的客户交流信息，及通过走访调研潜在客户的交流沟通，了解到实验室内外团队和企业客户对先进的集成电路及光电子器件制造有着明确需求，特别是对光电子器件制造有着较迫切的需求。微加工与器件平台已与 2024 年采购一台减压单片硅外延设备，但是始终缺乏快速无损的厚度测试手段，此前均为寄出测试或有损测试，时间与费用均花费较高，为了提高数据反馈速度及降低测试成本，同时兼容平台其他工艺样品的测试，因此需采购一台能够满足硅外延片及碳化硅外延片测试的傅里叶变换红外光谱膜厚测量设备。

1.2 主要技术指标及质量要求

- 1) 样品尺寸：2-12 寸
- 2) 测试材料：硅外延层、SiC 外延层等
- 3) 光谱波数范围：7800-500cm⁻¹

- 4) 光谱分辨率: 0.25-16cm⁻¹
- 5) 光斑大小: 1-5mm
- 6) 厚度测试范围: 0.2-200um
- 7) 测试重复性: 0.02um
- 8) 厚度测量精度: <0.035um

2. 市场调研

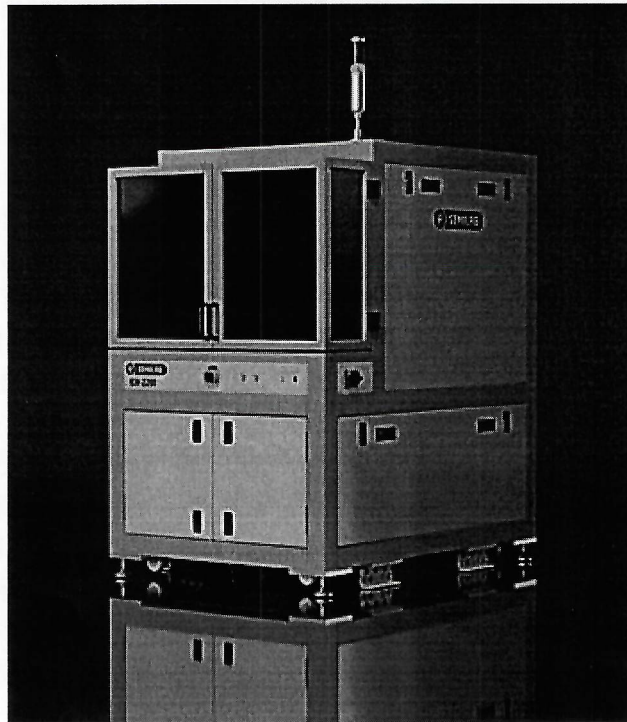
2.1 相关设备及发展状况

在硅外延片、碳化硅外延片及 SOI 片顶硅层厚度测试, 包括氧化钾外延层厚度测试等方面, 反射式傅里叶变换红外测试设备是必不可少的无损高精度测试方法, 在半导体器件工艺及微纳加工测试中是十分重要的工艺步骤。

2.2 供应商及设备情况

半导体领域的傅里叶变换红外光谱仪外国品牌有美国的 Thermo Fisher Scientific, Onto Innovation, 匈牙利的 semilab 等企业, 但是价格都在 200 万元以上; 国内则有优睿谱、盖泽、颐光等一众厂商。由于近些年半导体技术及设备领域的政策变化及国外先进制程的政策限制, 虽然最早傅里叶变换红外光谱仪由国外厂商研发, 但最近国内厂商在此领域投入大量资源加速设备国产化进程, 其性能已与国际一线厂商接近, 已在国内市场占据较大份额。

2.2.1 匈牙利 Semilab (产品型号: EIR-2201, 价格 300 万人民币左右)



Semilab 成立于 1989 年, 总部位于匈牙利布达佩斯, 为生产、研发中心, 客户遍布全球。在欧洲、和亚洲主要国家都设有分支机构, 在美国设有工厂和研发中心。Semilab 拥有

全球最优秀的电学和光学表征技术，产品被广泛应用于光伏、半导体、科研以及平板测试领域。凭借先进的测试设备，为客户的生产和质量监控提供一套完整的测试方案，在行业中始终处于领先地位。

作为业界领先的检测设备提供商，Semilab 拥有多样而全面的检测技术和方案，迄今为止拥有 90 项完全自主专利和 41 项注册专利，47 种产品类型和 214 个行业标准产品，为半导体全自动产线提供了超过 700 台在线检测设备(383 台安装于 300mm 产线)。其中，Semilab 的非接触式/接触式电学测试和光学测试，被广泛运用于材料、器件的沾污、缺陷检测中，成为相关工序的标杆测试技术。

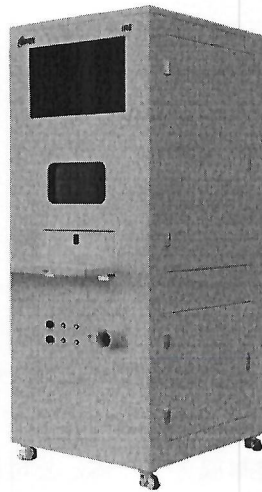
源于匈牙利科学院的技术基因，Semilab 从成立起就重视基础科学的研究，并形成了浓厚的工程师文化。目前 Semilab 在全球有超过 480 名工程师和 180 名物理学家，和学术界和工业界开展了广泛的技术合作，累计发表超过 200 篇学术论文。

Semilab 的 EIR2201 设备拥有全自动外延厚度及组分量测系统，配有红外光谱反射仪，产能高，有效实现对外延厚度的监控。匹配 SEMI/CE 标准，选用智能、可靠的零备件，可提高设备正常运行时间并减少维护需求。

其设备主要配置如下：

- 1) 样品尺寸： 4-5" or 6-8"
- 2) 厚度测试范围： 0.02-200um
- 3) 测试重复性： 0.002um

2.2.2 武汉颐光科技有限公司（产品型号：Eos300s，价格：约 79 万元人名币）



武汉颐光科技有限公司(Wuhan Eoptics Technology Co., Ltd.)是国内专业从事高端椭圆偏振仪以及光学纳米测量设备研发、制造与销售的高新技术企业，公司由多位具有二十多年偏振光学测量经验的专家联合创办，与华中科技大学紧密合作，是国内椭圆偏振光学仪器领域颇具优势的技术团队。

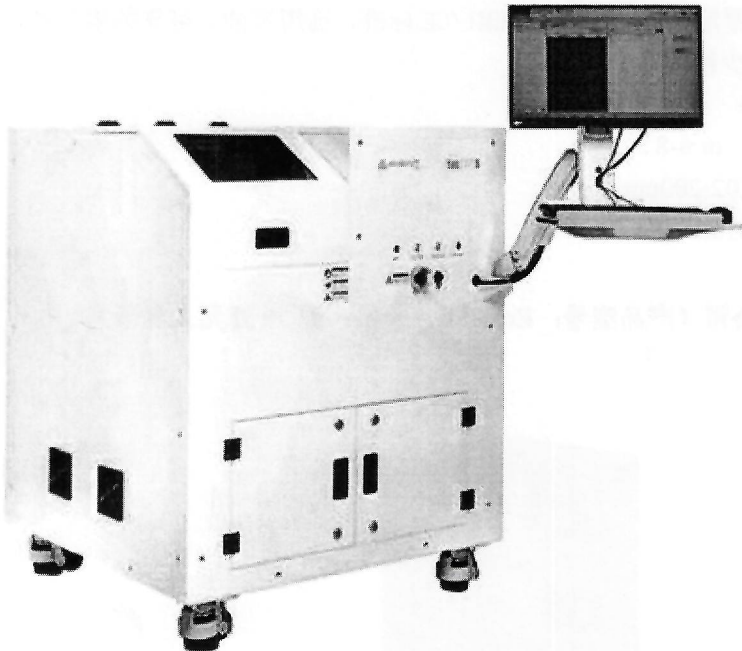
公司注册于武汉东湖国家自主创新示范区，立足光谷，面向全球，为科研和工业用户提供仪器、软件、服务等综合解决方案。

产品广泛应用于集成电路、半导体、光伏太阳能、平板显示、LED 照明、存储、生物、医药、化学、电化学、光学镀膜、光刻材料等众多领域。

其主要配置如下：

- 1) 样品尺寸: 4-12 寸
- 2) 测试材料: 硅外延层、SiC 外延层、SOI 顶硅层等
- 3) 光谱波数范围: 5000-500cm⁻¹
- 4) 光谱分辨率: 0.5-16cm⁻¹
- 5) 光斑大小: 1-5mm
- 6) 厚度测试范围: 0.3-200um
- 7) 测试重复性: <1% or 0.02 μm, 取较大值;
- 8) 测量精度: <0.05um (0.1-10um); <0.5% (>10um)

2.2.3 上海优睿谱半导体设备有限公司 (产品型号: Eos300s, 价格: 约 75 万元人名币)



上海优睿谱半导体设备有限公司成立于 2021 年 9 月。公司由长期从事于半导体行业的海归博士领衔和国内专业的 IC 前道制程量测设备技术团队共同发起成立。团队人员均为长年深耕在半导体前道量测设备行业,在国内具有深厚的产业背景、产业资源以及设备制造的产业链资源。

公司集研发、设计、制造、销售与服务于一体。公司总部位于上海浦东新区张江高科技园区,同时在浦东金桥设有研发中心,在无锡高新区设有技术中心。

主要产品领域为半导体前道量测设备,包括:面向硅基晶圆的量测设备,如傅里叶变换红外光谱膜厚测量设备、傅里叶变换红外光谱元素浓度与膜厚测量设备、晶圆键合及晶圆内生缺陷检测设备;面向碳化硅晶圆的量测设备,如傅里叶变换红外光谱膜厚测量设备、晶圆平整度测量设备,晶圆位错及微管检测设备,晶圆边缘及表面外观缺陷检测设备。

优睿谱以其先进的技术、卓越的产品、超越的交付和优异的服务,得到国内硅基和碳化硅基半导体客户的认可,取得了良好的市场口碑。其 FTIR 设备是国内最早的一家纯国产设备商,其设备在外延膜厚市场已经打破国外垄断,国产市占率第一。

截至目前，优睿谱 FTIR 在全球销量已超过 35 台，主要用户中芯国际、鹏芯微、金瑞泓、新昇、奕斯伟、吉林华微、比亚迪、东莞天域、合盛新材料、TCL 中环、中电化合物等等，且性价比最高，业内服务口碑良好。

其主要配置如下：

- 1) 样品尺寸：2-12 寸
- 2) 测试材料：硅外延层、SiC 外延层、SOI 顶硅层等
- 3) 光谱波数范围：7800-500cm⁻¹
- 4) 光谱分辨率：0.25-16cm⁻¹
- 5) 光斑大小：1-5mm
- 6) 厚度测试范围：0.2-200um
- 7) 测试重复性：0.02um
- 8) 测量精度：<0.035um

供货商名称	Semilab	武汉颐光科技	上海优睿谱
型号规格	EIR-2201	IRE-200	Eos300s
主要配置	红外光谱仪、运动平台、软件、算法	红外光谱仪、量测载台、软件、算法	红外光谱仪、量测载台、软件、算法
样品尺寸	4-5" or 6-8"	4-12 寸	2-12 寸
光谱波数范围	7800-500cm ⁻¹	5000-500cm ⁻¹	7800-500cm ⁻¹
光谱分辨率	0.25-16cm ⁻¹	0.5-16cm ⁻¹	0.25-16cm ⁻¹
厚度测试范围	0.2-200um	0.3-200um	0.2-200um
测试重复性	0.02um	<1% or 0.02 μm, 取较大值	0.02um
测量精度	<0.035um	<0.05um (0.1-10um) <0.5% (>10um)	<0.035um
国内主要顾客	中芯国际、长存、长芯、增芯、粤芯、润鹏、华虹、中环领先、天域、瀚天等	上海积塔半导体、深圳方正微电子、深圳深星旭、无锡天芯微电子、安徽华芯微纳、上海新昇半导体、九峰山实验室等	西安奕斯伟、上海新昇、金瑞泓、TCL 中环、河北普兴、南京国盛、晶睿、中电晶华、天域、合盛新材料、希科、中电化合物

			器件：大鹏半导体、汇芯、BYD、吉林华微、福顺、中芯国际、鹏芯微等
技术特点	干涉法、反射法	干涉法、反射法	干涉法、反射法、全域拟合法
工艺试验及性能指标验证情况	设备性能指标部分满足工艺要求	设备各项性能指标满足工艺要求，符合工艺发展的方向	设备各项性能指标满足工艺要求，符合工艺发展的方向
价格	300 万元人民币	79 万元人名币	75 万元人民币
售后服务情况	售后服务存疑(欧洲厂商)	拥有国内技术团队，配备有大部分设备所需备件，能提供快速售后服务	拥有国内技术团队，在无锡分公司配备有绝大部分设备所需备件，能提供快速有效的售后服务
市场应用及占有率情况	12 寸主流 Fab 市占率第二	国内过货量 13 台台	国内过货量 33 台，国产市占率第一
存在问题	只兼容 4-5 寸 or 6-8 寸 价格较高 服务费用昂贵	出货量较少，市场占有率较低	与国外厂商相比，公司成立时间较短短（4 年）

上海优睿谱半导体设备有限公司成立于 2021 年 9 月。公司由长期从事于半导体行业的海归博士领衔和国内专业的 IC 前道制程量测设备技术团队共同发起成立。团队人员均为长年深耕在半导体前道量测设备行业, 在国内具有深厚的产业背景、产业资源以及设备制造的产业链资源。在生产方面，优睿谱注重产品的品质和性能，采用先进的生产工艺和严格的质量控制标准，确保每一台傅里叶变换红外光谱仪都具备卓越的性能和稳定性。同时，优睿谱注重产品的定制化服务，能够根据客户的具体需求和工艺要求，提供个性化的解决方案。在售后服务方面，埃德万斯建立了完善的服务体系和专业的服务团队，能够为客户提供快速、专业的技术支持和维修服务。

与其他两家相比，优睿谱的 EOS300s 型号傅里叶变换红外光谱仪设备拥有先进稳定的技术和国内的高市场占有率，同时还具有 SiC 层的多层连续外延测试能力，可以准确测量外延层和外延过渡层，适用硅及碳化硅层外延工艺的厚度测试，与其他两家相比在价格及硬件指标上也有所差距。综上所述，拟选择上海优睿谱。

3、傅里叶变换红外光谱仪采购方案

3.1 拟选购设备信息

价格：约 75 万元

技术指标：

- 1) 样品尺寸：2-12 寸
- 2) 测试材料：硅外延层、SiC 外延层、SOI 顶硅层等
- 3) 光谱波数范围：7800-500cm⁻¹
- 4) 光谱分辨率：0.25-16cm⁻¹
- 5) 光斑大小：1-5mm
- 6) 厚度测试范围：0.2-200um
- 7) 测试重复性：0.02um

8) 测量精度: $<0.035\mu\text{m}$

3.2 拟采购供货方案:

与制造商直接签订采购合同进行货物采购

制造商: 上海优睿谱半导体设备有限公司

地址: 上海市浦东新区盛夏路 570 号 1 幢 402 室

价格: 75 万元人民币

4、设备使用经济性说明

该设备总预算价为 75 万元人民币, 按照 10 年折旧估算, 每年使用 10 个月, 每个月 20 个工作日, 每日工作 8 小时计算, 当设备开放共享使用的稼动率为 100%/75%/50%/25%时, 设备成本分别约为 47/71/94/187 元。在设备采购初期, 有多家企业与科研院校对傅里叶变换红外光谱仪测试有明确的项目合作需求。因此根据设备使用预估情况合理制定收费标准, 将可以完成有效的成本回收。

设备名称	金额 (万元)	设备稼动率			
		100%	75%	50%	25%
傅里叶变换红外光谱仪	75	47	71	94	187

5、结语

经广泛调研, 拟申请与制造商直接签订采购合同进行货物采购的采购方式, 采购一台能满足微加工与器件平台所需技术指标的红外光谱膜厚测量设备 (FTIR), 以满足平台对硅外延、碳化硅外延及 SOI 顶硅层的厚度测试提供科研条件, 设备价格为不超过 75 万元人民币, 在预算范围内。

采购需求部门论证签字 (三人以上, 含团队负责人):

张 永奇 邵 贾逸强

2025年11月24日