

如何写好基金申请书

科技处 苏小虎

2019.1.29

时间

- ◆ **一般基金申请是一年的事，而不是一两个月或几天的事。前一年基金截止之日是后一年基金开始之时**
 - 3-10月调研，资料收集（选2~3个方向）**
 - 10-12月确定一个方向，着手撰写，完成初稿**
 - 1-3月反复修改，不断完善，千锤百炼，水到渠成**
- ◆ **杰青申请至少需要三年的准备时间：**
 - 做出好的结果，发表高水平文章，提高知名度；**
 - 建立专家库，向有关专家推介自己及自己的工作；**
 - 参考一些成功的申请书，学习申请书撰写技巧**
- ◆ **最不可取：草草了事；按前一年未上评审专家意见修改提交**

评审专家意见

- ◆ **前一年未上的评审专家意见很重要，但并不是按专家意见修改了就能上。（你的申请书上不了不止这一个原因）**

以下是几个典型的专家否定意见。

- **申请书中不止一次出现两个标点符号连用的打印错误。**
- **团队成员参与项目研究时间偏少,难于保障项目理论研究和应用测试等时间需求。**
- **申请书创新性不够**
- **申请书对科学问题凝练不够**
- **申请书的中文摘要不完整，部分程度影响了对本项目的。**

步骤

申请书不同的人有不同的写法，本人建议采用以下四个步骤：

- ◆ **第一步**：写**摘要**（400字），将来申请书摘要部分；
- ◆ **第二步**：写**详细摘要**（800~1200字），这实际上已经是一份完整的申请书了，申请书的精华部分全部在这里了；
- ◆ **第三步**：写**详细提纲，搭架构**，哪一部分写什么内容，想到达什么目的，用什么实例，什么图、表，所有支撑和佐证材料全部列出来。实际上就是答辩时的PPT；
- ◆ **第四步**：写**正文**，按照详细提纲和架构对各部分展开描述。

到最后只有摘要和正文有用，但第二步和第三步对写好正文起到至关重要的作用，**800~1200字的详细摘要就是正文加黑部分。**

项目名称

- ◆ **项目名称是项目学术思想的高度浓缩和学术水平的直接反映。**
- ◆ **项目名称好未必能提高学术评价，但项目名称不好却一定能降低对项目的学术评价。**
- ◆ **项目名称的命名原则是将关键词进行有序和合乎逻辑的组合，用最少的文字表达最重要和最清晰的信息。**

项目名称

◆ 项目名称：高度精炼、语义明确、易于理解

◆ 项目名称：修饰词（A、B、C）+中心词+关键词

修饰词：限定词、定语（尽可能具体）

中心词：做什么

关键词：作用/影响+机制/机理

如：**高速率、低功耗、高光学带宽硅基光调制器机理研究**

◆ 常见问题：项目名称字数太多或太少；

关键词之间的逻辑关系不清；

因果、并列、包容关系混乱等。

项目名称

如：1、近红外单光子探测焦平面阵列及雪崩倍增机理研究

2、**低维**半导体阵列基柔性光电探测器的**机理研究**

一维、二维

3、**宽频带高精细**微波频谱**调控机理研究**

4、**大容量**硅基光学路由器与光开关**阵列**

5、窄线宽高稳频可调谐半导体激光器集成结构的探索

6、**超高速**硅基光学矩阵处理器 

160 亿次乘加运算/秒的硅基光学矩阵处理器**机理研究**

7、**高功率**激光器**应用** 

5000瓦光纤激光器在**汽车加工中的**应用

关键词

- ◆ **关键词是申请书中最重要的学术概念，包括科学问题、科学目标、研究意义、研究内容、及主要技术方法等。**
- ◆ **通常5个关键词中可能有2（或3）个描述科学问题，1个描述研究内容，1个描述技术方法，1个描述预期结果和意义。**
- ◆ **另外，关键词要依照关键词的内涵及逻辑关系进行排列。**

摘要 (限400字)

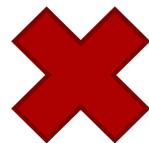
- ◆ 摘要包括**研究背景**、**科学问题**、**研究目标**、**研究基础**、**研究内容**、**技术方法**等，高度浓缩地回答为什么、做什么、怎么做及本工作意义等问题。
- ◆ 摘要通常有7个句子。其中1个句子描述背景、1个句子描述研究现状、1-2个句子描述科学问题、2-3个句子描述研究内容及技术方法、1个句子描述结果、结论及意义。
- ◆ 最常见的问题是结构失衡，即过多描述了某个方面的内容，如过多描述背景、科学问题或研究内容、技术方法等。
- ◆ 由于摘要的字数有限，因此过多描述某些内容就会影响其他内容的描述。

摘要



中文摘要

具有单光子级别的近红外弱光探测技术在信息感知领域具有巨大的应用前景，以雪崩光电探测器APD构成的单光子探测焦平面阵列是当前及未来三维成像激光雷达系统中的关键芯片，是目前国际上高度关注的研究热点。本课题以发展用于激光雷达的 32×32 单光子探测APD焦平面阵列为目标，针对其中的关键问题开展研究，主要研究内容包括：研究InGaAs、InP材料中各种杂质、缺陷产生机制，揭示盖格模式下缺陷影响雪崩过程的内在关系和规律；通过倍增区、电荷层以及吸收区参数的变化调节各区域电场和带隙分布，优化APD盖革模式下工作性能；通过解决材料生长和阵列制备工艺中系列关键问题，控制材料中缺陷和异质结界面位错，有效提高材料与器件的均匀性；发展新型结构抑制阵列各面元间电串扰和光串扰；实现 32×32 InGaAs APD面阵，像元尺寸 $50 \mu\text{m}$ ，探测波长近红外 $1.06\text{--}1.55 \mu\text{m}$ ，单光子探测效率大于15%。



◆ **问题**：一整段，条理不清，很难找到想要看的东西

摘要

具有单光子级别的近红外弱光探测技术在信息感知领域具有巨大的应用前景，以雪崩光电探测器 APD 构成的单光子探测焦平面阵列是当前及未来三维成像激光雷达系统中的关键芯片，是目前国际上高度关注的研究热点。↵

本项目以发展用于激光雷达的 32×32 单光子探测 APD 焦平面阵列为目标，针对其中的关键问题开展研究，主要研究内容包括：↵

1) 研究 InGaAs、InP 材料中各种杂质、缺陷产生机制，揭示盖格模式下缺陷影响雪崩过程的内在关系和规律；↵

2) 通过倍增区、电荷层以及吸收区参数的变化调节各区域电场和带隙分布，优化 APD 盖革模式下工作性能；↵

3) 通过解决材料生长和阵列制备工艺中系列关键问题，控制材料中缺陷和异质结界面位错，有效提高材料与器件的均匀性；↵

4) 发展新型结构抑制阵列各面元间电串扰和光串扰；↵

5) 实现 32×32 InGaAs APD 面阵，像元尺寸 $50 \mu\text{m}$ ，探测波长近红外 $1.06\text{-}1.55 \mu\text{m}$ ，单光子探测效率大于 15%。↵

◆ 同样内容，分段描述，加了序号，条理清楚

◆ 背景、目标、内容、科学问题，一目了然

◆ 美中不足，缺一句话收尾：完成后能产生什么意义（效果）

摘要

中文摘要

甚长波红外 ($\lambda > 12 \mu\text{m}$) 探测器是目前空间红外技术中最为迫切需要解决的战略核心元器件和发展瓶颈。量子级联探测器 (QCD) 能够自发驱动激发态电子定向流动而无需偏置电压。它具有极低暗电流、极低背景噪声、高响应速度和高工作温度等天然优势, 是甚长波红外波段最具竞争力的光子探测器。

本项目目标是针对空间技术对极低暗电流甚长波红外探测器的迫切需求, 面向未来大规模甚长波红外焦平面技术, 突破材料设计和生长技术研制出大尺寸甚长波红外QCD材料, 突破器件制备及光电集成技术研制出高性能甚长波红外QCD单元器件和大规模焦平面阵列。研究内容包括高性能大尺寸甚长波红外QCD材料、甚长波红外QCD单元探测器、甚长波红外QCD焦平面阵列。

本项目有望将甚长波红外探测器技术推向大规模焦平面阵列范畴, 推动相关空间红外技术的发展。

- ◆ 本摘要前面部分没有上个摘要, 条理清楚, 一目了然
- ◆ 但后面有一句完成后能产生什么意义 (效果)
- ◆ 结论: 如果把这两个摘要结合起来就是一个完美的摘要

摘要

例1: 杰青↵

申请人近五年围绕新型低维半导体的结构、性质与光电器件应用,开展了系统的原创性研究,主要成果如下:↵

1. 研制了基于低维半导体面内各向异性的偏振光探测器,成功实现了从紫外到近红外区偏振光的高效探测;↵

2. 发展了磁性低维半导体的精准制备方法,在国际上较早获得具备铁磁性的二维半导体;↵

3. 发现了高效获取低维“类超晶格”异质结的直接气相沉积技术,有效提高光电器件的性能;↵

4. 2015年入选中国科学院“百人计划”,2016年获得基金委优秀青年科学基金;↵

5. 近五年在Nat. Commun.; Adv. Mater.; J. Am. Chem. Soc.; ACS Nano等期刊发表通讯/第一作者论文50篇,应邀撰写综述论文3篇,被SCI他引超过1400次,H因子为30,在国内外会议上作邀请报告20余次。↵

本项目将围绕低维半导体光电器件的科学问题,进一步拓展其应用基础研究,突破常规半导体器件的性能束缚,采用理论计算的方法分析总结实验结果,最终实现低维半导体的电磁新原理器件,探索其在新型功能器件中的潜在应用。↵

摘要

例2：优青

申请人面向大气污染环境监测等需求，针对半导体气体传感器工作温度高、选择性差的瓶颈问题，取得了如下成果：

1、开创了室温半导体气体传感器制备新方法：提出胶体量子点无机配体置换提高表面活性和迁移率的策略，制备出室温柔性NO₂ 传感器。

2、发展出提高选择性和稳定性的新手段：运用量子点表面配体工程合理调控表面活性和载流子浓度，获得对H₂S 择优敏感的气体传感器。

3、实现了量子限域效应在气体传感器能带工程的应用：构建量子点/低维碳材料异质界面增强表面活性和载流子传输，提高了室温H₂S 传感器性能。

4、成果在大气污染监测微型站实现了工程化应用。

5、在先进材料等期刊发表SCI论文65篇，SCI他引1844次，获亚洲化学传感器会议青年科学家奖。

本项目将围绕半导体气体传感器领域共性科学和技术问题，开展量子点多场耦合气敏效应与微纳气体传感器研究，实现对ppt 级二氧化氮、氢气和硫化氢等目标气体的室温高效检测，加快半导体气体传感器在大气检测领域的应用。

摘要

例3：杰青↵

钙钛矿半导体兼具无机及有机半导体的优点，是国际研究前沿热点。申请人近5年主要从事钙钛矿光电器件研究，针对影响器件效率及稳定性的关键科学与技术问题开展工作。代表性成果如下：↵

1. 提出三种表界面缺陷钝化方法，实现了钙钛矿电池和发光二极管效率突破。电池效率连续两次作为世界记录被权威表格收录，并被Nature Energy社论评述，二极管效率被评价为最先进水平；↵

2. 提出两种界面载流子输运调控方法，解决了电池界面电荷积累和发光二极管注入不平衡等问题。发光器件相关工作被国际同行认为是最新基准；↵

3. 采用无机传输层及钙钛矿层，大幅度提高了电池稳定性，被Joule社论作为例证。↵

累计发表论文79篇，通讯/第一作者Nature系列论文10篇，单篇最高引用2235次，论文近5年他引共13787次，是2018年ESI高被引作者。↵

本项目以实现长期稳定的钙钛矿光电器件为目标，深入研究器件失效的微观机制，解决影响稳定性的瓶颈问题。↵

摘要

例4、重点基金

深海研究是国家海洋强国和资源开发的重要战略，传感器为深海探测装备的核心与关键，光纤传感器因其具有耐极端环境、精度高、多参量等优势极具竞争力，本项目拟针对阻碍光纤传感技术走向深海探测应用的关键问题，瞄准深海热液极端环境对传感器的特殊需求，具体研究以下内容：

1) 揭示影响光纤传感器长期稳定性的关键物理机制，研制出面向深海热液长期测量用的光纤温度、盐度、深度、湍流传感器；

2) 研究光纤盐度传感器标定用海水折射率与状态参量的定量关系，满足光纤传感技术走向深海原位测量的需求；

3) 构建用于海底梯度化测量的多参量、小型化、集成光纤三维海洋传感器簇及阵列平台，实现温盐深流及其他参量共点测量；

本项目有望将光纤传感器阵列技术推向深海观测平台，为深海研究和能源开发提供装备支撑，推动深海科学研究发展。

↵

摘要

例5：杰青

↵

申请人围绕光子模拟信号处理技术，取得了系统的原创性研究成果，主要如下：↵

1. 突破了基于有源光子器件的可调控光子运算以及基于光子拓扑结构的可编程光子运算等关键技术，研制出可调控多功能与可编程光子运算集成芯片；↵

2. 探索了光电振荡器模式调控新机制，研制出集成化、傅里叶锁模和宇称时间对称光电振荡器；↵

3. 创新性提出了基于光谱离散化技术的非相干光处理噪声抑制方法，为实现高信噪比的非相干光信号处理提供了新的解决方案；↵

4. 近五年发表SCI论文66篇（第一/通讯44篇），包括6篇Nature子刊（1篇NP，4篇NC，1篇LSA），SCI他引669次；↵

5. 入选中组部“青年千人计划”，获得基金委优青项目资助，任《半导体学报》常务副主编，任IEEE MWP等国际会议主席与TPC委员15次，“光电子与微电子器件及集成”重点专项秘书。↵

本项在前期研究基础上，将提出可调控多功能、可编程集成化、超宽带低噪声的光子模拟运算器件与系统的新结构和新方法，研制出可编程光子模拟信号处理集成芯片。↵

摘要

例如6：面上↵

↵

太赫兹波前调控是实现太赫兹波在通信、传感、成像等领域重要应用的关键技术。针对现有波前调控器件相位变化小、调控效率低、响应速度慢、功耗高等不足之处，本研究提出基于硅衬底、二氧化钛、PCBM、钙钛矿、石墨烯等材料构建平面型“多异质结活性层”的太赫兹超表面波前调控器件。主要包括：↵

1) 研究超表面波前动态调控多异质结活性层的生长规律和性能，掌握器件制备的最优工艺流程；↵

2) 研究太赫兹超表面波前动态调控器件的物理机制，揭示电子在波前调控过程中的输运方式；↵

3) 研究集成多异质结活性层的超表面结构与太赫兹波相互作用的特异电磁特性，获得太赫兹超表面波前动态调控的方法学。↵

本项目研究有望揭示太赫兹超表面波前动态调控器件新机理，提升器件的相位调制、速度和功耗性能，为太赫兹波束整形、波束聚焦以及全息显示等方面应用提供重要技术支撑。↵

↵

项目预算

原则：有理有据，自圆其说

- 1) 所有直接费用开支科目都**没有比例限制**，据实填列；
- 2) 对各项支出的主要**用途和测算理由**；
- 3) 合作单位单独预算，**合作单位负责人在空白处签字**；
- 4) 设备费：单价 ≥ 10 万元进行说明（**建议不预算设备购置费**）；
- 5) 材料费：不能列支通用的办公材料、办公用品；
- 6) 燃料动力费：与间接费用的“水、电、气、暖消耗”区别
- 7) 出版/文献/信息传播/知识产权事务费：不能列支通用的操作系统、办公软件、普通手机、电话通信、网络、专利维护费用等。
- 8) **专家咨询费1500-2400元 / 人天(税后)**，知名专家上浮50%

立项依据

- ◆ 立项依据是体现项目科学性、创新性的最重要环节。
- ◆ 主要围绕研究背景、科学问题的提出，科学假说的确立（包括解决问题的思路），科学意义及创新性进行描述。
- ◆ 把本项目科学问题中已解决的问题（既往研究背景）与尚未解决的问题（本项目的科学研究目标）都能够清晰描述。
- ◆ 描述背景只是为了引出本研究的问题（篇幅不宜过多）。
- ◆ **常见问题1**：对研究背景只是泛泛地描述文献报道，没有分析、阐述，无法让评委完整、清晰地了解相关的研究现状
- ◆ **常见问题2**：无法分清哪些问题是已经解决的，哪些是尚待解决的；哪些工作是别人做的，哪些是自己做的。

立项依据

1) 重要性：

描述背景只是为了引出本研究的问题（篇幅不宜过多）。

国家战略；

国家重大工程；

国民经济主战场；

3句话或5句话引题；

应用实例图

汽车工业是国民经济支柱产业

切割焊接机是汽车生产的重要工具

光纤激光器是切割焊接机的核心

发展高功率光纤激光器将（取代进口）

否则将受制于人，影响汽车工业发展



立项依据

2) 发展现状与动态分析:

发展趋势图形化

(按照限定词分别分析)

如: 高速、大容量...

尺寸小、集成度高

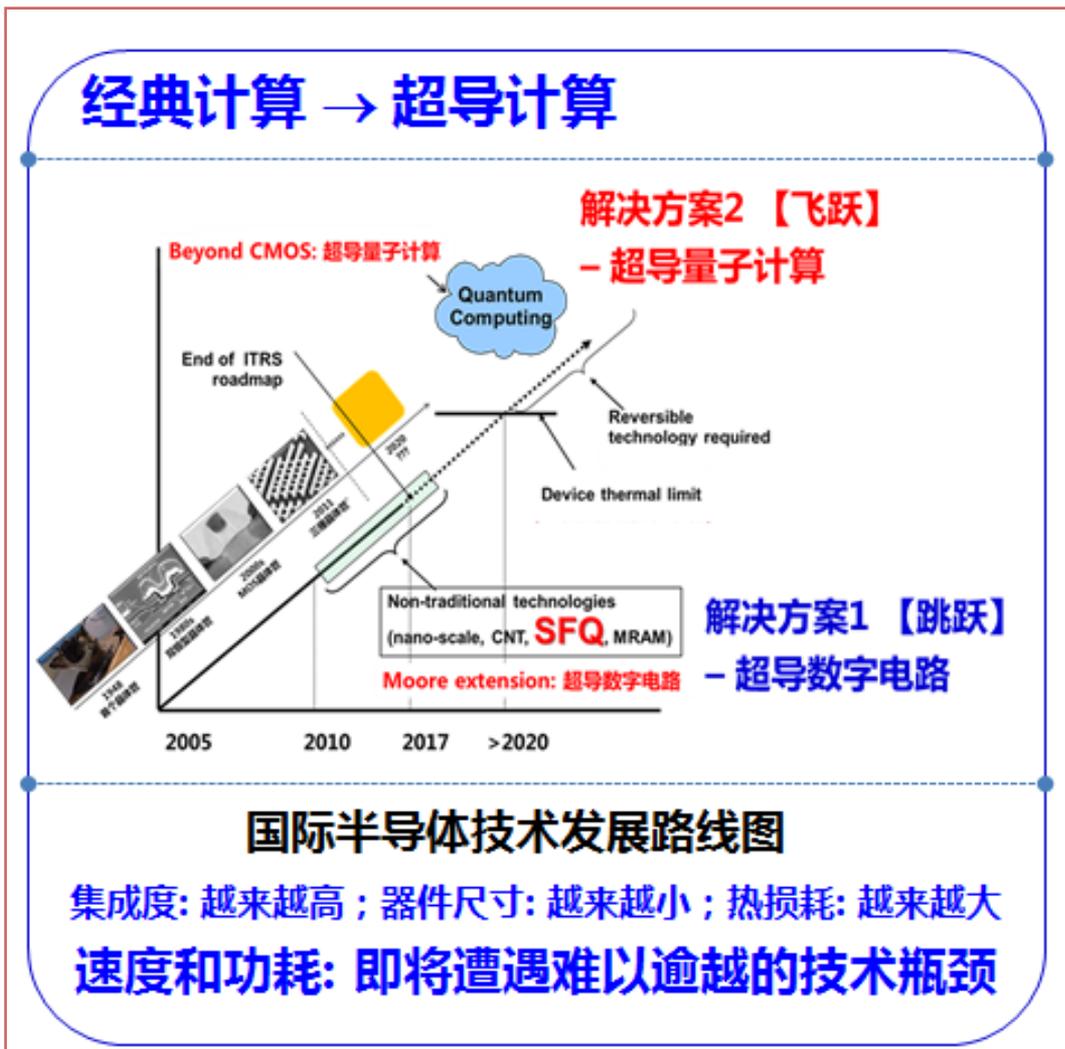
低损耗;

发展现状对比化 (表)

如: 国外发展情况

国内发展情况

你自己的情况



立项依据

2) 发展现状与动态分析：

国内外对比：

自己是国内最好的水平

差距不大或领先：

进一步支持  领跑

差距较大（芯片、仪器）：

不支持  差距将进一步拉大

高功率光纤耦合半导体激光器现状

公司名称	输出光纤芯径/数值孔径		
	200 μ m /0.22	400 μ m /0.22	800 μ m /0.22
德国Dilas	1.2kW	3kW	5kW
美国Appollo	1kW	2kW	6kW
美国Terodiode	8kW	——	——
德国LaserLine	——	6kW	15kW
长光所	1kW	2kW	
凯普林	200W	3kW	
武汉锐科	——	1.5kW	3kW
长光华芯	650W	2kW	4kW
半导体所	2kW	4kW	6kW

立项依据

3) 本项目要做的什么 (在此简要描述,在后面详细描述) **引题**:
结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来
论述其应用前景。

本项目要做什么 (研究内容) ;

做到什么程度 (目标、技术指标) ;

用在什么地方 ;

会产生什么影响

图文并茂 : **实物图、示意图、框架图 (仪器)**

研究目标、研究内容及研究方案

- ◆ 由于研究目标、研究内容、研究方案及技术路线这几部分内容均围绕实施过程进行描述，非常容易混淆。
- ◆ 研究目标回答“为什么做”、研究内容回答“做什么”、研究方案回答“如何做”的不同问题。
- ◆ 推荐的撰写模式是先目标后内容的描述，使研究目标、内容、方案、技术路线这一系列内容的撰写符合由简到繁的逻辑关系（形成塔形结构）。
- ◆ **常见问题**：研究目标、研究内容及研究方案描述的繁简不当；研究目标用一段文字而不是分段描述，读者需要从中判断到底是几个目标；某些内容在不同的标题有重复。

研究目标、研究内容及研究方案

项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题：

◆ 研究目标：

研究目标回答“为什么做”；

采取XXX手段，研究XXX内容，解决xxx问题，实现XXX目标，产生XXX影响。

研究目标：本项目研究目标是研制近红外单光子探测器面阵列，通过研究 InGaAs、InP 材料中杂质、缺陷产生机制，揭示雪崩模式下缺陷影响雪崩过程的内在关系，提高 APD 器件性能；通过材料生长和阵列制备工艺中系列关键问题，提高材料与器件的均匀性，制备 2×32 InGaAs APD 面阵，像元尺寸 50μm，探测波长近红外 1.06-1.55μm，量子效率大于 15%。培养博士 2 名，硕士 2 名，发表论文 5 篇以上，申请和授权专利 5 项以上。

研究目标、研究内容及研究方案

◆ 该研究目标

不是用一段

文字而是分

段描述；

◆ 一个总目标，

两个分目标

一目了然；

◆ 本人推荐各

个部分都采

用这种写法

2.1 研究目标

本项目总目标是以满足国家空间红外探测应用重大需求为牵引，突破甚长波红外 QCD 材料设计、大尺寸晶片外延技术，研制出高性能的甚长波红外 QCD 材料；突破甚长波红外 QCD 器件工艺和焦平面阵列技术，研制出新型高性能单元器件和大尺寸焦平面阵列。研究将突出理论创新、技术创新，并获得具有自主知识产权的研究成果。具体研究目标包括：

(1) 突破甚长波红外 QCD 材料设计和晶片外延技术，研制出 3 英寸以上高性能的甚长波红外 QCD 材料。阐明“波函数工程”对激子散射和光学跃迁进行调控的机制，揭示抑制激发态电子回填和抑制非辐射跃迁的设计途径，实质性提高甚长波红外 QCD 的响应率和探测率。揭示工艺参数对大尺寸晶片外延均匀性的影响规律，找到多参量协同控制的外延技术，解决大尺寸外延均匀性问题。

(2) 突破甚长波红外 QCD 的制备工艺和焦平面阵列制备技术，研制出高性能的单元探测器和焦平面阵列。揭示在探测器和焦平面阵列敏感元同尺度的情况下，工艺参数对器件性能的影响规律，揭示元素间串音的影响规律，建立串音耦合机制，开发高密度像元制备工艺新方法。揭示钢柱形阵列制备与读出电路互连质量的影响规律，揭示制备及倒装混成互连技术。在 10-100 μm 之间实现系列高性能甚长波红外 QCD，暗电流密度 $\leq 5 \times 10^{-11} \text{ A/cm}^2$ ，探测率 (D^*) 优于 $10^{11} \text{ cmHz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$ ，工作温度 $\leq 4 \text{ K}$ （部分波段力争实现热电制冷或液氮制冷）；实现规模不低于 320×256 的甚长波红外 QCD 焦平面。

· 研究内容

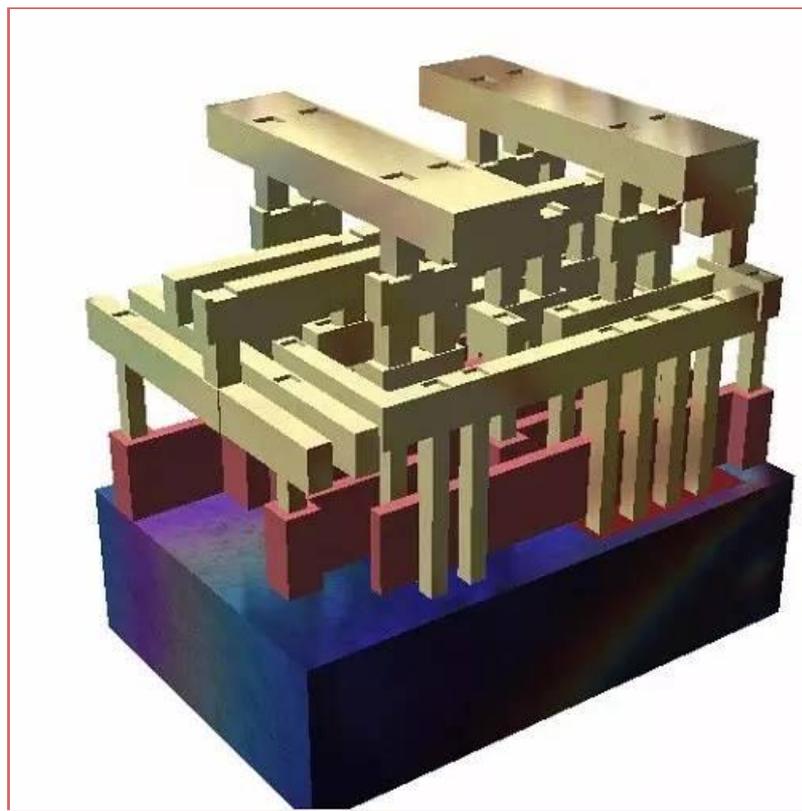
◆ 研究内容：

研究内容回答“做什么”

将摘要内容展开，逐条详细描述，本人不做过多讲解；

IC芯片剖面图：

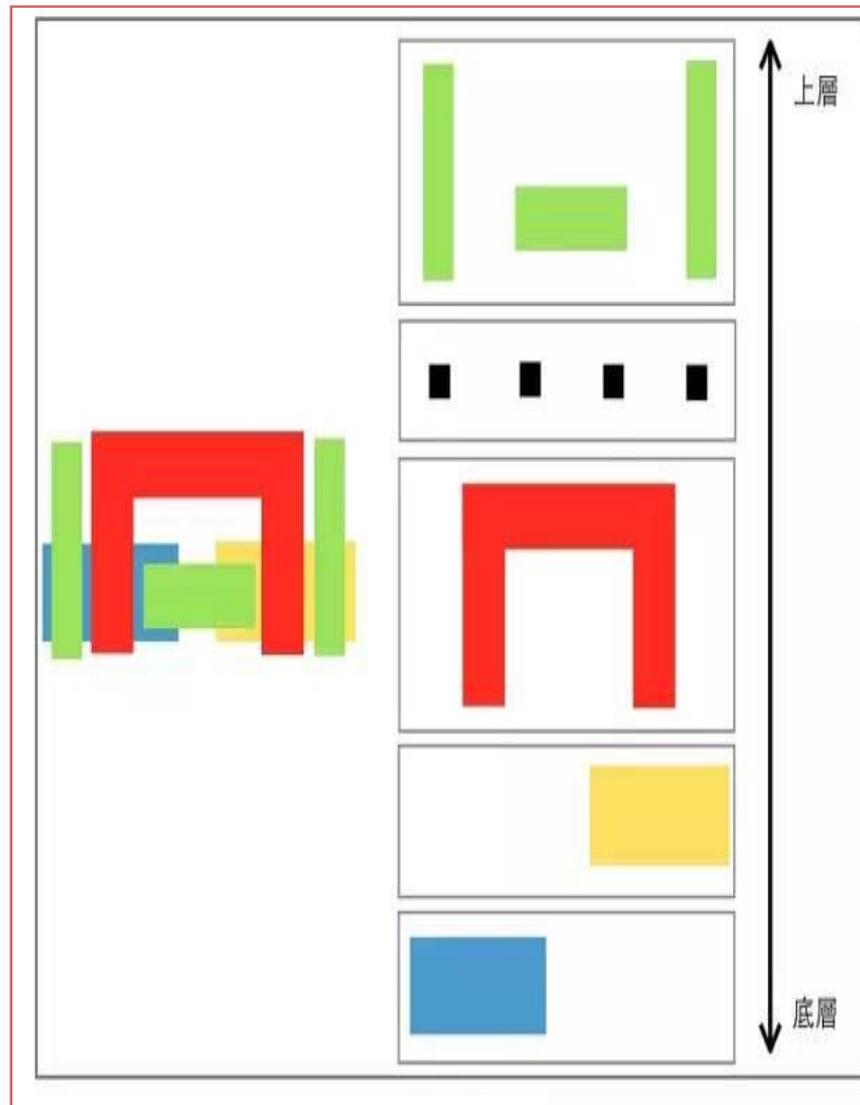
从图中 IC 芯片的 3D 剖面图来看，底部深蓝色的部分就是晶圆，从红色以及土黄色的部分，则是于 IC 制作时要完成的地方。



研究内容

IC芯片平面图：

左边就是经过电路布局与绕线后形成的电路图，右边则是将每张光罩摊开后的样子。制作时，便由底层开始，依循上一篇 IC 芯片的制造中所提的方法，逐层制作，最后便会产生期望的芯片了。



科学问题

◆ 科学问题：

关键科学问题是指对达到预期目标有重要影响的某些内容，如某些理论问题

怎么写好科学问题？

- 1、提出科学问题（简明扼要列出科学问题）**1句话**；
- 2、分析科学问题（对科学问题展开描述）**1段话**；
- 3、解决科学问题（采取的办法或手段）**2~3句话**。

科学问题

2.3 拟解决的关键科学问题

(1) 有源材料的“波函数工程”调控

QCD 的工作过程是一个由子带间跃迁(散射)过程和顺序隧穿过程所组成的包含多种信(电子、光子)的复杂的量子。甚长波红外

QCD 基于 InP 基 III-V 材料体系,如前,甚长波红外波
段,波长越量越接近材,学声子能量。这红外 QCD 带
来两个结果光学声子对,散射是决定甚长 CD 性能的一
个关键性因,激发态电子 LO-声子阶梯向,运往往不再是
最有效的方法,虽然理论,电场引起的暗电,激发电子及子
带间的声子,隧穿形成的,及背景(光)暗,可能存在的。
如何根据甚 QCD 的结,运输特性,以“波”为手段,以
协同调控关,垒的高度,比例、掺杂浓度,的方法,颠覆
性地调控子,矩阵元和波,大幅提高光子,和电子单向输
运的效率,避免各种寄生的不利影响,最终根本性地提高响应率、降低暗电流、
提升探测率和工作温度? 甚长波红外 QCD 有源材料的“波函数工程”调控是本课
题拟解决的关键科学问题之一。

1句话提出
科学问题 ;
1段话分析
问题 ;
缺少2~3句
话解决办法
描述

科学问题

(2) 与波长同尺度微台面的光学耦合机制

QCD 是基于子带跃迁的量子结构，而子带跃迁的选择定则决定了其只能吸收电场方向与量子阱生长方向平行的光。因此它对正入射光不产生吸收。高效率的耦合光栅是甚长波红外光通信走向大规模集成的关键。在衍射光栅列过程中必须要解决的关键技术是衍射单元尺度缩小到与波长相比拟的情况。衍射光栅所表现出的近场光学特性与耦合效应将不同于传统衍射单元情况完全。如何在这样的尺度下设计高效率衍射单元结构？如何充分利用衍射单元增强机制极大限度提高 QCD 量子效率？如何建立有效的理论模型？数值模拟在衍射单元结构设计中起什么指导作用？如何在单层的半导体工质平面阵列中实现衍射光栅的高效集成？这些都是微台面光耦合需要解决的问题。微台面的光耦合机制是本课题拟解决的关键科学问题之二。

**第二个科学问题：1句话提出科学问题✓；1段话分析问题✓；
还是缺少2~3句话解决办法描述**

科学问题

(3) 甚长波红外 QCD 焦平面阵列所涉及的相关机制

从 QCD 的特点来说, 与量子阱红外探测器(QWIPs)相比响应率低但暗电流噪声也低。[redacted]读出电路选[redacted] QCD 不需要大的[redacted]理电容器, 而是需要更大的[redacted]出电路。在焦平面阵列设计时就要从读[redacted]和光敏元结构两个方面综合[redacted]提高灵敏度和[redacted]度。光敏元结构该[redacted]针对甚长波红外波长的特[redacted]分考虑光学衍射[redacted]制约合理设计光敏元[redacted]面尺寸、形状和中心距, 并[redacted]电流抑制和[redacted]的深台面钝化保护[redacted]光敏元阵列与读出电路混[redacted], 根据甚长[redacted]QCD 材料的特点, [redacted]计 In 球的形状、高度和制[redacted]以及倒装互[redacted]甚长波红外 QCD [redacted]结构, 应根据器件特点, 该[redacted]欧姆接触, [redacted]面形成势垒, 避免[redacted]流特性。甚长波红外焦平面还要弄清楚光学串音机制, 合理设计器件和工艺参数解决光学串音

和提高灵敏度。甚长波红外 QCD 焦平面阵列工艺所涉及的相关机制是本课题拟解决的关键科学问题之三。

一个基金项目三个科学问题足够了, 这三个例子体量够了, 唯一不足就是缺少2~3句话解决办法描述

科学问题

功能材料中常见的关键科学问题：

- 晶体生长**热力学和动力学过程**以及晶体**微观结构和宏观性能关系**；高能量激光在人工晶体中的**非线性效应演变机制**以及**脉冲激光与材料的相互作用机理**。
- 电子配对**机理**、退相干机理与器件噪声**机理**；库珀对的空间、位相和激发**调控**。
- 第三代半导体材料制备机理和方法；高频、大功率、低成本半导体器件**原理**和制备；器件与系统的**失效机理**及高可靠性的**集成方法**；半导体照明应用面临的生物健康及生物**作用机理**。

科学问题

- 纳米尺度下高频外场对电子、自旋状态的**调控机制**；存储介质中原子、电子、自旋对电阻的**影响机制**；存储器件电阻状态在应变、温度、辐照等环境下的**演化机制**。
- 新型半导体光电功能材料的**生长动力学**；后摩尔时代光电子混合集成材料与器件的**新物理与新机制**；微纳尺度上光子操控及突破衍射极限的器件物理；高速、大容量信息片上处理**机制**。
- 二维材料的**生长动力学机理**、缺陷调控和表征体系、异质结耦合**机制和界面效应**；新型微纳器件中的光子、电子、自旋、声子及耦合的量子**调控机理和表征**。
- 探索微弱生物信息检测与处理**调控机制**；建立新型生物信息功能材料器件**制备机理和工艺方法**。

研究方案及可行性分析

◆ 研究方案：

研究方案是回答“如何做”的问题

图文并茂

设计原理图、 工艺流程图、 测试方案框图

如有几种研究方案，要逐一描述（A，B，C），分析（优缺点），最后提出自己将采取哪种研究方案，并说明该研究方案是可行的。

◆ 可行性分析：

1) 从原理、技术方法、实验方案上分析是可行的（别人的工作）

2) 从已有的实验**工作基础**、已掌握的实验技术、已具备的实验**工作条件**、**团队**成员掌握的实验技术等方面分析是可行的（概况）

研究方案及可行性分析

3.4 可行性分析

(1) 关键技术的原理和实现方案的可行性分析

本项目涉及的基础为量子半导体物理。所涉及的关键技术包括材料结构的应变补偿能带设计、波函数工程和输运调控、超长的 MBE 技术以及超材料光子晶格结构等均已在国际上项目研究中被成功采用过。在这些研究的基础上开展面向大规模量子器件的 QCD 技术的验证，是这些技术和手段在精细化、大型化以及深入化方面的强化，是非常可行的。此外研究方案针对本项目的研究难点拟解决的关键问题采用重点突破、分阶段的研究思路，通过分析材料和器件的测试结果不断优化量子级联探测器器件设计，逐步揭示影响器件性能的关键因素和物理机制，不断提高器件性能。在器件性能不断提高的基础上开展聚焦于系列关键技术验证的实验方案是完备的。

研究方案及可行性分析

(2) 工作基础和工作条件的可行性分析

本项目组成员在量子级联材料和器件研究方面具有十余年研究积累，在能带工程理论方法、生长技术、量子器件制备及红外焦平面阵列等方面具有丰富的经验，更重要的是项目组成员已经对量子级联探测器研究开展了部分工作，并初步研制了基于长波红外量子级联探测器（峰值探测率 $> 10^{10}$ W⁻¹m⁻²sr⁻¹Hz⁻¹，14-20 μ m），证实了进一步改善器件性能并开展焦平面阵列研究的可行性（已发表英文研究基础部分）。项目成员所在中国科学院半导体材料科学研究所实验室拥有先进的 MBE 设备、霍尔测量设备、台秤、低温杜瓦系统、傅里叶变换光谱仪、响应率测试系统、数字 I-V 源、材料表征及较完善的量子级联探测器单元器件工艺线。项目成员所在光电实验室拥有一条完整的红外量子级联探测器的研发工艺线。本项目组具备材料准备、器件结构设计、材料生长、工艺到测试表征与物理分析，人员各司其职，特长互补，研究思路清晰，关系明了，形成从长波红外 QCD 及焦平面阵列技术整个研究过程的良性循环链。

研究方案及可行性分析

不同激光对前列腺手术的比较

	精确度	正常组织损伤	术野	出血	速度	水中毒
钬激光	高	小	模糊	有	切割很慢	可能性大
绿激光	低	大	清楚	无	热凝作用使速度慢	有一定可能
铥激光	高	小	清楚	无	汽化作用速度快	可能性小

研究方案及可行性分析

不同激光对膀胱肿瘤，狭窄，碎石的对比

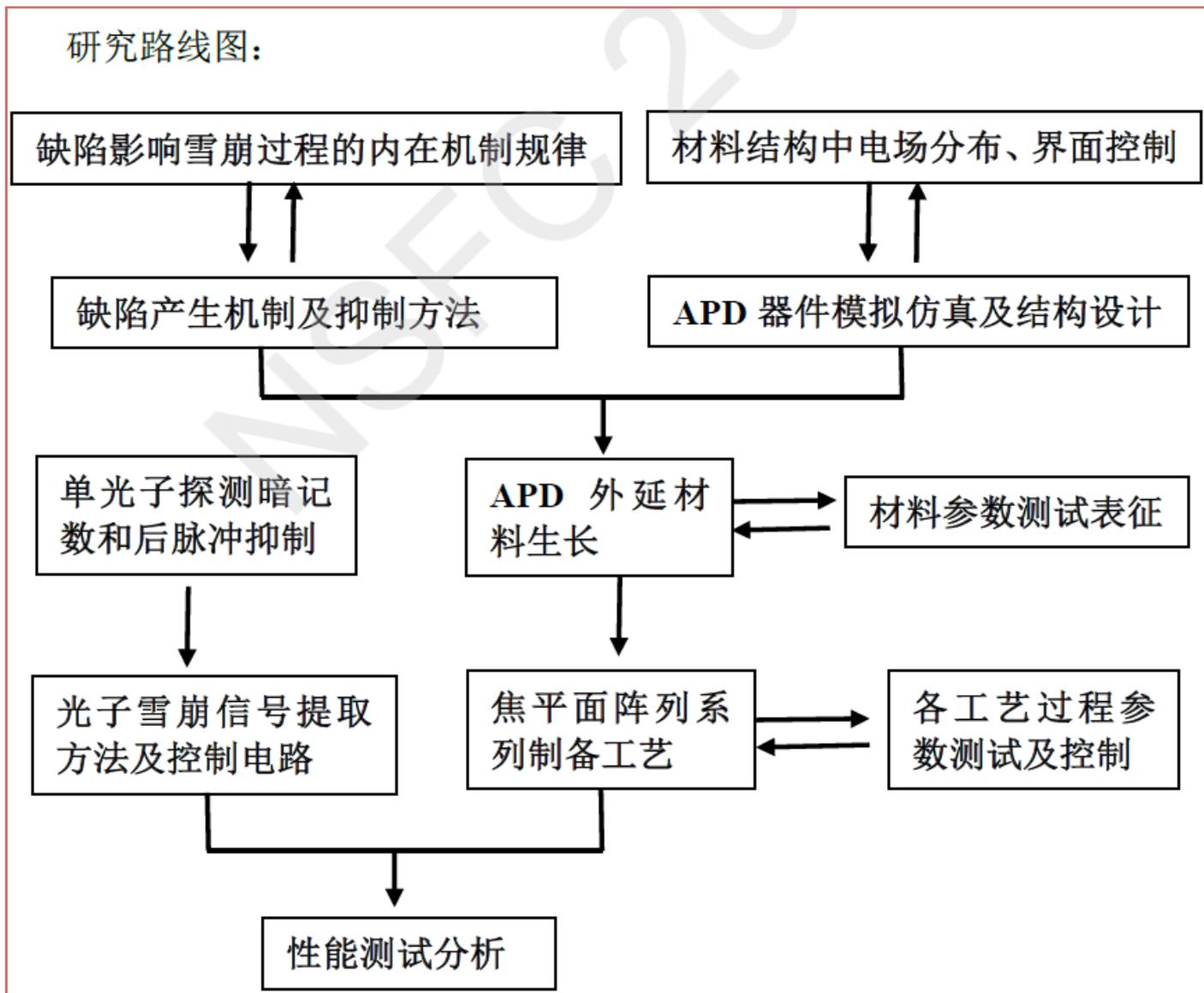
	膀胱肿瘤	输尿管及尿道狭窄			多部位靠上端的输尿管狭窄	碎石
		出血	速度	损伤		
钬激光	速度慢，创面粗糙，易复发	大多数	很慢	脉冲波对腔壁损伤大	不能	能
绿激光	易伤正常组织，创面糙，易复发	无	中等	损伤正常组织	不能	不能
铥激光	组织损伤小，创面光滑，不易复发	无	汽化方式，快	精确汽化损伤小	能	不能

研究方案及可行性分析

煤矿瓦斯检测技术的比较

	推广程度	精度	响应时间	校准周期	抗干扰性	寿命
电化学	我国绝大多数煤矿	差	<20秒	几天	差	短
气体色谱分析	少	高	几十分钟	较长	强	长
光学瓦斯测定	少	高	<20秒	较长	差	一般
激光瓦斯检测	空白	高	<5秒	很长	强	长

研究方案及可行性分析

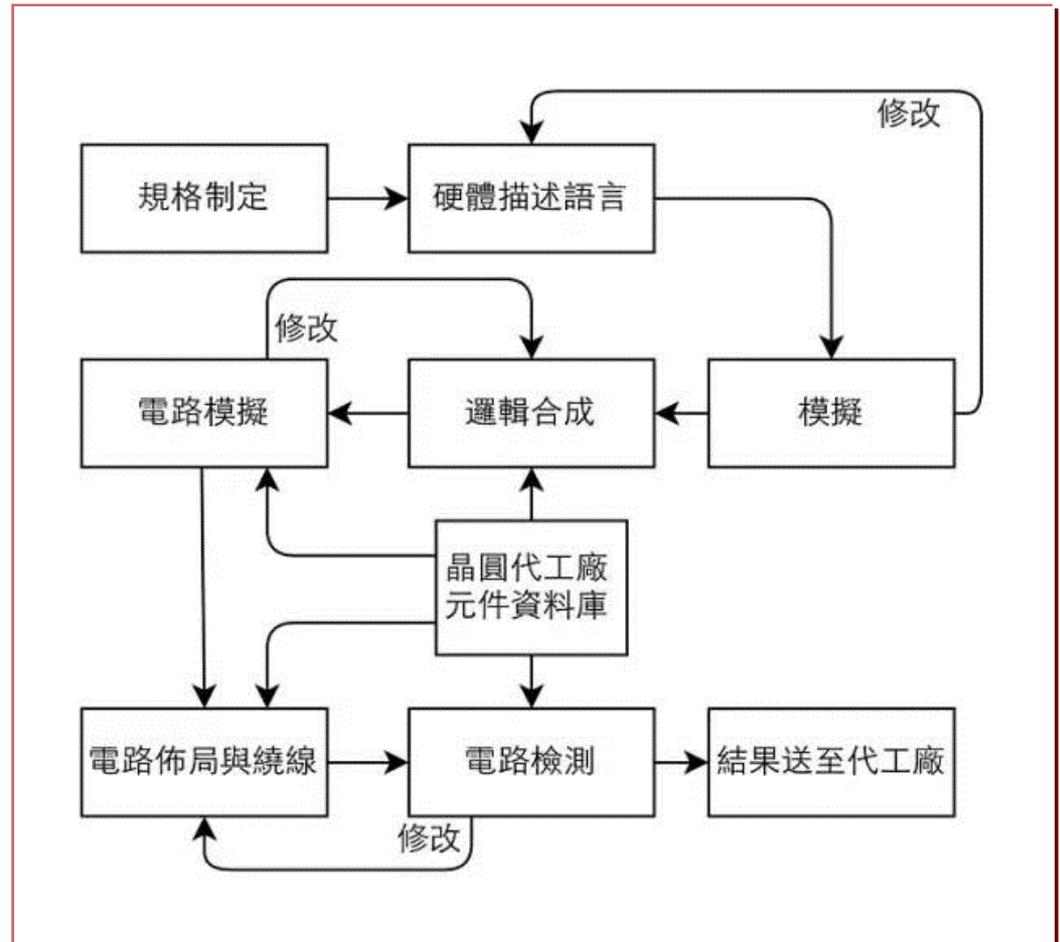


研究方案及可行性分析

1) 在 IC 设计中最重要的一步就是规格制定。.....

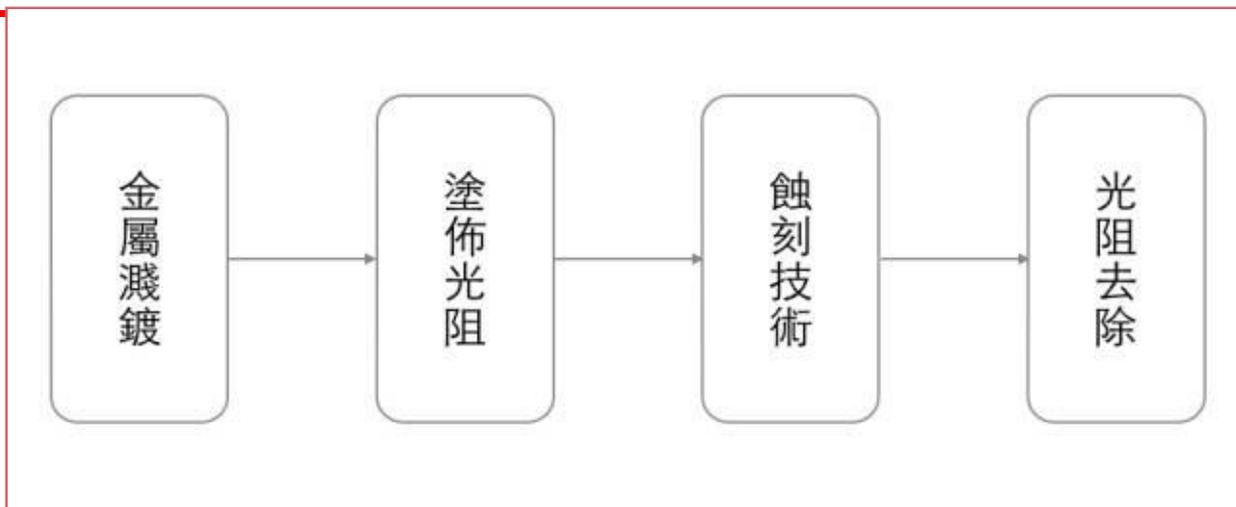
2).....

3).....



研究方案及可行性分析

工艺流程图：



制作 IC 时，可以简单分成以上 **4 种步骤**。虽然实际制造时，制造的步骤会有差异，使用的材料也有所不同，但是大体上皆采用类似的原理。这个流程和油漆作画有些许不同，IC 制造是先涂料再加做遮盖，油漆作画则是先遮盖再作画。以下将介绍各流程。

金属溅镀：将欲使用的金属材料均匀洒在晶圆片上，形成一薄膜。

涂布光阻：先将光阻材料放在晶圆片上，透过光罩（光罩原理留待下次说明），将光束打在不要的部分上，破坏光阻材料结构。接着，再以化学药剂将被破坏的材料洗去。

蚀刻技术：将没有受光阻保护的硅晶圆，以离子束蚀刻。

光阻去除：使用去光阻液将剩下的光阻溶解掉，如此便完成一次流程。

特色与创新性

◆ 创新点：

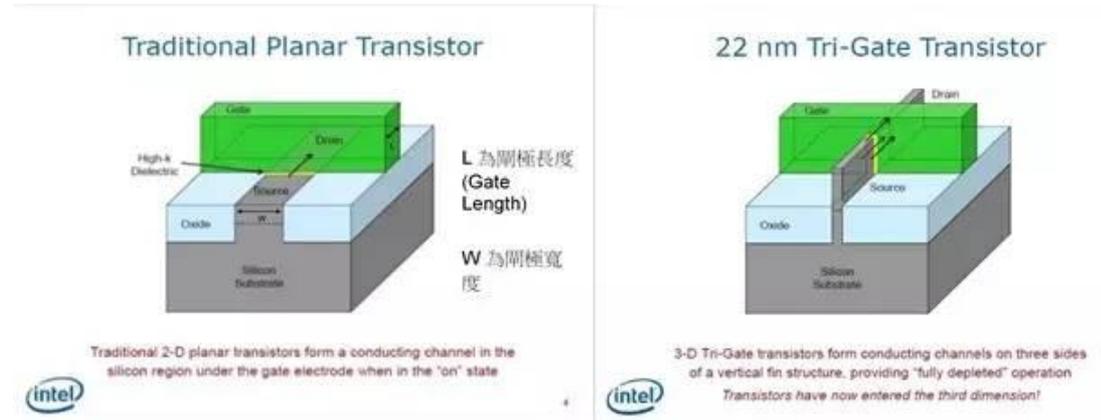
- 1、列出创新点（理论、原理、材料、结构、工艺、集成……）；
- 2、描述具体做法或与常规做法比较（图、表对比）；
- 3、创新的好处；

难点（自选动作）：

- 1、列出难点；
- 2、为什么难或难在什么地方；
- 3、采取什么办法解决（解决途径）；

特色与创新性

- 1) 采用**Tri-Gate**工艺，增加**Gate**端和下层的接触面积
- 2) 传统的做法中（**左图**），接触面只有一个平面，



但是采用 **FinFET (Tri-Gate)** (**右图**) 这个技术后，接触面将变成立体，可以轻易的增加接触面积。

- 3) 可以在更小的芯片中塞入更多的电晶体，让芯片不会因技术提升而变得更大；其次，可以增加处理器的运算效率；再者，减少体积也可以降低耗电量；最后，芯片体积缩小后，满足装置轻薄化的需求。

特色与创新性

4. 本项目的特色与创新之处；

本项目的特色在于以项目探索研究基础及项目相关研究成果为支撑，面向未来甚长波红外大规模焦平面阵列的关键技术突破大尺寸甚长波 QCD 材料制备、高功率甚长波红外器件制备及焦平面阵列 QCD 制备技术，研制新型高性能 QCD 和甚长波红外 QCD 焦平面阵列。创新之处在于：

(1) 设计原理创新

颠覆 QCD 吸收区单量子阱束间跃迁的传统设计思路，本项目以耦合

创新点名称改为如下名称可能会更好一点：

创新点1：耦合量子阱斜跃迁结构设计——设计原理创新

特色与创新性

量子阱束缚态或者量子阱中生长量子点形成的点阱杂化束缚态作为光吸收跃迁的始末态，通过波函数调控，图 11 所示为传统单阱跃迁结构和新的耦合阱跃迁结构示意图。

这种设计保持光跃迁能级与量子强度不减小的前提下，减小两个跃迁参与能级的波函数交叠，同时减小基态与抽取区能级间的波函数交叠，这样可在增加吸收效率的前提下减小泄露，从而大大提高效率和降低暗电流。

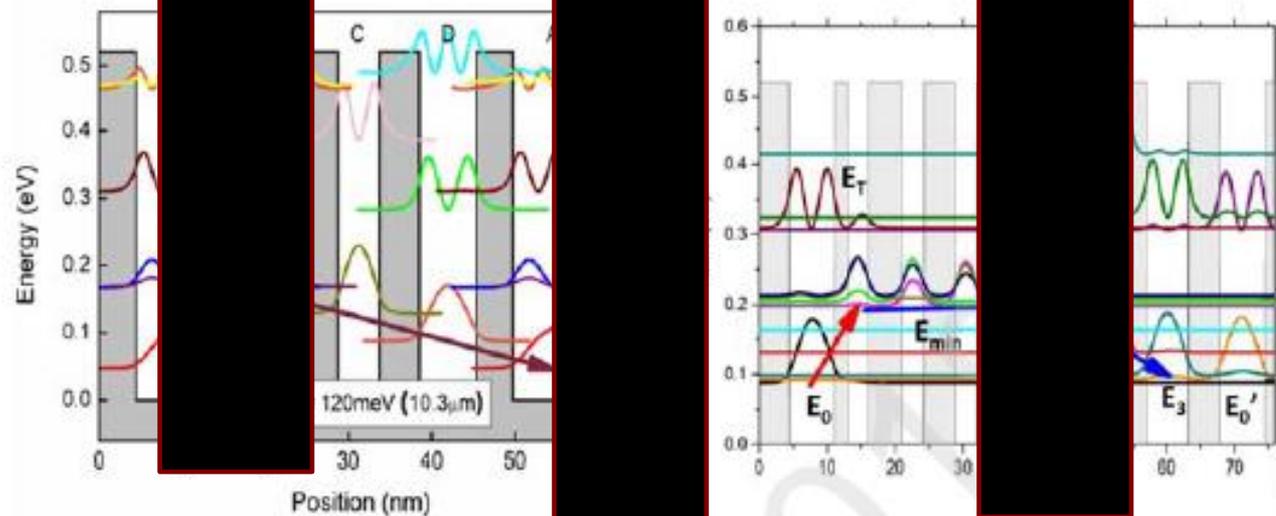


图 11. 左图为传统单量子阱吸收区设计，右图为耦合量子阱斜跃迁结构设计

特色与创新性

(2) 材料制备方法创新

颠覆以往应变千层量子阱材料外延制备技术，将多重应变补偿与调制掺杂技术联合应用于千层量子阱结构甚长波红外 QCD 材料的分子束外延生长过程。图 12 所示为多重应变补偿与调制掺杂技术联合应用于量子点 QD 的生长。

这种千层异质结构材料制备方法可以同时解决应变补偿和掺杂杂质在生长方向迁移，可精确调整应变分布，实现高质量量子点阵列有序生长，实现项目所需高性能的甚长波红外材料。

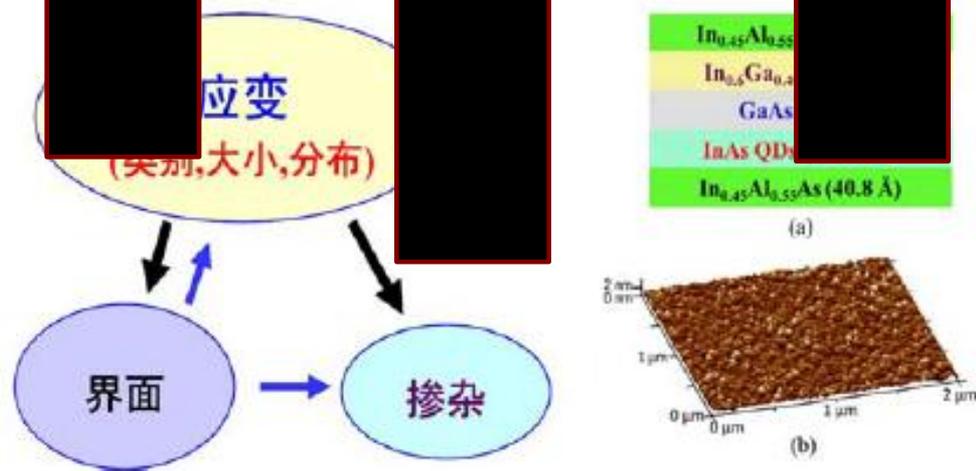


图 12. 应变与掺杂协同控制和两步应变补偿法在量子级联结构中生长量子点

特色与创新性

(3) 器件结构创新

改变简单的光栅耦合结构，通过探测器腔体与顶部衍射元件散射的甚长波红外光形成谐振模式，使垂直入射光在探测器内形成环绕，共振增强。图13所示为谐振结构探测器的仿真设计。

这种器件结构创新可以极大提高量子效率，更重要的是其合理的参数设计，这种结构阵列技术与完全兼容有效大规模光敏阵列奠定基础。

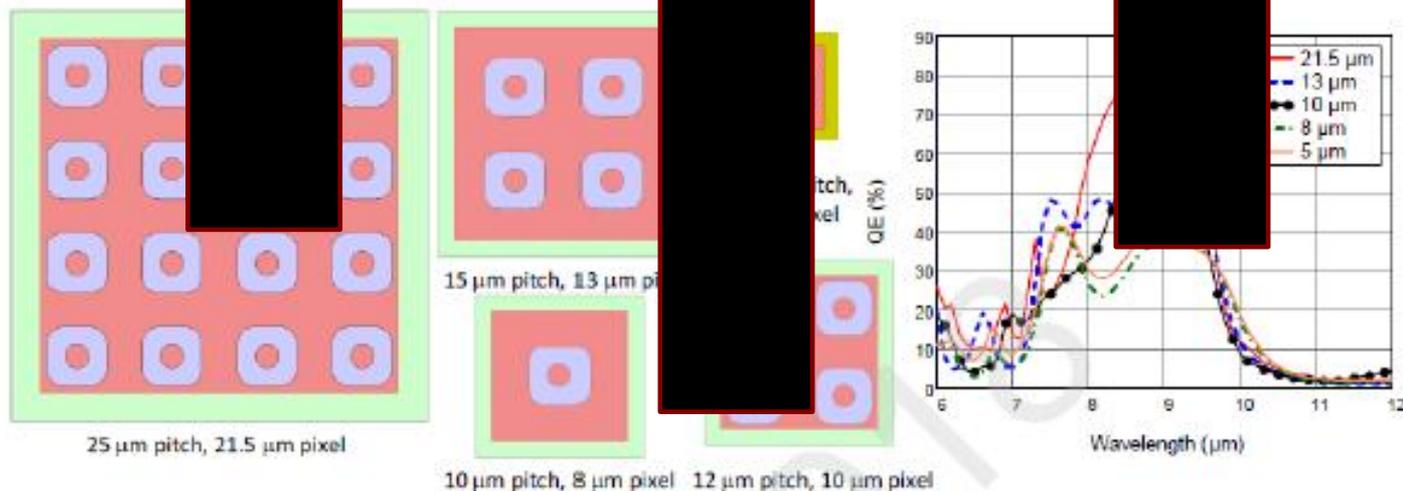


图 13. 不同尺寸光敏元的谐振子增强探测器及其量子效率

研究基础

依托单位、课题组前期和现在进行的工作都可作为基础；

点：按照研究内容逐条介绍。（材料生长、器件制备、系统集成）

材料生长：

做了什么（承担项目来源、名称、编号、负责人、经费、执行期）

做到什么程度（测试曲线、验收结论、**发表的论文及申请的专利**）

达到什么水平（国际知名专家评价、鉴定意见、查新报告）

产生什么影响（国际会议特邀报告、用户报告，产生的效益等）

器件制备：……

本处发表的论文是与该项目相关的论文，

申请人简历涉及提供学术论文的内容是申请人的全部论文

研究基础

1、做了什么：

(三件事，
红色部分)

2、做到什么

程度：

(若干文章

做支撑)

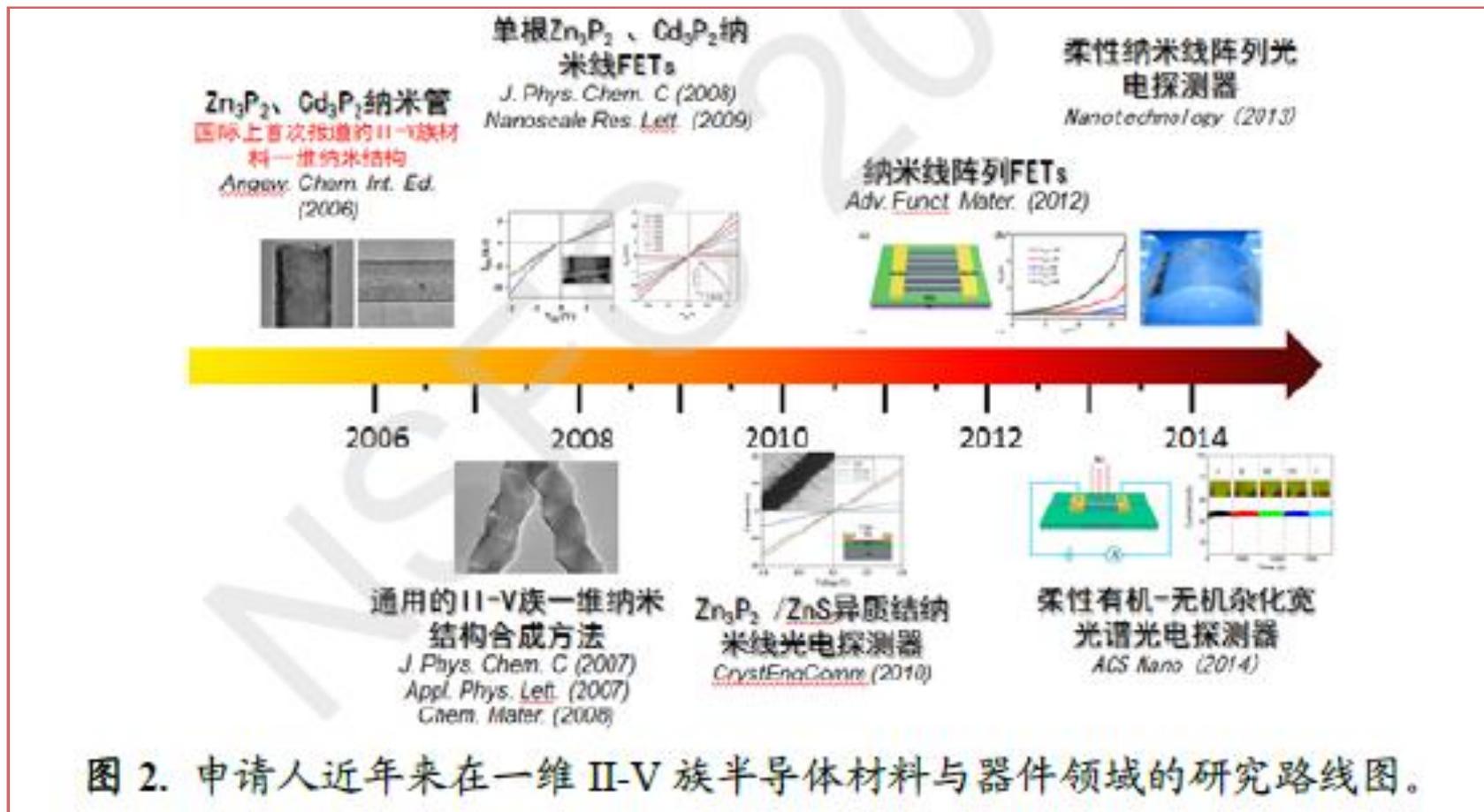
一、低维半导体阵列基柔性光电探测器的研究

1) 基于一维 II-V 族半导体阵列的柔性光电探测器的研究

II-V 族半导体材料，如 Zn_3P_2 、 Cd_3P_2 等是重要的窄带隙半导体，在光电探测器、激光器方面有着重要的应用前景。但是由于制备技术上的难题，与热门的 III-V 族（如 GaN, InAs 等）、II-VI 族（如 ZnS, CdS 等）半导体材料相比，涉及 II-V 族半导体材料的研究相对较少。而其一维纳米结构的缺失，也极大地限制了 II-V 族半导体在微纳电子器件上的应用。

基于此，申请人较早地开展了一维 II-V 族半导体材料的研究（如图 2 所示为申请人在近年来的研究路线图）。在制备了具有量子效应的 Zn_3P_2 纳米管的基础上，申请人较早地开展了 *Chem. Int. Ed.*, 2006, 45, 10000 [SCI 引用 66 次]，研发了通用的一维 II-V 族半导体材料的合成方法，实现了材料的大规模制备，为微纳电子器件的研究提供了材料基础 [*Chem. Mater.*, 2010, 22, 7319.; *J. Phys. Chem. C*, 2008, 112, 10000; *Phys Chem. C*, 2007, 111, 10000; *Appl. Phys. Lett.*, 2007, 90, 073115.; *Appl. Phys. Lett.*, 2006, 88, 143105.]。

研究基础



用本人近年来的研究路线图作为研究基础的佐证材料

研究基础

申请人回国后，在国家自然科学基金委“纳米制造的基础研究”重大研究计划项目支持下，在[REDACTED] II-V 族 p 型半[REDACTED] 维纳米结构的纳米器件的制造研究”的基础上，深入研究了基于一维 II-V 族半导体材料的新型信息器件的制备了一维纳米阵列基柔性光电探测器及薄膜晶体管，发现了 Zn_3P_2 、 Cd_3As_2 、 Zn_3As_2 II-V 族半导体典型的 p 型半导体特性，同时[REDACTED] 目前为止一维 II-V 族半导体中最高[REDACTED] 率值 (Zn_3As_2 迁移率达 $305.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}$ ，开关电流比 $> 10^5$)。此外[REDACTED] 结果发现一维 II-V 族半导体阵列基柔性可见光光电探测器在不同波长的可[REDACTED] 显示了快速、稳定的响应，器件在不同弯曲状态及不同弯曲次数下电学性能[REDACTED] 保持不变。部分

在基金委某个重大研究计划项目下做的事情，说明更有研究基础（没有一定的基础和实力很难拿到重大研究计划项目）

研究基础

研究结果以内封面论文的形式发表于 *Adv. Funct. Mater.* (2013, 21, 2681, SCI 引用 26 次)、*Nanotechnology* (2013, 24, 095703)等期刊上。

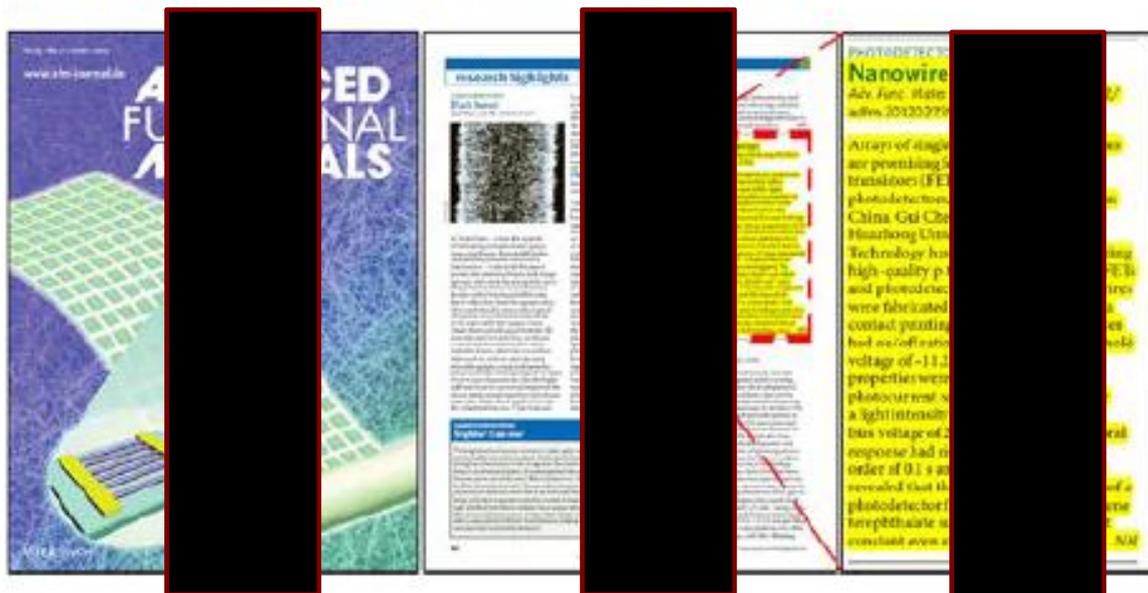


图 3. 申请人的柔性光电探测器工作以内封面形式发表在 *Adv. Funct. Mater.* 上；研究成果被 *Nature Photonics* 副主编作为 Research highlights 报道。

用封面文章作佐证材料，说明在这一研究内容上的水平和影响

研究基础

截至 2016 年 3 月，申请人所在的课题组在一维 II-V 族半导体材料与器件领域在包括 *Chem. Int. Ed.*; *ACS Nano*; *Adv. Funct. Mater.* 等在内的国际 SCI 期刊共发表 [REDACTED] 篇（国际上在 [REDACTED] 发表 36 篇论文）。相关研究成果发表后，被 *Nat. Mater.*, *Nano Lett.*, *ACS Nano*, *Adv. Funct. Mater.* 等期刊广泛引用和评述，迄今 [REDACTED] SCI 他引用 263 次，最高引用 66 次。发表在 *Adv. Funct. Mater.* 上的 [REDACTED] 纳米线阵列基 [REDACTED] 晶体管及光电 [REDACTED] 的研究工作被 *Nature Photonics* 主编 Noriaki Hama 博士以“Photodetectors based on nanowire arrays”（光电探测 [REDACTED] 米线阵列）为题 [REDACTED] “研究亮点”（Research Highlight）专题报道（*Nature Photonics*, 2013, 7, 1 [REDACTED] 3），指出“单晶 [REDACTED] 纳米线阵列在场效应晶体管 and 可见光电探测器 [REDACTED] 途... 【Arrays of single-crystal Zn₃As₂ nanowires are promising for use in field-effect transistors [REDACTED] and visible-light photodetectors】”。

最后概况性总结课题组在这一研究内容上的研究成果和基础

工作条件

面：概括性介绍科研能力，成果及成就，人员结构及队伍情况，管理能力，任何软件和硬件条件等。

点：展开一一介绍：

重点实验室情况介绍

仪器设备清单（一览表）及用途

人员结构清单及分工（**团队所有成员一览表**）

.....

工作条件

仪器设备清单及用途

项目组拥有500平方米的国家级传感器加工超净线，除拥有常规工艺设备外，还有深刻蚀机、多功能镀膜机、……、孵化箱等（见表2）。

表 2、课题组及依托单位现有主要仪器设备一览表

编号	仪器设备名称	型号	生产国别	购买日期	主要用途
1.	多功能镀膜机	Kurt Lesker AXXIS	美国	2005	微加工工艺（附件 3）
2.	深刻蚀机	Alcatel AMS100	法国	2005	微加工工艺（附件 3）
3.	PECVD 等离子体淀积台	创威纳 801	中国	2006	微加工工艺（附件 3）
4.	金丝球焊台	WEST-BOND7700E	美国	2002	微加工工艺
5.	数控超声波清洗机	KQ-500DB	中国	2002	微加工工艺
6.	双面光刻机	KarlSUSS MA4	德国	2000	微加工工艺
7.	键合台	SB6VAC	德国	2001	微加工工艺
8.	甩胶台	KW-IV	中国	2000	微加工工艺
9.	LB 膜机	LAGMUIR TROUGH 4	荧光	1992	单分子膜制备
10.	烘干机	101-I 型	中国	1998	微加工工艺
11.	氧化炉	L4514-088	中国	1998	微加工工艺
12.	半导体参数测试仪	HP 4063A	美国	1991	微电极测试
13.	微偏仪	1582-AK	美国	1997	微电极测试
14.	荧光分光光度计	F-4500	日本	2005	200-900 nm 荧光光谱分析(荧光探针制备测试)（附件 3）
15.	高级倒置式荧光显微镜及 CCD 摄影机	TE2000-U	日本	2006	用于荧光探针的制备和观察（附件 3）
16.	透射式光学检测仪		自制	2006	用于光学试条测试

工作条件

团队成员及分工

本项目有10人参与，负责单模高功率复合腔BIC激光器的理论建模、结构与仿真、物理机理分析、外延材料生长、工艺制备和封装测试等一系列关键技术，其分工如下表：

编号	姓名	出生年月	性别	职称	学位	证件号码	每年工作时间(月)	分工
1		1966.02.28	女	研究员	博士		6	项目总体负责
2		1979.10.16	男	副研究员	博士		6	BIC激光器设计及物理机制分析
3		1983.04.18	女	助理工程师	硕士		6	激光器封装工艺
4		1970.01.05	女	实验室	其他		6	激光器烧结压焊工艺
5		1991.03.04	男	博士生	学士		10	激光器材料生长与表征
6		1995.07.05	男	硕士生	学士		10	激光器模拟仿真、优化设计及测试
7		1988.09.23	男	博士生	学士		10	激光器材料生长与表征
8		1992.11.19	男	博士生	学士		10	电子束曝光与刻蚀工艺
9		1995.07.22	男	硕士生	学士		10	掺杂与PT增益损耗控制
10		1994.04.16	男	硕士生	学士		10	激光器优化设计及测试

正在承担的与本项目相关的科研项目情况

有： 1) 请写出负责人姓名、科技计划名称、项目（课题）名称、编号、经费、起止时间，并说明与本申请项目的关系（**列表**）

2) 不重复；相辅相成；基础与延伸（前期项目是本项目的基础，本项目是前期项目的提高或延伸）

没有： 1) 项目申请人及项目主要成员没有就相同或类似内容申请基金项目和国家其他科技计划项目；

2) 本项目组XXX什么时候承担过什么项目，取得了什么成果，该成果与本课题的关系。

附件

◆ 充分利用附件（**在正文中要有指向**），佐证材料

1) **申请指南要求的附件材料：**

依托单位与协作单位之间的协议

文章检索报告

2) **指南虽未要求，但对申请具有加分的材料：**

5篇代表性论著原文；

10项论著之外的代表性研究成果和学术奖励证明

获奖证书

人才证明

.....

附件

申请人近五年发表 SCI 论文 58 篇，SCI 他引 224 次 [附件 1]；合作出版著作 2 部 [附件 2]；申请发明专利 68 件，授权发明专利 22 件（其中美国发明专利 2 件），已实现 3 件专利技术使用权转让，直接转让费 [] 万元，间接经济效益 [] 亿元 [附件 3-5]。研发的 [] 成功应用于 [] 研究院、 [] 科技集团、 [] 大学等单位承担的国家重要任务中，为项目的顺利实施提供了保障。 [附件 6-11]

上述研究成果作为核心创新点获得 2016 年度 [] 科技创新一等奖（“ [] 技术”，个人排名第 3） [附件 12]；2015 年度 [] 二等奖（“ [] 的调控机理、技术与应用研究”，个人排名第 4） [附件 13]；被中国科学院推荐为 2016 年度国家技术发明奖备选项目（“ [] ”，个人排名第 2） [附件 14]。代表性成果归纳如下：

如何写好基金申请书

谢 谢 ！