

# 第五章 任务书

注：1. 本章任务书内容中带有“★”标记的条款，投标人应完全满足。否则将被视为实质性不响应，其投标将被拒绝。

2. 技术参数中要求的证明材料需在技术条款偏离表中注明页码。

## 一、项目背景

“十一五”国家重大科技基础设施 500 米口径球面射电望远镜（Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST）是目前世界上口径最大、灵敏度最高的单口径射电望远镜。FAST 望远镜于 2020 年 1 月 11 日通过国家验收，正式投入使用。

性能领先的望远镜需要配置先进的接收机系统，才能更好发挥观测性能优势。FAST 望远镜核心科学设备之一 19 波束接收机，将 FAST 巡天效率提高 19 倍。为了保障 FAST 在未来重要科学目标观测、多波段协同研究方面的科学产出，以及关键设备维护备份，FAST 正在研制下一代相位阵馈源（Phased Array Feed, PAF）接收机，它是一种国际上最前沿的新型多波束接收机技术，可利用多个馈源单元通过赋权相加形成不同的观测波束。PAF 接收机兼具“宽频带”和“大视场”的双重优势，是未来高端天文接收机的主流方向，国际主流射电台站均在研究和发 展 PAF 技术。

PAF 接收机的关键部件为低噪声放大器（Low Noise Amplifier, LNA），是降低系统噪声和实现带宽的关键。LNA 的核心元件是晶体管，其性能直接决定了器件整体的噪声水平，并深刻影响后续宽带匹配与电路优化设计的难度。InP HEMT 作为一种高性能半导体器件，凭借其高载流子迁移率、高截止频率和跨导，在毫米波、太赫兹通信及尖端射频应用中表现出卓越的高频、高速和低噪声性能，因而成为这些领域的核心器件。对于工作于中低频段的尖端 LNA 而言，InP HEMT 同样是实现低噪声设计的理想选择。

本项目为 FAST 下一代相位阵馈源接收机的核心器件低噪声放大器采购 300 只 InPHEMT 芯片，包括芯片设计与数值分析、芯片工艺开发与优化、器件测试

与参数提取,主要目标是在 1-3 GHz 频率范围内实现最小噪声系数  $NF_{\min} \leq 0.15\text{dB}$ , 满足 PAF 接收机 LNA 的使用需求。

## 二、 项目内容

本项目计划采购 300 只国产的 InP HEMT 芯片,用于高性能低噪声放大器研制,应用于 FAST 下一代 PAF 接收机。

项目主要内容包括:

### (1) 芯片设计与数值分析

采用 TCAD 仿真完成 InP HEMT 芯片外延层结构设计,分析外延层结构、各层厚度、三元化合物层组分、掺杂浓度等参数对器件性能的影响,重点研究二维电子气浓度与迁移率、肖特基势垒高度、偏置电流和栅极漏电等关键参数对器件噪声性能的影响。仿真设计确定外延层设计方案,根据实验反馈依照仿真性能与各参数的关系进行调整,最终实现设计性能  $NF_{\min} < 0.15\text{dB}@1\sim 3\text{GHz}$  指标,并形成芯片设计与数值分析报告。

### (2) 芯片工艺开发与优化

结合设计的 InP HEMT 外延片结构,完成 InP HEMT 芯片的工艺开发,并重点优化器件的接触电阻、表面钝化和 T 栅组成与结构,降低器件的噪声系数,提供完整的器件工艺流程文件。

### (3) 器件测试与参数提取

建立器件的完整测试方案与模型参数提取流程,测试内容包括直流输出特性、小信号 S 参数、噪声参数测试等。根据测试结果对器件性能进行评估,其中直流输出能力  $\geq 500\text{mA/mm}$ ,跨导  $\geq 600\text{mS/mm}$ ,电流增益截止频率  $\geq 150\text{GHz}$ 。基于测试结果建立小信号模型和噪声模型,在测试范围内模型误差  $\leq 5\%$ ,模型仿真结果在 1~3GHz 满足 LNA 设计的指标要求。形成器件测试报告和建模报告,并提供 ADS 兼容模型一份。

### (4) InP HEMT 芯片

根据优化的芯片结构,完成 InP HEMT 芯片的流片、筛选,提供 300 只 InP HEMT 芯片,满足最小噪声系数  $NF_{\min} \leq 0.15\text{dB}@1\sim 3\text{GHz}$ 。提供所有芯片

的直流测试数据，10 只以上芯片的小信号 S 参数数据与噪声参数数据，芯片小信号和噪声模型。

### 三、功能与技术要求

本次项目规划建设需要提供满足 FAST 下一代 PAF 接收机低噪声放大器需求的 InPHEMT 芯片，工作频率覆盖 1-3 GHz，最小噪声系数  $NF_{\min} \leq 0.15\text{dB}$ ，满足 FAST 应用需求。

### 四、详细技术参数

#### 1. 芯片

▲1.1 直流输出电流： $\geq 500\text{mA/mm}$ 。

▲1.2 直流输出跨导： $\geq 600\text{mS/mm}$ 。

★1.3 工作频率：覆盖 1-3 GHz。

★1.4 最小噪声系数  $NF_{\min}$ ： $\leq 0.15\text{dB}$ 。

▲1.5 电流增益截止频率  $\geq 150\text{GHz}$ 。

1.6 关联增益： $\geq 15\text{dB}$

1.7 芯片尺寸： $\leq 0.6\text{mm} \times 0.6\text{mm}$

### 五、交货日期及交货地点

交货日期：合同签订 2 年内

交货地点：北京市朝阳区大屯路甲 20 号 中国科学院国家天文台

### 六、技术服务要求

#### 6.1 厂内制造：

合同签订后，采购人根据工作需要派人员赴中标人的研制场所进行巡检，中标人负责提供必要的技术资料 and 图纸、核算数据、制造和检验标准及其它必备的实测数据等。为确保研制工作的稳步推进，双方应定期组织技术交流，采购人听取中标人关于芯片研制进展的汇报，并反馈技术意见。若采购人随机查验中发现

有实测性能不达标或与报告不符等情况，中标人需立即进行整改，并承担由此造成的一切损失。

#### 6.2 指标测试：

芯片出厂前，中标人负责对其各项性能指标进行测试，包括但不限于直流特性、射频特性、噪声特性等，提前通知采购人到场进行核实和确认。

#### 6.3 包装和运输：

对货物的包装应防潮、防静电、防尘。中标人应对由于包装不当或防护措施不力而导致的商品损坏、损失、腐蚀等任何机械和电气性能损伤负责，并承担由此造成的一切经济损失和时间损失。

#### 6.4 开箱检验：

产品运至现场后，由采购人组织人员对产品进行查验。中标人提供装箱单、芯片参数以及相关报告等资料。查验完成后的产品才能进驻现场。若发现任何破损和异样，中标人应立即对产品进行检查和修理，并重新进行指标测试，确保技术指标不受影响后方可确认收货。

#### 6.5 维护和保养要求：

芯片为易损器件，芯片出厂时按照防潮、防静电、防尘包装，去除包装的芯片要存放于干燥箱或者氮气柜中，芯片使用过程中要做防静电保护。

## 七、产品质量要求

7.1 芯片质保期限要求为 1 年，即在验收合格后 1 年内质保。在质量保证期内，由于产品质量原因造成的芯片损坏，中标人无偿进行更换。

7.2 质保期内的技术服务 中标人应提供产品质保期内的技术服务。在采购人发出产品故障信息 24 小时内，中标人应给予答复或派出维修人员到现场，一般问题 72 小时内解决，重大问题一周内解决。产品在保质期内，由于厂家产品的质量问题的质量问题，使产品不能正常运行及由此给采购人单位造成经济损失，由中标人负责经济赔偿。

7.3 质保期后的技术服务质保期后，中标人应积极响应采购人产品相关技术咨询，提供产品维护、升级改造技术支持，并提供产品配件明细和报价（此报价不含在投标总价中），以及相关生产企业的变动信息。