

2017 年光电所科创计划项目简介

题目 1：新型室内可见光定位系统理论及实验研究

基于移动设备摄像头的室内可见光定位系统主要的问题一方面是移动设备摄像头分辨率较差，即接收机接收信号的能力较差，获取的信息信噪比较低，解码成功率较低；另一方面是移动设备摄像头的拍摄在帧与帧之间存在间隔，即接收机的接收是不连续的，信息传递效率较低，难以传递较长的地址信息。

针对信息信噪比较低的问题，从图像处理的角度，通过滤波，局部对比等方法提高解码成功率；针对传输地址信息长度较低的问题，技术上采用独特的编码方案，利用摄像头拍摄的多帧图片实现较长信息的传递。

题目 2：新型激光雷达测距方法研究

首先，无人驾驶是当前的热门话题，车载激光雷达可以为无人驾驶技术提供关键的室外定位、障碍物距离计算等支持，是实现无人驾驶的关键组件。

除此之外，驾驶安全对于行车来说至关重要，车载激光雷达可以为无人驾驶或辅助驾驶提供障碍物的位置信息，配合外围算法，实现提前避险，提高行车的安全性。

在未来，车辆联网的实现也需要车辆的位置信息和状态信息，激光雷达可以提供推算障碍物距离的功能，与标志性物体的相对位置从而解算出车辆的位置信息，配合外部模块，实现车辆的无人驾驶，只需与服务器连接，就可以为将来的车联网提供车辆的位置信息和状态信

息。

本项目通过多线激光器发射经过调制的特定需求的激光，经过障碍物表面的反射，在接收端接收到反射的激光后，进行光电转换，滤波，信号放大等操作，并且实现提升信噪比的工作。再通过 I/Q 正交鉴相的方法，与初始信号进行比对得到相位变化，从而计算出障碍物离激光器的距离。

技术上，本项目希望，不是从传统的检测反射波峰值的角度判断收到回波并解算距离，而是从通信工程的角度，通过发射连续光波，使用编码等方式提高接收信号的信噪比，从而实现在更加复杂和恶劣的天气条件下仍能检波的要求。或者在相同的环境条件下，使得激光雷达能达到更高的精度和更广的探测范围。

题目 3：面向多模态数据的深度学习模型研究

现实生活中的信息传递常常包含多种模式，这让我们更容易理解其中的信息。比如有标签的图像更容易让人理解，文字配上图片更能清晰地表达内容等。多模态学习是一种能够集成多种模态（如图像、文字等信息）的学习方式，多模态学习模型也可以从已有信息中推测本来缺失的信息。我们做的这个项目希望能从文本和图像两方面来理解语义信息，主要能实现：给出文本和图像信息之后，像做阅读理解一样，能根据图像信息和文本信息推理出一些问题的答案。深度学习模型的可解释性也是近年来比较引人关注的一个课题，由于参数过于庞大，对于模型每层提取的语义信息的理解相对来说较为困难。利用多模态做可解释性学习，我们希望能通过可解释性学习模型从图像和文字中

一起研究出单从图像无法解释出来的图像内容（时间，地点，人物，心情等）。这和之前的单独的图像分类、目标检测不同，我们希望的是完成基于多模态数据的可解释性学习。我们希望能够将多模态学习和模型的可解释性结合起来，了解是哪些设计限制了模型准确率的提高，也希望了解各个神经元代表了给定信息中的哪些特征。

题目 4：深度神经网络的可解释性学习研究

深度神经网络近年来飞速发展，被应用于多种智能系统，如自动驾驶汽车、医学图像分析、金融业分析等。但是，深度神经网络对于研究者来说是一个“黑箱”模型，因为它参数数量巨大、内部结构复杂。研究者无法透彻地理解其运行的机理，不能直观地看到深度神经网络的训练结果，也无法预知其作出决策的程，或者在其预测错误时进行修正。

为了解决这些问题，我们提出了“可解释性学习”的概念。基于深度神经网络的可解释性学习主要希望提高深度网络的可解释性，使得研究者可以直观地看到其训练的结果、做出预测的理由，或可以很容易地参与到深度神经网络的训练过程中，进一步提高深度神经网络的性能。

题目 5：无标记三维光学血流运动造影技术及生物医学应用

结合无标记三维光学血流运动造影技术的相关理论知识，用相应的算法区分出所给样本中的静态组织和运动的血流。并结合对应的数学物理知识，构建并优化相应的数学模型，使得在保证图像清晰度的同时增大静态组织和运动血流图像的对比度。该技术可以为诸多与血流灌

注相关的疾病的诊断和治疗提供有力的手段。

题目 6：通过随机介质的光学成像及图像重建技术

通过随机介质的光学成像及图像重建技术具有很高研究价值和广泛的应用范围。可用于生物组织的无伤探测，雾霾天气中的远目标成像以及天文探测上透过层流湍流的星体观测等领域。

题目 7：视频信息的深度处理技术研究

据统计，人类接受的信息 70%来自视觉，其中活动图像是信息量最丰富、直观、生动、具体的一种承载信息的载体。对已经或者正在获得的视频数据实现更为充分的利用，在众多领域都具有重要意义。

1. 工业相机的图像采集及存储；
2. 图像序列之间的配置；
3. 图像降质过程的参数估计；
4. 综合多帧图像信息的深度处理

题目 8：中波红外 OPO 激光器谐振腔操控研究

中波红外 OPO 激光器在诸多领域具有广泛用途。本项目旨在明确该类激光器中影响光束质量的因素，验证自适应光学技术改善光束质量的能力。

1. 初步研究谐振腔结构参数、PPLN 热效应等因素对于光束质量的影响。
2. 开展自适应光学改善光束质量的初步实验。

题目 9：悬铃木果球剪截无人机

悬铃木（俗称法桐）是许多城市具有极好遮荫效果的行道树，其最大

不足是春季飞扬的绒毛，绒毛为果球越冬成熟后脱落所致。多旋翼无人机机动灵活，悬停性能好，操控性能强，已在各个领域得到较好应用。本项目将研制一种专用多旋翼无人机，机上有视觉系统、测距系统、剪裁机械，人工操作将果球剪裁。用于悬铃木果球剪裁的无人机，可在初春将悬铃木果球剪裁，极大地减少绒毛飞扬，改善环境质量。探讨自动剪裁或摘采其他水果的可能。

题目 10：医用视频内窥镜 MTF 测试方法研究

MTF 作为光学系统像质评价方法已经得到广泛应用，但医用内窥镜还停留在鉴别率上。本计划拟用刀口扫描法进行医用视频内窥镜 MTF 测量方法的研究，积分球均匀照明扫描刀口，用 CMOS 相机接收刀口扫描扩展函数，经微分得到线扩展函数，再进行快速傅立叶变换，即得医用视频内窥镜的 MTF，从而对其成像质量进行评价。

题目 11：深空星云远摄系统的设计与加工

研发深空星云远摄镜头样件，使深空星云的观测与拍摄由当前仅限于少数科学工作者及天文爱好发烧友走向的全民化、普及化。

题目 12：基于结构光投影的人脸三维照相技术

围绕该研究目标，设置以下研究内容：

1. DLP 投影光栅强度自修正技术研究。
2. 三维测量系统标定技术。
3. 相位提取和解缠绕技术。
4. 三维数据点拼接方法研究。
5. 控制和数据处理技术。

题目 13: 基于超表面的超薄隐身衣设计与仿真

基于超材料的传统光学隐身衣，是利用空间变化的折射率来逐渐弯曲光束，以达到隐藏物体的效果。其缺点是隐身材料占用的空间很庞大，需要精密的三维加工技术。

人造超表面（Metasurface）其实就是指二维人工超材料。其优点是结构简单，易于加工。相位梯度超表面可使入射电磁波产生异常反射，因此，其在隐身技术中具有重要的应用价值。本项目的目的是基于超表面对光波波前的调控，利用 FDTD Solutions 光学仿真软件，设计并实现一种新颖的超薄隐身衣。

题目 14: 用于光波偏振态快速检测的超表面结构与仿真

人造超表面（Metasurface）其实就是指二维人工超材料。相比三维结构其最大的优点就是结构简单、易于加工。2011 年科研人员首次发现，通过改变结构设计可以控制人造超表面对入射光波前进行任意相位调制，因此其在光学负折射、超分辨成像、涡旋光束等方面有广泛的应用前景。最近，科研人员利用超表面材料设计了一种高效、快速的偏振态（斯托克斯矢量）的检测方法。相比传统方法，它具有强大的优势。

本项目的目的是利用基于 FDTD 算法的光学仿真软件设计并研究基于超表面材料的光波偏振态快速检测方法，经过大量仿真设计研究最后归纳总结出一种光波偏振态快速检测方法。

题目 15: 用于痕量气体检测的 MEMS 悬臂梁微位移光学检测技术研究

对于特定气体微小成分含量的检测在诸如大气质量监测、生产环节控

制和安保安防等广泛应用领域扮演着十分重要的角色。光声光谱技术是近年来在痕量气体检测领域发展起来并广受关注的新技术，它是基于光声效应，通过将待测气体对特定波长的光吸收转化为热进而转变为声压，在利用声压敏感器进行探测。目前光声光谱设备中主要采用商用麦克风作为声压敏感器，其有限的灵敏度限制了可探测的最小气体浓度。从机械设计角度出发，麦克风是由四周夹支的悬浮膜所构成，与此相比，基于微电子机械系统（MEMS）技术制备而成悬臂梁一端固定而另一端可自由变形，因而其理论上可以表现出更高的声压探测灵敏度，从而有助于进一步降低可探测的气体浓度。从实际加工工艺角度考虑，MEMS 悬臂梁的尺寸通常在毫米量级，而根据所探测气体的浓度，其在工作状态下的最小变形量会低至十几纳米。本项目的主要目的是针对 MEMS 悬臂梁在光声系统中所处的位置，设计相应的光学检测方法，用以实现实时、高精度 MEMS 悬臂梁的微小变形测量，同时尽可能简化测量系统的装校和操作复杂程度。

题目 16：基于可调焦液体透镜的成像技术研究

传统透镜是通过注塑或磨削等工艺将特定的面型加工在诸如塑料、玻璃等衬底上而形成，加工成型后其光学特性如焦距是固定的。而在实际成像应用中，往往需要光学系统具有一定的参数调节能力，例如为了实现焦距调节能力，通常需要组合多个透镜并采用相应的调整机构来控制它们的轴向位置，从而导致光学系统十分复杂且不利于系统的小型化。与此相比，近年来新兴的液体透镜技术则表现出一些独特的性能，采用单个液体透镜即可以实现焦距的调节功能，从而有助于简

化光学系统构成并在实现小型可调光学系统。本项目的目的是基于可调焦液体透镜来构建成像系统，通过光学设计并结合适当的图像处理算法来实现一些新的成像模式和功能，诸如三维显微成像、测距成像等。

题目 17：机电设备无线远程监控技术研究

机电设备引入远程监控不仅可以方便设备使用方实时观测设备的运行状况，也可以方便设备供应方进行售后的故障诊断和维修。随着通信技术的发展，目前的远程监控技术可分为无线和有线两种。有线远程监控技术需要设备现场提供网络接口，基于 SNMP (Simple Network Management Protocol) 的网管代理设备接入客户局域监控网络或 Internet 网，网管的成本较高，需要占用光缆并安装 SNMP 设备，而且需要提供 SNMP 支持的 TCP/IP 链路；无线远程监控技术则是利用现有的手机通信网络，通过在设备内配置通信模块如 GPRS 模块，再通过 GPRS 等通信网络连接到 PC 端服务器，不仅可以在 PC 端服务器的远程监控程序中显示出设备的位置和工作状态，同时通过操作 PC 端服务器的远程监控程序，可以实现对运行设备的远端控制。

本项目的主要内容分为两部分：（1）设计一个集成的模拟设备端，采用 FPGA 为主控单元，实现对 GPRS 模块的通信、温度数据的采集以及步进电机的操控；（2）在 PC 机上实现基于 GIS（地理信息系统）的远程监控软件，实现对设备端的位置显示、温度显示，并可进行电机的控制。

题目 18：正常人群视锥细胞形态学特征与其相关影响因素的研究

视网膜感光细胞直接负责光线的接收和转化，了解感光细胞分布状态是医学工作者对视网膜进行初步诊断的直接简便的方法，其相对数目也是医学工作者对人类视觉研究和人眼眼病病理研究的重要参数。所以，研究视锥细胞的形态学特点及其影响因素对于临床至关重要。

题目 19：生物细胞自动计数关键技术研究

生物细胞计数是生物学、医学等领域的一项基础性工作。过去，这项工作主要由人工完成，耗时耗力；随着显微成像、计算机图像处理等技术的发展，生物细胞计数正逐步实现自动化。本研究以人眼视网膜感光细胞作为研究对象，对生物细胞自动计数的关键技术进行研究，为研制人眼视网膜感光细胞自动技术仪奠定相关技术基础。

题目 20：太阳望远镜热光阑高效冷却结构设计

热光阑是太阳望远镜的核心热控器件，也是制约太阳望远镜口径进一步增大的主要因素，为了突破这一瓶颈，亟需研制具有更高冷却效率的热光阑结构。本课题针对这一需求，进行新型热光阑冷却结构研究，为大口径太阳望远镜的研制进行关键技术积累。

题目 21：隐蔽目标偏振光学探测技术

“兵临城下”中，狙击手把自己伪装起来，躲避敌人的侦察，等待时机，杀人与无形之中，往往决定战场的走向。那么，是否就真的无法对此种隐蔽目标进行探测呢？偏振光学就是可能的手段，其不仅可用于战场隐蔽目标，也可应用于其他领域甚至生活之中，如在机场安检中识别人体随身携带的物品，雾天提高地面物体识别度，安保工作中对周围隐蔽物体的侦测，反恐作战中空间对地面物体识别等。本项目

旨在利用隐蔽目标与周围环境(人体、草丛、丛林、云雾)之间的偏振特性不同,将目标与周围环境区别开来,并进行识别和判断,通过项目的锻炼,对偏振光学及其应用有深刻的认识,也为未来可能的研究方向奠定基础。

题目 22: 无人机自动跟随与巡视技术研究

基于商用可开发旋翼无人机,开展基于蓝牙\局域网\GPS 的移动终端引导的无人机自动跟随,研究无人机相对静止跟随、绕飞、规则图案路线飞行等自动跟随飞行模式,研究基于人脸识别的无人机目标锁定与跟随技术,探索无人机自动避障技术,结合无人机路径记录功能尝试无人机自动巡视技术。

题目 23: 高压三相感应电动机稳态温升分析研究

电动机是各种生产机械的主要动力设备,而在运行中,由于各种原因使绝缘逐步老化,温度升高,电机寿命缩短。基于此背景,提出了高压三相感应电动机稳态温升分析研究课题,基本研究内容如下:

(1) 根据市场调研,选择一台市场需求量大的电动机产品,分析并建立电机的等效热路图,用热路法计算该电机在空载和额定负载运行时各部件的平均温升。

(2) 根据电机的温度场分布规律,利用大型有限元商用软件,分别计算得出电动机在空载和额定负载运行时的温升,得到发热部件的温度分布和最高温升。

(3) 了解并掌握中型高压三相感应电动机的试验方法,通过试验分别测出电机在空载和额定负载运行时的温升,并与以上两种方法的计

算结果进行对比分析，试着找出平均温升和最高温升之间的关系。

(4) 在此基础上，分析并提出降低该电机温升的设计方案，并对优化后的样机进行实验分析。

题目 24：移液枪头全自动智能装盒技术研究

移液枪头广泛应用于医疗卫生、生物技术等领域的科学研究中，目前在生化实验室的使用过程中，为了节约成本，多是通过人工进行移液枪头的装盒，耗费人力，浪费时间。基于此背景，提出了全自动智能装盒技术研究课题。

根据移液枪头特征，开展基于目标识别技术的枪头姿态判断与准确定位方法研究；研究移液枪头的摄取、传送、放置的结构实现方式，利用设计软件开展结构设计；基于人工智能技术，设计全系统自动工作的智能控制方案，尝试编写控制程序。

题目 25：光学相干层析图像的三维图像重构方法研究

基于高分辨率 OCT 图像引导的抗青光眼手术中，OCT 的三维图像信息可以有效地为医生提供人眼组织结构形态、手术器件的位置及它们之间的相互关系。因此，OCT 三维图像重构的结果直接影响了手术引导的效果，为了提高 OCT 手术引导的性能，需要三维图像重构方法进行研究。

题目 26：微弱信号放大器的仿真与设计

在 OCT 系统中，成像效果与光学系统的信噪比相关，也与微弱信号的提取能力相关。由于 OCT 系统的低相干信号存在着信号弱，频率高的特点，需要对其干涉信号进行放大后进行采集，为了提高光电转换效

率及抑制放大器本身的噪声，对微弱信号放大器进行仿真与设计，提高其阻抗的匹配性，实现干涉信号的低噪声放大。

题目 27：用于高速飞行器的热防护材料调研分析

高速飞行器是目前的研究热点，关于该飞行器的热防护材料研究也在同步进行。该项计划将对适用于该应用领域的材料进行调研，分析未来发展趋势，并制定初步的研究方案。

题目 28：闭环系统控制器自动设计以及性能评价

现有的控制系统设计都是基于国外频率分析仪。如何利用现有的控制系统硬件进行数据采集、记录，开发自动设计软件进行设计和评价，具有成本低、使用方便、功能丰富等特点。

题目 29：望远镜中振动信号精确重建以及抑制

大型望远镜会受到很多振动：风力、结构振动、平台振动，从而影响图像的清晰度，如何重建振动的位置信号，利用倾斜镜进行校正是重要的工作。

题目 30：图像去噪算法研究

- 1) 对图像去噪算法进行广泛的调研、分析与总结；
- 2) 进行噪声与信号的特性（统计特性、关联特性）分析，寻找它们可分离的特性；
- 3) 根据分离特性进行去噪算法的设计。

题目 31：基于 FPGA 的测时电路研究

用于激光雷达系统中脉冲信号的飞行时间间隔测量。利用开关电源供电，系统能够完成两个脉冲信号之间时间间隔的测量功能，并将其转

换为数字信号通过 USB 口输出，测时精度优于 80ps；能够实现 4 路信号的同时测量

题目 32：超声波电动小车

通过超声波电动小车的研制，掌握超声波电机的驱动方式及其优缺点，可在空间小型化转动机构中应用。

1. 掌握超声电机驱动技术；
2. 熟悉硬件电路开发工具（cadence），设计超声电机控制驱动电路板；
3. 掌握 DSP 开发工具（CCS），开发超声电机控制小程序；
4. 了解 3D 打印机技术，打印小车模型。

题目 33：星图运动目标检测技术

天基或地基望远镜系统对卫星、小行星等运动目标进行探测，通过单帧或多帧图像，对运动目标进行检测和识别，最终获取运动目标位置信息。利用该信息可以实现对目标星的发现、定轨、自主定轨等应用领域。对图像中的星点目标进行识别、提取、定位；利用恒星星点位置信息，通过对图像的旋转、平移等变换，对齐图像；寻找其中的运动目标，最终提供运动目标的位置信息（ x ， y ）。

题目 34：基于视觉的无人机空中加油锥套识别与位置测量

无人机空中自动加油技术应用能延长航行时间并扩大作战半径，被誉为无人机的“力量倍增器”。加油机从机身后方放出一个加油锥套，受油机在机身前方安装一根探管，将探管插入锥套即完成空中加油对接作业。现代先进的加油机上均装备摄像机对加油锥套运动状态进行监

视、并通过视觉技术对锥套进行识别和位置测量，是无人机空中自动加油关键技术。

题目 35：基于非相干结构光照明的三维微纳结构检测技术研究

随着微电子，微纳结构，MEMS 器件的发展，对表面形貌的要求也越来越高。测量是加工精度的重要保证，为了确保器件性能最终达到设计要求，在制造过程中对其结构进行非破坏性精确检测显得尤为重要。然而，由于高深宽比微结构的特殊性，并且随着 MEMS 技术的发展，其尺寸不断缩小、深宽比不断提高，常规微结构测量手段已经难以满足制造过程中高深宽比微结构测量所需的无接触、非破坏、快速、低成本、高灵敏度等要求。

针对上述问题，本项目提出一种基于非相干结构光照明的三维微纳结构检测方法。该测量方法具有非接触、非破坏性的优点，和传统测量方法相比，具有非接触、高精度、高效率、测量系统简单等优点。不仅为高深宽比微结构的检测提供了一条途径，为其提高其加工精度供了有力保障，更将有力促进 MEMS 器件制造技术的进一步发展。

题目 36：基于结构光微纳结构的二维超分辨检测

微纳制造技术水平，已成为衡量一个国家科技水平的重要标志。测量作为制造技术的基础之一，需要满足微纳器件的不断发展。传统光学理论已证明所有经典光学系统都是衍射受限系统，虽然包括白光干涉方法在内的光学测量手段的纵向分辨率已达纳米甚至亚纳米量级，但其受限于衍射效应，横向分辨率难以突破 200nm，限制了其在高分辨力微纳结构检测中的应用，难以满足微纳结构检测分辨力不断提高的

需求。

针对上述问题，提出结构光实现微纳结构二维超分辨检测，利用结构光对入射光场进行调制，将样品中不可见的高频信息携带到显微镜可见的低通频带，同时提升横向、纵向分辨力，实现对微纳结构二维的超分辨力检测。

题目 37：基于微透镜阵列的三维显微成像研究

利用微透镜阵列，通过二维传感器阵列采集思维光场信息，有效解决传统显微镜景深受限问题，为三维显微图像重构提供基础，为生物观测、微纳结构三维形貌测量等领域提供一种新方法。

题目 38：平面偏转角度测量系统及其误差分析

飞行器舵面的动态响应会直接影响到飞行器的飞行速度和飞行姿态，进而影响到飞行器的飞行质量。通过对舵面间隙的测量，对飞行器的舵面状态进行评估改良，并将舵面状态反馈给飞行器控制系统进行飞行补偿。舵面间隙可以通过舵面位移进行推导计算，测出舵面偏转的角度即可的得到舵面位移，所以精确测量出舵面偏转角度对飞行器的飞行状态控制具有重大意义。该平面偏转角度测量系统除了可以用在飞行器的舵面间隙测量上，还可以用在机械制造、建筑等多个行业，对保证产品的使用寿命和提高产品性能都有重大意义。

题目 39：基于等离子体亚波长结构的高纯度彩色显示研究

彩色显示技术存在于日常生活的每个角落，现有的技术主要是基于荧光染料（彩纸）、纳米金属颗粒（彩色玻璃）、电子枪（彩色显示器）

等，但是存在易褪色、色彩纯度不高、显示分辨率低等不足，为此，需设计一种新的彩色显示技术弥足这些不足。本项目拟开展基于等离子体亚波长结构的彩色技术研究，通过设计和加工一系列微纳米结构调节其对不同频段光波的吸收率，从而获得不褪色、纯度高、分辨率也高的光波色彩。研究成果有望应用于高分辨率彩色显示，高密度光学存储等领域。

题目 40：基于亚波长结构的红外偏振成像系统

偏振态是电磁波的重要特征，偏振是光除了波长、振幅、相位以外的又一重要属性。物质偏振属性能够为目标的探测和识别提供更多维度的信息。偏振成像是实时获取目标偏振信息的基础上利用所得到的信息进行目标重构增强的过程，它能够提供更多维度的目标信息，从而具有提高探测目标精度、提高目标的识别概率和穿云透雾等能力。红外偏振成像技术适合应用于隐身、伪装、虚假目标的探测识别，并且在雾霾、烟尘等恶劣环境下能够提高光电探测装备的目标探测识别能力。

题目 41：基于二维超材料的多维度、多通道阵列光束产生器

与单通道光束相比，多维度、多通道的阵列光束能够同时获得更多的空间位置信息，因此在虚拟现实、无人驾驶、智能机器人等领域具有广泛的应用前景。目前的多通道光束产生器件存在通道数有限、仅能实现一维分束、能量分布不均匀、器件尺寸大等诸多不足，导致其不能满足在上述领域中的应用。本项目拟采用新型的人工二维超材料对光波进行“整形”，使其能够在远场产生多维度、多通道，且强度分

布均匀的阵列光束。