## 附件一

## 2022年上海交通大学高速电子系统-西安电子科技大学高速电路

## 教育部重点实验室联合基金开放式课题指南

1. **半导体异质异构集成技术**

异质集成电路是电路系统的重要发展方向，然而由于其半导体-电磁-热-力多物理效应、复杂多尺度结构、高密度异质集成工艺等特点，在设计理论与实现方法上还面临诸多科学技术问题亟需解决。

该研究方向旨在揭示异质集成电路中载流子输运、电磁场、热场和应力场的多物理耦合机理，解决异质集成电路的多尺度、耦合多物理场仿真与建模问题，建立多性能指标和多物理特性的协同设计、多器件与小芯片的异质融合设计，以及多功能无源/有源电路与天线的协同设计理论，掌握异质集成电路的小芯片微米级组装实现方法，形成具有高集成度和功能复杂度的工艺方案，成功研发异质集成电路和前端系统样片，提出可测性理论和多维数据重构方法，实现异质集成电路样片的测试与仿真协同验证，为异质集成电路的快速发展和应用打下坚实的理论方法基础并突破关键技术。

1. **基于深度学习的InP HEMT器件小信号和噪声建模与表征**

在集成电路发展与制造过程中，半导体器件模型是影响集成电路设计精度的最主要因素，也是其中集成电路设计环节中不可忽视的关键科学问题。单片集成电路一经流片制作便无法调整，所以为了提高一次性设计和流片制作的成功率，避免反复调整以及降低成本，构建精确的器件模型是准确预测集成电路特性的关键。铟磷基高电子迁移率晶体管（InP HEMT）已经成为应用于毫米波单片集成电路设计的主要半导体器件之一，与GaAs材料相比，在击穿电场、热导率和电子平均速度方面性能更好，而且具有在异质结InAlAs/InGaAs界面处存在较大的导带不连续性、二维电子气密度大和沟道中电子迁移率高等优点，使得InP HEMT器件在化合物半导体器件中占据主导地位。

该研发方向旨在将深度学习与传统半导体器件建模技术相结合，提出基于传统电路模型理论和深度学习技术的InP HEMT的可缩放小信号和噪声建模。推导信号和噪声相关矩阵的可伸缩规则，预测多单元器件的噪声和射频特性，对化合物半导体工艺器件模型库（PDK）进行丰富与完善。

1. **毫米波射频前端自适应校准技术**

毫米波射频前端是无线信号传输的媒介，是高速宽带无线通信和雷达系统的核心模块，为高速通信、无人驾驶、物联网等应用提供基础支持。高鲁棒性的高性能毫米波射频前端芯片技术由国外垄断，为突破毫米波射频前端鲁棒性设计的技术壁垒，开展射频前端自适应校准技术的研究，实现高鲁棒性毫米波射频前端自主可控，对突破国外技术封锁，实现国内无线通信与雷达相关设备升级具有战略意义。

该研究方向针对毫米波射频前端面临的通道失配、高温性能退化等鲁棒性问题，研究自适应校准射频前端架构，研究动态自愈环技术与相关算法，研究高精度功率检测技术及相关自适应PVT校准技术，研究高精度温度传感器技术及误差校准技术，实现高鲁棒性低失配的高性能毫米波射频前端芯片设计。

1. **多系统多频段共存的无源互调干扰抑制关键技术**

电信基础设施的共建共享是国家推行的一项避免资源的多次重复投入和耗损的战略。然而，在实施中将面临严重的无源互调干扰问题。由于目前无源互调产生机理尚未完全明确、互调干扰测试方法和抑制措施并未完备，通常采用“黑盒”的方式解决互调问题，即：采用更高标准的器件、电路和工艺构建系统；或采用金属包裹电磁敏感的器件（部位）等方式，屏蔽外部互调干扰。此类处理方法，一来不能完全抑制无源互调干扰；二来易增加通信系统的建设成本。为此，迫切需要探索无源互调产生的机理，并研究低成本的无源互调解决方法和技术。

该研究方向旨在揭示无源互调干扰产生的内在作用机制与机理，从物理层面探索导致无源互调干扰的各种诱发因素；研究移动通信系统/电路/器件的辐射与非辐射无源互调测试方法和关键技术，不但能够准确地测量无源互调干扰，还能够追踪（定位）无源互调产生具体位置；研究无源互调干扰的抑制方法和方案，指导系统封装、器件（电路）设计与工艺改进，从源头上解决无源互调干扰难题。以上研究最终为突破移动通信多频段、多系统共存的电磁兼容问题提供理论支撑与关键技术储备。

1. **基于量子隧道效应的表面等离激元的电光集成关键技术**

随着环栅（GAA FET）场效应管等新技术的不断推进，“摩尔定律”有望延续。然而晶体管的响应速率与互连线的传输速率此消彼长。如果互连技术没有突破，多核处理器的性能会受到物理伸缩特性的严重限制。表面散射、高频趋附效应、衬层厚度变薄以及多层布线带来的温度上升等不利因素将显著增加铜互连线的响应时延。高带宽、低时延的光互连有望成为了新一代高速互连的主要技术，尤其是近几年基于量子隧道效应表面等离激元互连的发展，为新一代小型化、片上高速互连、异质集成等创造了必要条件。

该研究方向将进一步探索CMOS兼容隧道结的发光机理，并结合实验数据分析隧道结发光效率、耦合效率等与物理结构、尺寸以及材料选择的联系；研究表面等离激元波导的损耗以及串扰等；结合纳米尺度的隧道结光源以及探测器、表面等离激元波导，评估基于表面等离激元片上互连的传输速率和带宽，与实验数据进行对比，为片上高速互连、异质集成等提供关键的技术支撑。

1. **高性能发射天线的分析与设计方法研究**

信息时代的最重要资源之一是信息。信息的最主要载体之一是能量。信息的传播距离和方向从根本上取决于能量的传播距离和方向。发射天线，通过操控射频系统向周围环境所释放能量的空间分布，实现了对所发射信息之传播距离和方向的调控。随着无线通信、雷达技术等的不断发展，人们对天线的能量发射性能提出了越来越高的要求。在经过了多年的发展之后，传统的天线分析与设计理念在优化天线发射性能方面已经达到了瓶颈。这就使得天线工程领域对面向高性能发射天线的全新分析与设计理念产生了十分迫切的需求。

该研究方向为了催生新的天线分析与设计理念，并借此突破天线工程领域的技术瓶颈，探究各类天线的能量发射机理；探讨各类天线之能量发射过程的本质区别；探寻各类天线的最优能量发射状态；探索各类天线之能量发射状态的有效操控手段。

1. 泛在电磁**地图**表征与重构技术研究

我们周围遍布静电场、静磁场和各种变化的电磁波，基于泛在电磁信息构造电磁地图在感知、通信、导航和定位领域具有重要应用前景。然而当前电磁地图构建属于国际前沿和难点问题，国内外相关的研究几乎空白。亟需从电子、通信、仪器、测绘和控制等多学科交叉角度出发，解决电磁地图构建的关键科学问题，开展泛在电磁地图表征与重构技术研究。

该研究方向为建好和用好电磁地图，协同考虑电磁地图如何建模、何时更新、怎样维护等问题，实现建模/定位/更新/维护一体化处理。通过电磁地图表征，建立电磁地图模型，保证电磁地图的可拓展性和可解释性；通过先进的人-机-境共融技术手段实现电磁地图快速、准确、可信和强健重构。

1. 基于牛顿迭代优化算法的最优PDN去耦设计研究

随着高速数字系统中时钟主频高达数吉赫兹，电源分配网络(PDN)上的电源噪声及派生的时序抖动、电磁辐射和信号误码日益严重，已成为高速电路发展的主要瓶颈。基于PDN集总模型的频域目标阻抗的电源噪声抑制准则在高频段已呈现瓶颈，导致采用合理的封装和去耦资源难以满足系统对噪声的要求。面对高速电路中日益严重的电源噪声及日益紧张的空间资源，通过研究电源分配网络的谐振特性，中高频段去耦电容对电源分配网络谐振模式的影响，结合牛顿迭代优化算法计算去耦电容的最优位置，实现电源分配网络的最优化去耦设计，减小电源噪声。

该研究方向主要研究带负载的电源分配网络的分布式建模方法，去耦电容对电源分配网络谐振模式及谐振频率的影响及其最优位置的评价及计算方法，多芯片负载间噪声耦合机制和去耦电容最优位置的计算方法等。

1. 极低功耗高速模数转换集成电路设计研究

随着通信技术、多媒体技术和数字化设备的飞速发展，对于极低功耗高速模数转换器集成电路ADC的需求越来越广泛。高速、高性能、低功耗、低成本是对高速ADC的要求。采用CMOS工艺，利用异步SAR逻辑技术，SAR ADC可以做到很高的速度。在55nm CMOS工艺下，要求设计10位32Msps异步SAR ADC。

该研究方向拟达到的主要技术指标和要求包括：1）采用异步SAR逻辑技术，无须校准电路；2）对于32Msps采样率，仿真结果，微分非线性误差DNL与积分非线性误差INL均小于1LSB，量化噪声小于LSB/2；3）有效位数ENOB在9bit以上，信号噪声失真比SNDR大于55dB；4）无杂散动态范围SFDR大于75dB；5）VDD为1.2V，整体功耗小于400μW。