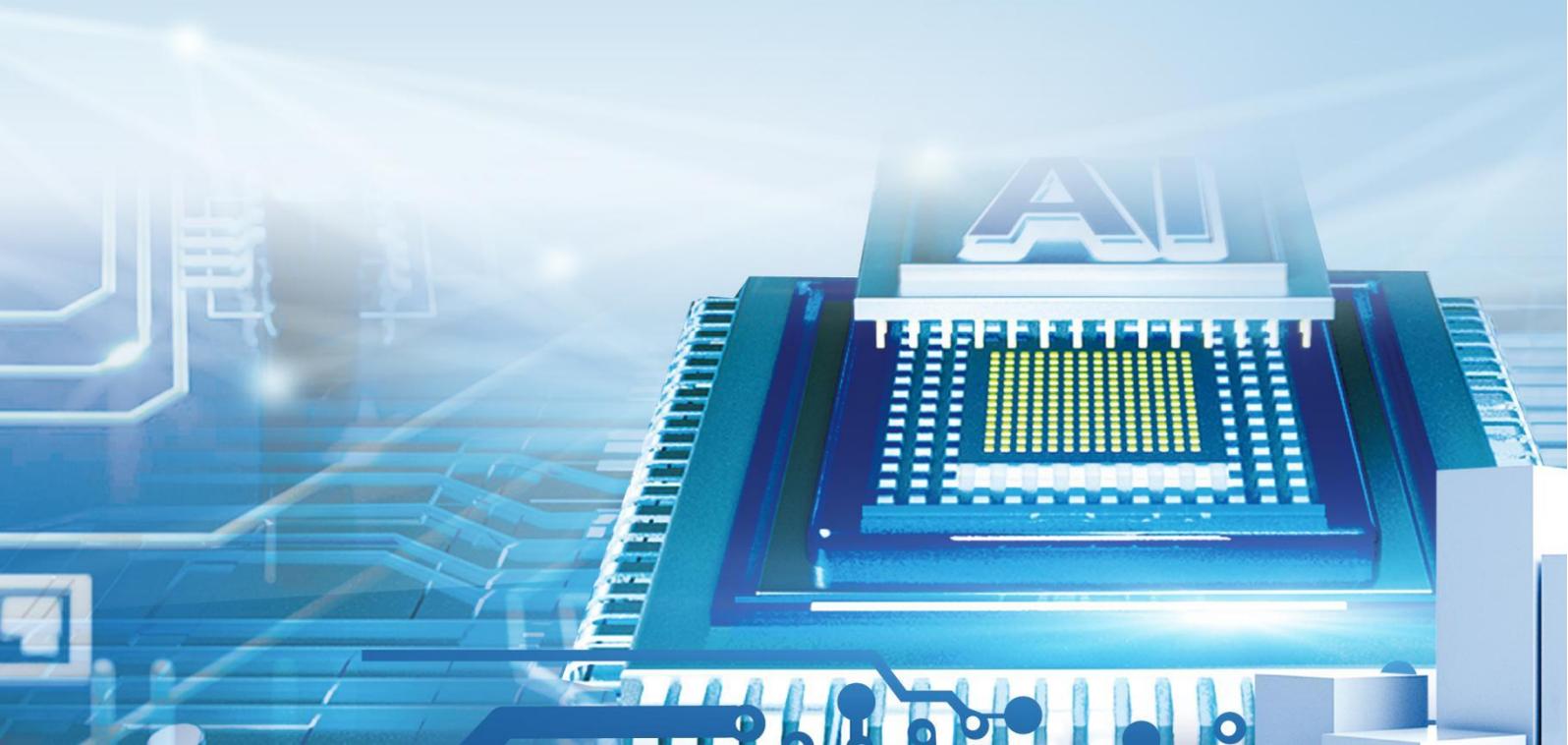




第三届全国集成微系统建模 与仿真学术交流会

2023年11月9日-11日 || 中国·深圳

论文摘要集



目录

主题 A：异质异构集成/先进材料/多物理场建模仿真

IS1001 微系统封装结构多尺度测试与分析	1
IS1002 功率芯片键合的热界面材料技术	1
IS1003 微系统散热设计、耦合仿真及应用验证	2
IS1004 共形电子的一体化喷射成形技术	2
IS1005 基于大数据挖掘的先进封装工艺过程建模和数字赋能	3
IS1006 基于深度学习方法的辐照损伤分子动力学模拟	3
IS1007 基于晶圆级 TSV 立体集成微系统工艺探讨	4
IS1008 硅通孔三维集成工艺可靠性及评价技术	4
IMS1000 星载微系统 SiP 设计及可靠性验证	5
IMS1002 热超声倒装键合过程的有限元模拟与规律研究	5
IMS1005 极端温度循环下热超声倒装 Au 凸点的缺陷表征与失效分析	6
IMS1006 基于先进封装的开放式星载高效计算架构	7
IMS1009 大尺寸芯粒集成模组倒装工艺仿真技术研究	7
IMS1010 三维堆叠集成微系统高过载仿真分析	8
IMS1012 集成微系统基板内嵌微通道中 Al ₂ O ₃ 及 SiO ₂ 纳米流体散热模型的构建与实验验证	8
IMS1014 微波器件硅铝合金连续激光互连有限元仿真研究	9
IMS1015 基于正交实验方法的 TSV 电热耦合特性研究及设计优化	9
IMS1016 微系统封装结构热应力仿真方法探讨	10
IMS1017 基于数值模拟的印制板盘中孔热应力分析与研究	10
IMS1019 基于微流散热的集成微系统热-力特性分析	11
IMS1020 基于应力调控的自卷曲电感建模设计与性能优化	11
IMS1023 面向综合智能微系统的嵌入式超融合架构关键技术研究	12
IMS1025 面向芯粒-封装早期协同设计的散热模型与仿真研究	12
IMS1026 MCM 封装 FC 微焊点热应力行为与可靠性研究	13
IMS1027 多芯片堆叠的 DDR 微系统封装建模与信号完整性分析	13
IMS1031 高电流密度下 TGV 互连结构电迁移行为的研究	14
IMS1033 多层薄厚膜 HTCC 微系统封装基板的制备技术研究	14
IMS1034 基于理论和仿真的微系统微焊点层等效力学参数计算	15
IMS1035 基于热耦合作用下的激光封焊工艺仿真分析	15
IMS1038 基于 ARMSiP 微系统模块的 SI、PI 仿真分析与优化	16
IMS1039 异质异构集成微系统可靠性技术发展的挑战和机遇	16
IMS1040 动态自加热应力下的多晶硅薄膜晶体管多物理场仿真	17
IMS1045 硅基板的网格化地平面设计优化	17
IMS1046 超高速侵彻硬目标引信多物理场仿真研究	18
IMS1047 基于瞬态结构仿真的多层陶瓷电容粘接加固工艺优化	18
IMS1048 微系统技术在无人装备领域应用及展望	19
IMS1050 我国薄膜体声波滤波器技术综述	19
IMS1051 空间智能存储三维集成微系统设计	20
IMS1052 混合集成电路用变压器磁芯加固工艺仿真技术研究	20

IMS1053 基于有限元的某 SiP 振动模态仿真分析	20
IMS1054 大功率陶瓷基微系统外壳结构可靠性设计研究	21
IMS1055 基于 Darveaux 模型的 BGA 焊点寿命预测结果分析	22
IMS1056 某硅基射频微系统的热管理技术研究	22
IMS1057 基于 COMSOL Multiphysics 对 SiC 芯片应用于功率模块的电-热-力多物理场仿真分析	23
IMS4029 基于准静态电磁仿真的 TSV 等效电路分析与建模	23

主题 B：射频/光电/太赫兹/微系统建模仿真

IS2001 原子尺度下晶体管栅介质层可靠性的建模仿真	24
IS2002 从集成应用视角浅谈微系统集成与设计	24
IS2004 DGTD 计算中细导线薄层金属狭缝的处理	25
IS2005 Si 基异质集成 GaN 微腔激光器制备及其光电器件研究进展	26
IS2006 可重构射频前端与微系统	26
IS2007 射频微系统技术与先进相控阵天线	27
IS2008 TSV 硅基射频立体集成工艺技术	27
IMS2000 基于 NAND 闪存高风险页面挖掘的固态硬盘纠错码改进算法研究	28
IMS2003 InP HEMT 器件的毫米波噪声模型研究	28
IMS2004 110GHz 砷磷高电子迁移率晶体管寄生电阻提取方法研究	29
IMS2006 Ka 波段集成微系统封装结构的仿真与优化研究	29
IMS2007 界面含氢硅空位衍生缺陷的演化研究	30
IMS2008 基于 SiP 工艺超宽带射频传输结构建模与仿真研究	30
IMS2010 一款具有高效率的宽带整流器	31
IMS2013 一种多频带轻巧型开关滤波器组设计	31
IMS2014 宽带射频微系统快速多场敏捷仿真设计	32
IMS2015 基于半监督学习的集成微系统信道信号完整性分析	32
IMS2016 CMOS 图像传感器瞬时剂量率效应模拟方法研究	33
IMS2017 基于 AiP 技术的 W 波段多通道收发微系统仿真设计	33
IMS2018 GaN HEMT 器件内嵌式微通道冷却的仿真与散热分析	34
IMS2019 射频微系统中传输线模型仿真及工艺误差对传输线性能影响仿真分析	34
IMS2020 硅漂移探测器特性仿真研究	35
IMS2021 用于提升单边低场磁共振效率的超材料增强射频线圈	35
IMS2023 InGaN 基长波长 LED 器件的局域化发光机理研究	36
IMS2024 面向 CMOS 一体化集成的硫化铅胶体量子点短波红外探测器	36
IMS2025 面向毫米波雷达微系统的低剖面宽带磁电偶极子封装天线的仿真与测试分析	37
IMS2026 Ka 波段基于 Parylene C 和 TSV 的硅基低损耗小型化射频互连集成	37
IMS2028 光电微系统用组合盖板结构强度研究与优化	38
IMS2029 基于高温共烧陶瓷的数据处理微系统外壳设计	38
IMS2030 一种 20GHz 0.65mm 节距 CQFP 陶瓷外壳	39
IMS2031 端面反射腔增强型 SOI 波导耦合 Ge 探测器仿真	39
IMS2032 面向单机集成的射频/数字/光混合信号微系统仿真与设计	40
IMS2033 一种滤波天线去耦的一般性方法	40
IMS2036 碳纳米管网络薄膜对背栅场效应晶体管电学性能影响的仿真研究	41

IMS2037 基于光导真空二极管阵列的电子发射与传输仿真	41
IMS2038 基于三维电磁仿真的射频信号引脚键合设计	42
IMS2041 基于有效介质理论低旁瓣小尺寸的硅基光波导相控阵芯片研究	42
IMS2042 基于高阻硅工艺的 260GHz 片上微凸栅格天线	43
IMS2043 基于全波电磁仿真算法的多通道微波变频组件设计	43
IMS2044 一种射频异构互连结构的快速优化设计方法	44
IMS2045 面向多功能应用集成的综合射频微系统仿真与优化设计	44
IMS2046 220GHz 带状注行波管放大器的集成设计与协同仿真	45
IMS2047 平面型 GaN 纳米空气沟道晶体管性能优化仿真	45
IMS2048 基于 VO ₂ 横向开环结构的 UWB 可切换太赫兹超材料吸收器的设计及仿真	46
IMS2049 一种基于忆阻器的毫米波滤波开关	47
IMS4031 Si 基纳米空气沟道光电二极管仿真与制备研究	47

主题 C: MEMS/NEMS 微系统建模仿真

IS3001 微半球陀螺热成型工艺仿真方法研究	48
IS3002 三维微系统芯片间高速传输关键技术研究	48
IS3003 基于拓扑绝缘超材料边界态效应的新型惯性传感器	49
IS3004 热释电红外探测器优化设计及应用探讨	49
IS3005 高性能 MEMS 超声换能器仿真建模方法研究	50
IS3006 MEMS 传感器贴片工艺建模与性能优化设计	50
IMS3000 面向智能弹药的 MEMS 惯性集成微系统关键技术研究及未来展望 ...	51
IMS3001 基于 SVR 的 MEMS 陀螺仪温度漂移误差补偿	51
IMS3002 高 Q 值薄膜体声波谐振器设计	52
IMS3003 CMOS-MEMS 集成量热式流量传感系统芯片设计及温漂补偿	52
IMS3004 基于 LSTM 的 MEMS 陀螺仪阵列误差标定补偿方法	53
IMS3005 基于数据融合的 MEMS 加速度计车辆平稳度监测微系统研究	53
IMS3007 基于模态边缘位移对比法的多环谐振式 MEMS 陀螺模态识别方案 ...	54
IMS3008 基于多项式混沌展开与遗传算法的 MEMS 器件设计优化方法	54
IMS3010 基于液态金属微流控技术的可重构极化转换电磁超表面	55
IMS3011 基于 PIC/MCC 方法的等离子体仿真研究	55
IMS3012 基于向量拟合的神经转移模型实现对 FBAR 良率的高效预测	56
IMS3013 智能化三轴 MEMS 陀螺设计及仿真	56
IMS3014 微系统芯片硅转接板互连结构应力仿真分析	57
IMS3015 基于 COMSOL 的 MEMS 电磁执行器多物理场建模与分析	57
IMS3016 面向硅基厚金属微加工工艺的应力监测结构研究	58
IMS3017 面向生化传感应用的太赫兹金属槽天线超材料 MEMS 仿真研究	58
IMS3018 入射偏振与角度不敏感的 MEMS 光学传感器仿真研究	59
IMS3019 无线晶圆测温微系统的传热仿真研究	59
IMS3020 基于两次 SOG 阳极键合过程中吸合问题的仿真研究	60
IMS3021 惯性微系统 3D 集成多物理场仿真与优化	61
IMS3022 基于 Simufact Welding 的传感器膜片焊接模拟分析与工艺优化研究 ..	61
IMS3023 导航级石英振梁加速度计动态模型及振动特性研究	62
IMS3024 MEMS 压电超声换能器机电特性和声场仿真研究	62

IMS3025 基于 SOI 的光纤法珀压力传感器的力学仿真研究	63
IMS3026 基于太赫兹超表面的皮肤疾病传感器的设计与仿真	63
IMS3027 过载扰动下叠层压电驱动器的工作特性分析	64
IMS3028 GNC 微系统模组冲击防护工艺仿真分析	64
IMS3029 基于超窄金属条带的小型化高透明度微波吸波器	65
IMS3030 光纤陀螺光纤环温度模型构建与仿真分析	65
IMS3031 基于深度强化学习的微装配方法	66
IMS3032 Modeling and simulation of Alnitride pyroelectric detector based on metamaterial absorber	66

主题 D: Chiplet /SOC/IC 建模仿真与 EDA

IS4000 高功率密度射频微系统仿真与设计	68
IS4001 射频异构集成微系统智能化设计关键技术	68
IS4002 融合人工神经网络的电磁建模与优化 EDA 技术	69
IS4003 射频集成电路系统的多物理场建模仿真	69
IS4004 异质集成电路多物理场计算与应用	70
IS4005 高电压微电源中磁性元件的建模分析与仿真验证	70
IS4006 后摩尔时代 Chiplet 设计验证 EDA 关键技术	71
IS4007 异构集成微系统协同设计关键技术及平台建设	71
IMS4000 存内计算技术综述	72
IMS4001 AI 加速芯片数据共享算法	72
IMS4002 三维系统级封装可靠性薄弱环节分析研究	73
IMS4003 面向芯粒封装热仿真的高效 LB-ADI 方法	73
IMS4004 基于 GaAs 衬底的宽带功分器芯片	74
IMS4005 基于人工神经网络的大功率封装热仿真分析与预测	74
IMS4006 W 波段高隔离度 GaAs 滤波交叉器	75
IMS4007 面向多芯片电路设计的高层次综合	75
IMS4008 面向 Chiplet 芯片封装结构的参数化有限元快速建模仿真	76
IMS4009 有源电扫描发射/接收天线阵列射频前端的电磁场—电路协同仿真 ...	76
IMS4011 5-18GHz 宽带异构多功能 MMIC 芯片	77
IMS4012 一种基于多级框架的固定轮廓 3D ICs 热感知布局优化方法	77
IMS4013 一种前置数据重构的并行 CRC 计算电路设计	78
IMS4014 基于 BSIM 模型的低失调高速 CTLE 单元建模设计与仿真	78
IMS4015 集成封装瞬态热应力仿真的拉盖尔-有限元算法	79
IMS4016 基片集成波导滤波器的电磁损耗建模	79
IMS4017 高性能全局快门 8 管像素的设计与实现	79
IMS4018 DTCO 驱动的三维存储微模组设计	80
IMS4019 基于 BGA 植球倒扣异构集成的传输线分析和建模	80
IMS4020 面向智能可重构微系统的信号完整性设计与分析	81
IMS4021 SOI-MOS 器件的自热效应仿真及产热机理研究	81
IMS4022 磁近邻效应对 WTe ₂ /CrI ₃ 异质结谷-赝自旋的操纵	82
IMS4023 硅/非晶二氧化硅 (Si/a-SiO ₂) 界面辐射损伤效应的第一性原理研究进展	82
IMS4024 短沟道自对准顶栅氧化物半导体薄膜晶体管研究	83

IMS4025 基于量子运输的原子级 TCAD 软件开发与光电半导体器件设计	83
IMS4026 超薄绝缘氮化硼插入层对镍和二硫化钼金属半导体接触特性影响的仿真研究	84
IMS4027 4H-SiC VDMOSFET 的阈值电压不稳定性研究	84
IMS4028 HBM 中的信号完整性分析解决方案	85
IMS4030 不同能量的重离子辐照单层二硫化钼的仿真与实验验证	85
IMS4032 高功率 AlGaIn/GaN HEMT 器件电热多场建模技术	86
IMS4033 基于 TCAD 的 VDMOS 抗辐照能力仿真优化及实现	86
IMS4034 圆柱型硅通孔(C-TSV)电热力分析	87
IMS4035 面向微系统的芯片设计与方法挑战	87
IMS4036 TSV 封装工艺 PDK 架构及关键技术	88

主题 A: 异质异构集成/先进材料/多物理场建模仿真

微系统封装结构多尺度测试与分析

侯传涛

北京强度环境研究所

摘要: 微系统封装结构力学测试与分析对于提升电子产品可靠性具有重要意义。结合多尺度计算与复杂载荷下材料性能实验测试,从微观到宏观揭示了典型封装材料多级微结构特征和演化规律,揭示了微观结构与其宏观蠕变疲劳性能行为的内在关联,建立了多损伤机制统一粘塑性本构模型。在此基础上,通过宏观到微观、整体到局部的方法,基于子模型和子结构的电子产品封装结构建模技术,实现了应力应变高精度的分析。进一步基于云纹干涉法、数字全息法、散斑干涉法、X 射线 CT 和 DVC 等方面,实现了封装结构内部、外部全场应变的测量与表征。相关研究有力支撑了电子产品封装结构的失效分析与可靠性提升。

功率芯片键合的热界面材料技术

李明雨¹, 祝温泊¹, 胡博², 杨帆²

1. 哈尔滨工业大学(深圳)

2. 深圳芯源新材料有限公司

摘要: 功率芯片封装中的键合技术具有几个关键作用: 电气互连、热传递和结构互连。后两者对下一代功率器件来说比其他数字和逻辑器件更重要, 因为 SiC 和 GaN 等下一代功率半导体将应用于高功率和紧凑型逆变器/转换器, 键合界面释放大量热量。电动/混合动力汽车的功率器件键合界面温度预计将超过 200° C, 在太空和地壳探测等特定应用中, 器件键合界面温度将超过 300° C。因此, 组件材料之间的热膨胀失配、氧化等会导致严重的热应力及组件失效。芯片键合技术是实现下一代高功率器件的最重要的封装技术之一。键合材料应具有高的热稳定性、高的疲劳可靠性、高的散热能力、良好的导电性和足够的强度。本报告主要讨论纳米金属低温烧结键合材料、TLP 材料及其互连接头可靠性问题。

微系统散热设计、耦合仿真及应用验证

李宇杰

哈尔滨工业大学（威海）

摘要：随着三维高密度封装微系统集成度的提高，其功率密度激增。基板内置微通道液冷效率高、便于集成，成为高密度集成微系统高效热管控的关键技术。但复杂结构微通道内液体的流动阻力大、存在漏液风险，为了平衡散热效率、压降损失及系统可靠性，必须对微通道的拓扑结构、截面形状、几何尺寸、出入口等进行优化设计，并深入研究通道中冷却介质的流动状态和传热过程。本研究团队通过建立整体微系统的电-热-质-力多物理场耦合模型，对系统上的温度分布、通道内的流场分布、多材料微系统中各异质连接界面的应力应变分布等进行全面分析，并进一步构建跨尺度仿真模型，探讨了纳米流体等新型冷却介质的作用。在提升微通道热沉制冷性能系数（Coefficient of performance, COP）的同时，充分考虑制备工艺和系统的可靠性，设计出内嵌贯通型金属柱阵列、具有面向热点的歧管式入口、且通道拓扑结构简单、易加工的微通道热沉。将其应用于实际微系统的热管控，散热效率可达 95%，为集成微系统的高效热管控提供了可行的方案。

共形电子的一体化喷射成形技术

黄进

西安电子科技大学

摘要：共形电子不仅能与载体平台共形，保持其外形结构及空气动力学性能，而且具备电磁信号收发、波束扫描、散热与承载功能，可满足多功能化、智能化和高机动性要求，具有广阔的应用前景。然而，传统制造方法却面临巨大的挑战，首先，具有垂直互联结构的多层曲面基板难以制造；其次，承载、防护结构难以与功能层同步成形，以满足高密度、小型化和结构功能一体化要求。本报告介绍一种极具潜力的共形电子制造技术——一体化喷射成形与烧结固化技术，探讨其成形过程的跨尺度多场耦合分析方法与保形控性工艺，并展望未来的研究和发展趋势。

基于大数据挖掘的先进封装工艺过程建模和数字赋能

王刚

中国电子科技集团公司第五十八研究所

摘要：超越摩尔时代的先进电子呼唤封装集成方法的跨越升级，先进封装工艺尺度向亚微米快速推进，结构具备异质异构特性、工艺复杂度急剧提升，形成了尺度跨越多个数量级，功能涵盖多学科领域的微纳尺度复杂巨系统，在足够复杂的工艺流程中，即使单步工艺的良率提升到99%以上，全局工艺良率也会无限趋近于0。为保证复杂集成工艺的生产效率及良率，必须引入系统工程方法论，在工艺单元精确建模的基础上，充分利用产线工艺大数据，挖掘埋藏在海量数据中的有效信息。面向先进封装工程应用需求，开展适应小样本、多种类、高度复杂特征的集成工艺过程建模和数字赋能方法研究。首先通过全温区的材料和结构参数提取，形成实测参数模型库，工艺大数据处理和相关性信息提取、海量加工数据的数据拟合和参数预测、构建单步工艺的过程模型，并通过智能算法和大数据挖掘进行优化和修正，再将多步工艺模块进行串接和重构，形成能够描述整个工艺流程的系统工艺全流程模型，使其具备新工艺良率预测的能力。保障先进封装系统的复杂集成工艺精确描述，支撑复杂先进封装系统快速导入研制、工艺实现，提高集成工艺的质量水平、工艺水平和生产效率。

基于深度学习方法的辐照损伤分子动力学模拟

薛建明，刘勇，王浩

北京大学

摘要：材料辐照损伤的原初物理过程是理解材料及器件辐照效应的基础，对核能材料、器件抗辐照加固、离子注入等诸多领域有着重要意义。目前，由于实验技术的限制，人们对上述物理过程的认知基本都来自于分子动力学模拟。分子动力学模拟是探求原子尺度下材料微观相互作用机制的有利武器，至今已经在辐照效应领域得到了广泛的应用。通过模拟材料在极短时间内的级联碰撞及缺陷演化过程，可以直观地了解不同材料对于不同辐照条件的响应情况。但是分子动力学模

拟结果的可靠性取决于其所采用的原子间相互作用势, 现有的经典解析势模型精度总是受到质疑。随着机器学习特别是深度学习的发展, 得到的机器学习势函数对诸多材料特性的描述远超经典的解析作用势模型, 既具有量子力学的精度, 也保持了经典分子动力学模拟的效率。目前, 我们已经建立了针对 Al、SiC、Si、Fe\He 等多种辐照损伤用深度势能, 获得了良好的模拟效果。

基于晶圆级 TSV 立体集成微系统工艺探讨

吴道伟

西安微电子技术研究所

摘要: 面向电子系统小型化、高性能、智能化、低功耗的需求, 晶圆级 TSV 先进封装技术是实现微系统产品的核心制造技术。报告简要介绍了基于 TSV 先进封装的微系统技术背景, 结合七七一所信息处理微系统平台及发展历程, 阐述了平台 TSV 工艺技术能力、制造产品及后续发展思路。

硅通孔三维集成工艺可靠性及评价技术

李凌

西安微电子技术研究所

摘要: 硅通孔三维集成因其具有集成度高、传输路径短、传输速率高、功耗低等优点而备受关注, 然而, TSV 三维集成微小尺度、层叠结构以及复杂工艺等使其缺陷检测、定位及失效分析极具复杂性, 材料界面、异质结合、互连键合等复杂结构也对其可靠性评价提出挑战。本报告开展硅通孔三维集成关键工艺中关键结构缺陷类型、失效模式及失效机理研究, 探究缺陷形成机理; 研究硅通孔三维集成互连缺陷建模、定位及失效分析技术, 实现亚微米级别缺陷检测和定位分析; 开展硅通孔三维集成建模仿真分析及加速寿命试验研究, 并结合具体案例, 实现其可靠性评估及寿命预计。

星载微系统 SiP 设计及可靠性验证

杨正, 李圣龙, 华更新

航天五院 502 所

摘要: 系统级封装 SiP 是将多种功能芯片通过微组装集成到同一基板上使其具有系统性的功能, 具有物理尺寸小, 封装效率高, 兼容性好, 功耗低等优势。作为关系卫星在轨能否正常运行的核心控制部件, 星载处理器在追求高性能的同时对于高集成、小尺寸要求较高。将 SiP 应用于星载处理器中构成微系统可以更好的满足其尺寸小型化, 功能集成化等高性能需求。随着集成度、信号频率的提高, 芯片工作电压降低, SiP 需要考虑信号完整性及电源稳定性问题以保证其可靠性。同时, 由于宇航用 SiP 对于特定环境下长期可靠性的需求, 需优化封装工艺, 改善 SiP 散热, 提高力学稳定性等。本文设计了一种星载处理器微系统 SiP, 并对其信号完整性, 电源完整性, 散热, 应力等进行了仿真分析, 验证 SiP 的可靠性均达到参考标准。

关键词: 星载微系统; SiP; 信号完整性; 电源完整性; 散热; 应力

热超声倒装键合过程的有限元模拟与规律研究

吴永栓^{1,2}, 李军辉^{1,2*}

1. 中南大学机电工程学院

2. 极端服役性能精准制造国家重点实验室

摘要: 为了探索合适的键合参数, 了解各参数与键合界面应力/应变之间的关系。进行了键合试验与有限元模拟。结果表明不合理的键合压力和超声波参数会导致键合界面出现不同程度的裂纹, 破坏键合强度。三个键合参数对 von Mises 应力 / (剪切应力) 的影响顺序为: 键合压力>超声波振幅>键合温度 / (超声波振幅>粘接温度>粘接压力)。构建了 von Mises 应力/剪切应力与键合参数之间的多元非线性回归模型。可为 TSFC 键合参数选择提供一定的理论依据。

关键词: 热超声倒装芯片键合; 键合参数匹配; 数学模型; 有限元模型; 应力分布

极端温度循环下热超声倒装 Au 凸点的缺陷表征与失效分析

刘俊夫^{1, 2, 3}, 刘进鸿^{1, 2, 3}

1. 中国电子科技集团公司第四十三研究所

2. 微系统安徽省重点实验室

3. 哈尔滨工业大学先进焊接与连接国家重点实验室

摘要: Au 凸点热超声倒装焊接具有避免金属间化合物形成, 避免空洞缺陷, 电阻率低和寄生参数小等优势, 是一种前景广阔的芯片-基板互连结构。热超声倒装焊接过程中, 在超声振动, 温度和压力的作用下, 凸点和焊盘的界面处发生塑性变形; 其次, 由于不同材料之间的热膨胀系数不匹配, 温度循环过程中同样会引起塑性变形, 从而产生各种材料缺陷。然而, 目前的研究中缺乏对热超声倒装焊接 Au 凸点界面的微结构进行深入的表征, 未能理解纳观尺度下各种缺陷的扩展和增殖行为, 同时各种材料缺陷对温度循环过程中 Au 凸点热超声倒装焊接界面的裂纹产生机理尚未明确。基于此, 本研究首先对热超声倒装焊接后的 Au 凸点进行不同次数下的温度循环测试, 利用扫描电子显微镜 (SEM) 分析温度循环对 Au 凸点形貌的影响。结果发现, 当经历 500 次温度循环后, Au 凸点与基板侧出现了裂纹, 力学性能和电性能也随之下降。为此, 利用透射电子显微镜 (TEM) 对 500 次温度循环后的 Au 凸点热超声倒装焊接界面进行表征, 成功表征出各种材料缺陷, 包括位错, 层错, 孪晶, 非晶等, 并依次分析这些缺陷产生的原因以及对裂纹产生的影响, 找到背后的失效机理。总结而言, 位错, 层错, 孪晶的存在使得晶体内的自由焓升高, 变形晶体的能量增大, 处于热力学不稳定状态, 裂纹容易形核并扩展; 而非晶的存在使得原本 FCC 结构的 Au 晶体内滑移系数量骤然下降, 韧性降低, 同样导致开裂。本研究有望深入理解 Au 凸点热超声倒装焊接界面处的微结构, 以及各种材料缺陷对可靠性的影响, 为其在实际温度循环中的服役提供技术参考, 从而拓展热超声倒装焊接 Au 凸点的应用价值。

关键词: 热超声倒装焊接; Au 凸点; 温度循环; TEM; 材料缺陷; 失效分析

基于先进封装的开放式星载高能效计算架构

梁欣欣, 刘曦, 贺振江

西安微电子技术研究所

摘要: 卫星探测载荷多元化、数据海量化、处理需求复杂化给星上信息处理系统带来算力、能效的巨大挑战。传统处理器在数据密集型计算中能效较低, 热耗过高引起整星能源和可靠性隐患。本文提出一种基于先进封装的开放式星载高能效计算架构, 在当前单星输入带宽低于 2Gbps 场景下, DSP、FPGA、CPU 等模块按需组合, 构建可扩展的混合异构通用计算硬件平台; 面向未来大算力组网, 端节点演进为 NPU、近存、存内计算等先进封装的智能体, 提供高能效大算力。

关键词: 开放式; 星载高能效; 先进封装; 计算架构。

大尺寸芯粒集成模组倒装工艺仿真技术研究

吕晓瑞, 林鹏荣, 刘建松, 郭亨通

北京微电子技术研究所

摘要: 多芯粒异构集成封装 (chiplet) 成为实现大规模集成、高密度互连、灵活自由重组的主流核心技术, 而大尺寸多芯片注塑模组与基板之间的热失配对高可靠封装工艺实现提出了新的技术挑战。传统的封装工艺结构设计验证周期长、成本高, 基于模型的有限元仿真分析技术是实现高精度、高效率封装工艺结构设计的主要途径, 文章针对高密度封装结构跨尺寸建模、复杂非线性工艺过程仿真等关键问题, 开展微互连结构多场耦合本构建模、多级子模型仿真以及倒装回流过程动态模拟等仿真方法研究, 在此基础上对多芯片模组倒装结构与工艺过程优化进行了仿真分析。结果表明, 通过添加假芯片、提高芯片厚度可以显著降低注塑模组高温回流程过程中的翘曲行为, 芯片厚度的影响更显著, 通过配重加压回流方式可有效控制大尺寸多芯片注塑模组与基板之间的相对变形, 从而实现高可靠倒装互连。

关键词: 多芯粒集成; 模组倒装; 本构建模; 回流焊接; 翘曲

三维堆叠集成微系统高过载仿真分析

王子, 蒋鹏, 鞠莉娜, 徐彤, 梁光顺

中国兵器工业第二一四研究所

摘要: 为明确三维集成微系统在高过载环境下的可靠性问题, 开展三维堆叠集成微系统高过载仿真分析, 建立了三维堆叠集成微系统模型, 通过有限元模拟仿真分析方法对其进行了研究, 对比分析了在三个不同轴向方向加速度载荷下微系统结构的应力分布, 重点关注微系统中的微球、TSV 以及布线等易失效结构, 明确结构薄弱部位与易失效区域, 分析了微球尺寸布局与抗高过载的关系, 并通过冲击试验对微系统进行了分析验证, 为微系统三维集成结构的优化与抗高过载性能的提升提供指导。

关键词: 微系统; 三维堆叠结构; 微球; 高过载仿真; 冲击试验

集成微系统基板内嵌微通道中 Al_2O_3 及 SiO_2 纳米流体 散热模型的构建与实验验证

王培忠^{1,2}, 彭奂异^{1,2}, 陈硕^{1,2}, 肖刚³, 袁海^{3*}, 李宇杰^{1,2*}

1. 哈尔滨工业大学(威海)先进焊接与连接国家重点实验室

2. 哈尔滨工业大学(威海)材料科学与工程学院

3. 西安微电子技术研究所

摘要: 本文通过有限元仿真, 研究了以纳米流体为冷却介质时, 集成微系统基板内嵌微通道散热器的散热效果。通过修正纳米流体的单相模型, 结合电-热-质-力多物理场耦合仿真, 构建微通道中的多相跨尺度传热传质模型。研究发现, 流体导热系数和粘度均随浓度增加而增大。与压降损失相比, 导热性能的提升占主导, 使系统最高温度降低。浓度低于 0.1% 时, 最高温度的实测结果与模拟吻合较好; 浓度高于 0.1% 时, 流体出现团聚失稳, 模型需进一步完善。

关键词: 纳米流体; 基板内嵌微通道; 多相传热传质; 电-热-质-力多物理场耦合仿真

微波器件硅铝合金连续激光互连有限元仿真研究

赵利波, 代岩伟, 秦飞

北京工业大学材料与制造学部电子封装技术与可靠性研究所

摘要: 连续激光互连技术由于其较高的能量、较小的加热面积, 被广泛应用于铝合金焊接等工业领域, 满足了电子封装的互连密封要求。激光互连过程中, 在焊缝附近的拐角处和点焊位置都容易发生裂纹。本文通过与实验中测量得到的熔池深度和宽度, 对热源模型进行了校准和验证, 提出了热源参数与熔池形态之间的经验关系。采用有限元方法对 50% SiAl 外壳和 27% SiAl 盖板的互连过程进行了数值模拟。分析了不同点焊顺序和数量对激光焊件残余应力和开裂可能性的影响。结果表明, 在连续点焊下, 随着点焊数量的增加, 应力峰值减小。与顺序点焊和分侧点焊相比, 采用先对角后分侧的点焊顺序, 可以有效地降低残余应力。本研究能够为我们今后关于微波器件封装互连的可靠性问题的研究提供有价值的指导方案。

关键词: 连续激光互连技术; 深熔焊接; 硅铝合金; 点焊顺序; 凝固裂纹

基于正交实验方法的 TSV 电热力耦合特性研究及设计优化

张炜, 王勇, 李晓博, 冯长磊, 张涛

北京微电子技术研究所微系统室

摘要: 针对 TSV 结构在多物理场耦合作用下由于直径和节距等物理尺寸交互作用影响其可靠性的系统性研究较少。本文采用有限元仿真参数化设计方法, 基于正交实验研究了不同直径和节距交互作用下 TSV 结构在电热力多场耦合作用下的温度分布、应力响应。仿真结果表明: 电热耦合作用下, 处于中心位置的 TSV 温度最高, 且温度随着 TSV 的直径和节距的增大而降低; 电热力耦合作用下, 结构的最大等效应力位于 TSV 与 SiO₂ 阻挡层接触的拐角界面处; TSV 的最大等

效应力随着直径增大而降低，节距对 TSV 的最大等效应力的影响较小。综合考虑电热力耦合效应，在进行硅基转接板设计时，在保证硅基转接板面积及 I/O 数量不变的前提下，尽量采用较大的 TSV 直径与节距设计。

关键词：TSV；有限元仿真；电热力多物理场耦合；等效应力

微系统封装结构热应力仿真方法探讨

邵凤山，何峥纬，李静

西安电子科技大学机电工程学院

摘要：微系统封装结构中，由应力应变引起的封装失效是影响其可靠性的重要原因。现阶段通常需要进行大量的可靠性试验来验证封装结构工艺的可靠性，然而有限元仿真技术的发展为此类问题的解决提供了更为简单快捷的途径。本文利用 ANSYS Workbench 软件，对某微系统封装结构进行了有限元仿真，深入探究了封装结构中 BGA 焊点的网格类型、网格密度和加载循环数量对仿真结果的影响。研究结果为提高微系统封装结构的有限元仿真效率及优化设计提供了重要参考。

关键词：电子封装；有限元仿真；BGA 焊点；封装可靠性

基于数值模拟的印制板盘中孔热应力分析与研究

李岭博，雷冰，刘曦，马荟

西安微电子技术研究所

摘要：随着军用、民用电子产品不断呈现出高密度化、高集成度的发展趋势，盘中孔是解决高密度引脚扇出和快速散热的有效措施。然而，盘中孔的异质结构可能在元器件焊接、包封等高温过程中引入具有不确定性的残余应力，使得孔周成为印制板在复杂服役环境下的薄弱环节，极大限制了盘中孔结构在航天微系统领域的应用。当前印制板盘中孔的设计与应用正面临着“满足元器件高密度化发展需求与保证印制板力学、电学性能稳定”的矛盾，解决上述矛盾的关键在于通过

定量描述孔周应力状态，实现盘中孔潜在缺陷的可靠评估与控制。针对此问题，本文基于数值模拟的方式，研究了盘中孔在焊接、底填及包封温度载荷下的热应力分布规律。结果表明，焊接过程中，盲埋孔铜层产生的热应力最大，为25.395MPa。在较大的温度梯度作用下，盲埋孔底部的热积聚效应较明显。该结论可为微系统电子产品的盘中孔设计提供理论参考。

关键词：盘中孔；温度载荷；热应力；有限元分析

基于微流散热的集成微系统热-力特性分析

叶雨欣，陆国冉，孔延梅，刘瑞文，孟鑫昊，焦斌斌

中国科学院微电子研究所

摘要：集成微系统为电子系统小型化、高性能、智能化提供了一条多芯片集成重要技术途径。然而芯片种类和集成密度的增加将必然导致热管理难度的提升，利用先进微流散热技术能有效解决高密度集成引起的热聚集问题，但工质的引入增加了热、力特性的表征难度。本文构建了一套集成微系统有限元热-力分析模型，重点分析了微流散热技术对晶圆级微系统热聚集问题的改善，及散热过程中影响基板应力的主要因素，为微系统散热方案的设计和 optimization 提供工具支撑。

关键词：晶圆级；异构集成；多物理场仿真；微流散热

基于应力调控的自卷曲电感建模设计与性能优化

周志坤¹，韦先超¹，张子涵¹，张宝和¹，桑磊¹，袁涛²，何伟^{3,*}，黄文^{1,*}

1. 合肥工业大学

2. 深圳大学

3. 中国信息通信研究院

摘要：本文基于有限元方法预测了不同工艺条件下的自卷曲电感的结构与性能，首先力学仿真了不同厚度的金属薄膜沉积图案自卷曲后的结构，再使用有限元方法根据卷曲结构结果仿真了自卷曲电感的电学性能，最后提出电镀后处理工艺增加自卷曲电感品质因数（Q值）的仿真验证，结果表明在半导体工艺时增加沉积

的薄膜厚度增加了卷曲难度而导致圈数减少，这会降低自卷曲电感的电感量，却可以提高 Q 值。而通过电镀后可以使 Q 值大幅提高。

关键词：自卷曲电感；有限元方法；品质因数；电镀。

面向综合智能微系统的嵌入式超融合架构关键技术研究

张珂燃¹，唐磊¹，匡乃亮¹，罗远哉²，钟升²

1. 西安微电子技术研究所

2. 西北大学信息科学与技术学院

摘要：大数据、人工智能时代下，海量、多维的信息融合处理对综合智能微系统设计提出了更大挑战。本文提出的嵌入式超融合架构基于 3D 微集成工艺，采用“算-存-网”一体化微模组与两级交换网络设计，搭配嵌入式超融合软件支撑环境与半实物仿真验证平台，具有极高的扩放性、裁剪性和适配性，可有效缓解存储墙问题、综合提高系统可靠性、满足系统硬指标约束、灵活支持软件编程与载荷设计。

关键词：微系统；3D 集成；超融合架构。

面向芯粒-封装早期协同设计的散热模型与仿真研究

王增一¹，朱晓雷¹，余志平^{1,2}

1. 浙江大学微纳电子学院

2. 清华大学集成电路学院

摘要：芯粒集成系统是应对后摩尔时代晶体管和芯片缩放比例趋于饱和的有效解决方案。不断增长的芯片集成度与芯粒-封装协同设计流程所需的 EDA 工具链中热仿真软件缺失共同导致了芯粒集成系统热管理的困局。Hotspot 是一款开源热仿真软件，牺牲其部分精度，能够实现快速的热仿真分析，非常适用于芯粒-封

装集成系统的早期协同设计。本文将简要介绍 Hotspot 的热建模方法, 以及 Hotspot 中气冷散热器的仿真原理, 并指出其源代码中存在的缺陷后进行修改与验证。

关键词: 芯粒; 热管理; Hotspot; 散热器

MCM 封装 FC 微焊点热应力行为与可靠性研究

左标¹², 朱喆¹², 刘进鸿³, 刘俊夫¹²

1. 中国电子科技集团公司第四十三研究所 微系统安徽省重点实验室

2. 中国电子科技集团公司第四十三研究所

3. 哈尔滨工业大学

摘要: 目前 MCM 封装中大量应用的 MCM-L 具有成本低、技术成熟的特点, 但由于其散热及电性能表现不佳, MCM-C/D 封装逐渐成为高密度集成未来发展趋势。由于这两种基材的导体层、绝缘层和工艺制程的不同, 其 FC 微焊点对环境适应性表现差异明显。因此, 需要对 MCM-C/D 和 MCM-L 两种不同载体下的高密度载板倒装芯片微焊点的可靠性差异进行研究。通过实验与仿真的结合, 从微焊点应力应变分布趋势和 IMC 生长结构层面, 分析了不同材质载板对倒装芯片可靠性的影响, 发现 ALN 基板倒装结构相较于 ABF 基板倒装可以承受更大的热应力, 发生的应变分布更为均匀, 整个结构的应变更小。

关键词: MCM; 微焊点; SAC305; 温度循环; SEM

多芯片堆叠的DDR微系统封装建模与信号完整性分析

闻博¹, 肖国尧^{1*}, 王金锋², 任爱锋¹

1. 西安电子科技大学电子工程学院

2. 西安中电科西电科大雷达技术协同创新研究院有限公司

摘要: 系统级封装 (SiP) 技术是解决现代电子系统中存储模块体积大且设计复杂的有效方法。然而, 堆叠结构使存储系统芯片的键合设计存在更多的互联方案, DDR (Double Data Rate) 高速信号的信号完整性 (SI) 问题也变得更加复杂。本文

基于一种多芯片堆叠 DDR3 微系统的设计, 提出了多层引线键合结构的电路级模型并采用数学理论分析其影响, 最后结合不同形式的拓扑结构进行仿真验证。结果表明, 采用 T 型拓扑结构信号完整性较好, 并联型引线键合结构优势不明显; 而对于 Fly-by 拓扑设计, 并联型引线键合能够有效改善其信号完整性。

关键词: 系统级封装; 存储器; 三维堆叠; 键合线; 信号完整性; 建模

高电流密度下 TGV 互连结构电迁移行为的研究

向峻杉^{1,2}, 王浩中^{1,2}, 马丙戌^{1,2}, 简晓东^{1,2}, 陈思^{1,2}, 周斌^{1,2}, 杨晓锋^{1,2*}, 樊文琪^{1,2*}

1. 工业和信息化部电子第五研究所

2. 电子元器件可靠性物理及其应用技术重点实验室

摘要: 玻璃中间层的玻璃通孔 (through glass vias, TGV) 互连技术具有优异的高频电学特性、成本低、材料属性可调等优点, 因此其在射频器件、MEMS 封装等领域具有广阔的应用前景。但 TGV 微米级的尺寸导致器件在工作过程中易出现电迁移失效。本文采用实验和仿真结合的方法对 TGV 的电迁移行为进行研究, 实验结果表明, 电迁移空洞出现在 TGV-RDL 交界处附近, 且偏向 RDL 侧; 仿真结果验证了 TGV-RDL 交界处确实是易失效区域。该研究可为 TGV 互连技术的电迁移可靠性研究提供借鉴和指导。

关键词: 玻璃通孔; 电迁移; 有限元仿真; 先进封装可靠性

多层薄厚膜 HTCC 微系统封装基板的制备技术研究

于斐, 张鹤, 段强, 杨振涛

中国电子科技集团公司 第十三研究所

摘要: 本文通过采用两种制备陶瓷基板技术实现微系统陶瓷封装, 一种是传统的多层 HTCC 氧化铝基板, 另一种是采用多层薄膜工艺与多层高温氧化铝陶瓷工艺结合的技术制备了多层薄厚膜 HTCC 陶瓷基板。通过对比发现, 多层薄厚膜 HTCC 陶瓷基板的表层电路使用薄膜工艺, 布线密度可达 20 μm 线宽/线距, 远

高于传统多层 HTCC 氧化铝基板 $50\ \mu\text{m}$ 线宽/ $85\ \mu\text{m}$ 线距布线密度。同时由于表层高密度的薄膜走线缓解了内部 HTCC 厚膜基板的布线压力,厚膜布线层数较传统的加工方案减少 48%,陶瓷基板厚度减少近 30%,整体的基板重量减少 25%。对制备的多层薄厚膜 HTCC 陶瓷基板进行了各项可靠性验证试验,试验结果符合相关指标要求。多层薄厚膜 HTCC 陶瓷基板,能够满足微系统封装轻量化、小型化、复杂布局、高密度的发展需求。

关键词: 多层厚薄膜结合; 多层 HTCC 基板; 高密度; 薄厚金

基于理论和仿真的微系统微焊点层等效力学参数计算

李逵¹ 杨宇军¹ 马娟² 李清雅²

1. 西安微电子技术研究所

2. 西安电子科技大学 机电工程学院

摘要: 随着电子产品不断向微型化、集成化发展,用于三维封装堆叠的 TSV 先进封装技术被广泛应用于微系统集成,由于内部焊点和封装尺寸差异较大,使得微系统结构呈现多尺度特征,极大增加了仿真分析难度、降低了计算效率,需通过微焊点层的等效力学参数均匀化计算以建立简化模型减少计算量。本文采用理论分析与有限元仿真两种方法分别计算微焊点层等效力学参数,并对比分析两种方法计算结果差异。最后,结合有限元方法计算值,改进了等效力学参数的理论计算方法,极大提高了等效计算效率和精度,为微系统仿真分析提供技术支撑。

关键词: 微系统; 微焊点层; 结构多尺度; 均匀化方法; 有限元仿真

基于热力耦合作用下的激光封焊工艺仿真分析

肖泽平, 张欲欣

西安微电子技术研究所混合集成电路事业部

摘要: 激光封焊是一种高可靠性的气密性密封方法,广泛应用于混合电路封装工艺中,尤其是具有较大尺寸或不规则形状壳体封装。密封过程中,激光提供的高强度热源会使密封部位周边的元器件形成一定的热应力,当热应力达到或超过材

料的许用值时,会使元器件产生一定损伤,严重时会影响内部元器件正常工作,进而影响电路的可靠性。本文利用有限元软件对某电路结构进行了激光封焊过程中热应力耦合仿真分析,仿真中对外壳施加了等效的热载荷,模拟了激光封焊过程中壳体结构与元器件的温度变化与应力变化,为电路激光封焊工艺提供了一定的参考。

关键词: 激光封焊; 混合电路; 热应力; 耦合分析

基于 ARMSiP 微系统模块的 SI、PI 仿真分析与优化

王玥, 衣男, 唐艺菁, 刘星

西安微电子技术研究所

摘要: 本文针对 ARMSiP 微系统模块,使用专业的工具对目标对象进行仿真和优化分析,通过仿真识别出磁珠的错误设置,避免了调试时测试板烧毁的风险,并提出了优化电源分配系统的解决方案。SiP 模块层叠和空间紧耦合、高密度集成的情况下,时钟、高速等各类信号的完整性问题越发显著,通过在信号发送端增加匹配电阻消除了信号的过冲,优化了信号的波形质量,使 SiP 模块关键的特性指标达到应用要求。

关键词: ARMSiP 微系统模块; 电源完整性; 信号完整性; 去耦电容; 磁珠; 匹配电阻

异质异构集成微系统可靠性技术发展的挑战和机遇

汪志强, 杨凝, 张劲春, 单元浩, 崔晶宇, 洪力, 戴扬

中国电子科技集团公司智能科技研究院

摘要: 后摩尔时代的发展浪潮下,异构集成技术正成为微系统工程化应用的实践途径,其带来高密度集成、多专业融合、高性能、微型化和智能化等优势的同时,也带来了诸多潜在的可靠性问题,直接影响工程化的推广实施。针对上述问题,分析了多尺度多物理特征下的潜在故障模式,并从设计制造基础能力、失效模式

和机理、可靠性表征和建模、仿真预测平台、试验评价等方面进行了调研综述，指出微系统可靠性发展的技术挑战，并给出未来的发展建议。

关键词：异质异构；集成微系统；可靠性；多尺度；多物理；建模仿真；

动态自加热应力下的多晶硅薄膜晶体管多物理场仿真

¹刘鹏飞⁺，¹陈绍航⁺，^{1,2}张猛^{*}

1. 深圳大学电子与信息工程学院

2. 深圳大学射频异质异构集成全国重点实验室

⁺刘鹏飞和陈绍航对本文贡献相同

摘要：半导体器件在受到动态电压作用时，自加热引起的性能退化是高可靠性产品研发中的一个严峻问题。该研究利用 COMSOL 仿真软件，对多晶硅薄膜晶体管进行了电学和热学的多物理场仿真。通过在栅极和漏极同时施加脉冲信号，并调整不同的脉冲周期和占空比，观察温度的变化情况。结果显示，器件温度受施加的脉冲信号影响，而脉冲信号高低电平持续时间的改变也会影响器件的加热和散热所需的时间。这项研究为研究多晶硅薄膜晶体管在动态电压应力条件下的温度变化提供了一种新的方法。

关键词：多晶硅薄膜晶体管；COMSOL；多物理场仿真；动态自加热应力

硅基板的网格化地平面设计优化

杨巧，李康荣，王艳玲

西安微电子技术研究所

摘要：本文基于工艺要求，结合三维全波电磁仿真和网格化地平面等效结构建模，对硅基板中网格化地平面上微带线的特征阻抗和传输特性进行仿真分析。对比了两种不同网格地优化方法的设计思路，并对网格化地平面的传输线特征阻抗差异进行分析。提出了一种可准确快速给出传输线特征阻抗并进行网格化地平面设计优化的方法。

关键词：硅基板；网格化地平面；特征阻抗；回损

超高速侵彻硬目标引信多物理场仿真研究

梁斌辉, 张珂, 邵志豪

西安机电信息技术研究所

摘要: 针对超高速侵彻多层复杂目标时引信过载信号混叠粘连, 导致计层识别精度低的问题, 提出了对超高速侵彻硬目标工况进行多物理场研究, 分析超高速侵彻环境力-电-磁多物理场产生原理, 开展多物理场仿真, 研究多物理场响应特征, 分析动力学、电场和磁场信号特征对弹体侵彻目标行为的相关性和表征程度, 为超高速侵彻硬目标引信融合决策起爆方法提供技术支撑。

关键词: 超高速; 侵彻; 引信; 动力学响应; 电场; 磁场

基于瞬态结构仿真的多层陶瓷电容粘接加固工艺优化

陈炜东, 史海林, 张军, 马强, 弓明杰

西安微电子技术研究所

摘要: 多层陶瓷电容器具有耐高低温、耐冲击、高频稳定性好与精度高等优点是混合集成电路领域应用最广泛的电容器。为探究底部加固胶量和不同加固方式(底部与侧边)对电容在冷热循环过程可靠性影响。本文以钽银合金端头的 0603 尺寸多层陶瓷电容为对象, 通过仿真手段对比冷热循环过程中, 底部加固胶的宽度与厚度与电容之间热应力的关系, 并筛选出合适的底部加固胶宽度与厚度参数。此外, 对比研究了侧边与底部加固电容的热应力。对于电容加固方式及加固工艺参数选择具有重要的研究意义。

关键词: 混合集成电路; 粘接; 陶瓷电容; 仿真

微系统技术在无人装备领域应用及展望

龚静^{1,2}, 郭茜^{1,2}, 樊鹏辉^{1,2}, 冯笛恩^{1,2}

1. 中国航天科技集团有限公司第九研究院无人体系中心

2. 航天时代飞鸿技术有限公司

摘要: 无人装备作为现代空战的重要作战手段已得到世界各军事强国的认可, 并逐渐渗透到战争的各个环节, 颠覆传统空战规则。未来无人装备对单机微型化、智能化、模块化、低成本化有强烈需求, 微系统以其先进架构、高度集成和大规模低成本优势, 与未来无人装备发展需求高度契合。针对微系统发展应用现状进行综合评述, 并结合无人装备发展需求对未来发展方向进行展望。首先从射频微系统、信息处理微系统和导航微系统三个方面介绍微系统发展现状; 其次总结了微系统在导弹武器系统和无人机平台上的应用现状; 最后结合无人装备发展需求, 展望了微系统可重构、互连标准化、低成本化、单片多功能高可靠的发展趋势。

关键词: 微系统; 发展现状; 无人装备应用; 未来发展

我国薄膜体声波滤波器技术综述

赵睿 刘莹玉 杨宇军 李逵

西安微电子技术研究所

摘要: FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) 滤波器是一种关键的射频前端设备, 广泛应用于现代移动通信技术中, 特别是在支持 5G 通信服务的手机中。FBAR 滤波器以其小尺寸、高性能、低成本等特点, 成为市场主流。近年来, 研究机构和公司在 FBAR 滤波器的设计、材料选择、制备工艺以及外部匹配电路方面取得了显著进展。本文综述了 FBAR 滤波器原理及发展概况, 对发展趋势和方向进行了总结。

关键词: FBAR 滤波器; 压电效应; 谐振器; 射频前端

空间智能存储三维集成微系统设计

任祥毓, 张庆学, 张志祥, 李逵, 杨宇军

西安微电子技术研究所

摘要: 为了满足太空探索和卫星任务领域的国产化智能存储需求。本文通过对空间智能存储三维集成微系统工艺技术、热仿真技术、测试技术的研究, 实现了国产化空间智能存储三维集成微系统的高密度功能集成。智能存储模块以微系统技术为核心, 能够对小型化、轻质化、高密度化及高可靠性提供效率更高的应用空间。

关键词: 智能存储; 三维集成; 国产化; 微系统

混合集成电路用变压器磁芯加固工艺仿真技术研究

董悦, 张军, 曹宵, 陈炜东, 马强

西安微电子技术研究所

摘要: 变压器是 DC/DC 电源模块的关键元件之一, 磁芯又是变压器制作必不可少的原材料, 对产品的性能和可靠性起到决定性作用, 本文基于 ANSYS 仿真软件对实验计算得出的磁芯抗弯强度进行理论验证, 依据该抗弯强度作为判据对可行的磁芯加固工艺进行应力仿真, 并与加固前的磁芯应力分布进行对比, 进一步验证加固工艺的可靠性及可行性。

关键词: 变压器磁芯; 加固方式; 工艺优化; ANSYS 仿真。

基于有限元的某 SiP 振动模态仿真分析

张楠, 徐艺轩, 朱琳, 付月

天津津航计算技术研究所

摘要: 本文通过理论分析和有限元仿真两种方式, 对 SiP 进行了振动模态分析进行了分析。详细介绍了 3.5mmPCB 厚度时系统的谐振频率和振型的计算方法,

并依据相同方法,得到了一系列 PCB 厚度对应的谐振频率值。基于最小二乘法,计算得到了一阶谐振频率和 PCB 厚度的关系曲线。为相关设计提供了重要参考。

关键词: 有限元; SiP; 封装; 振动

大功率陶瓷基微系统外壳结构可靠性设计研究

杨振涛, 于斐, 陈江涛, 段强, 李航舟, 刘洋

中国电子科技集团公司第十三研究所

摘要: 近些年来,国内在微系统技术领域正通过自主创新,突飞猛进地发展,也使得电子信息系统架构的设计理念发生了深刻的变化,并开始从基础理论的研究阶段步入工程研制开发阶段,特别是大功率微系统领域取得了突破性进展。高温共烧陶瓷外壳具有机械强度较高、导热系数较高、材料成本较低、化学性能稳定、布线密度高等诸多优点,同时可以通过钎焊、镀覆等工艺完成不同材质不同结构的零件连接,并结合表面处理技术形成陶瓷基微系统外壳,因此在高可靠复杂微系统电路中具有广阔的应用前景。由于微系统的集成芯片多、密度大、外形尺寸大,因此大部分微系统采用陶瓷焊柱阵列 CCGA 封装,封装管壳和基板为一体化设计,大大节省了布局空间。陶瓷外壳作为微系统的载体,其结构可靠性对微系统的性能起至关重要的作用。目前国内陶瓷基微系统只是局限于尺寸比较小的模块,在大功率大尺寸复杂结构微系统领域的实现方面仍有很大进步空间。本文基于高密度多层共烧陶瓷技术体系,采用有限元分析软件,对大功率微系统外壳的结构可靠性进行了系统仿真研究,研发出多级零件匹配技术,解决了大尺寸微系统外壳不同零件之间热膨胀系数差异较大带来的热应力问题,研制出一系列高可靠微系统,形成了适用于微系统封装的高散热、大尺寸、高可靠外壳的结构设计规则,用于指导微系统封装的大尺寸、高可靠外壳的结构设计。采用该技术设计的微系统具有高可靠、高密度、高性能、高散热和设计周期短等优势。

关键词: 微系统; 多层共烧陶瓷; 热膨胀系数; 结构可靠性

基于 Darveaux 模型的 BGA 焊点寿命预测结果分析

何峥纬, 邵凤山, 李静

西安电子科技大学机电工程学院

摘要: 以微系统封装结构中 BGA 焊点为研究对象, 本文对热循环载荷下 Darveaux 模型对 BGA 焊点疲劳寿命预测结果的影响因素进行了探讨。结合有限元仿真分析, 分别讨论了裂纹扩展相关系数、粘塑性应变能密度增量和断裂特征长度对 Darveaux 模型寿命预测结果的影响, 揭示了目前焊点可靠性研究中, 对该寿命模型在使用时影响因素考虑不充分的现状。本文的研究结果, 为热循环载荷下使用 Darveaux 寿命模型预测微系统封装结构热疲劳寿命时所需考虑的关键因素提供了有益地参考。

关键词: Darveaux 模型; BGA 焊点; 热循环; 疲劳寿命预测

某硅基射频微系统的热管理技术研究

唐统帅, 刘亚威, 刘德喜, 史磊

北京遥测技术研究所

摘要: 射频微系统采用三维异构集成技术, 具有高集成度和高功率密度等特点, 目前热管理技术已成为制约其应用的关键瓶颈之一。本文以硅基射频微系统为研究对象, 首先对产品进行布局优化设计, 优化后比原方案的温升降低约 7°C 。接着对微小特征进行等效简化, 克服了结构多尺度带来的仿真难题。最后对有限元仿真和实测结果进行对比分析, 发现仿真误差在 5°C 以内, 验证了微小特征等效简化的有效性, 对射频微系统的热管理具有较强的借鉴意义和参考价值。

关键词: 射频微系统; 热管理; 布局优化; 微小特征等效

基于 COMSOL Multiphysics 对 SiC 芯片应用于功率模块的电-热-力多物理场仿真分析

韩久鹏¹, 李轩^{1,2}, 杨正羽², 吴一帆², 李凌峰², 邓小川^{1,2}, 张波^{1,2}

1. 电子科技大学(深圳)高等研究院

2. 电子科技大学集成电路科学与工程学院(示范性微电子学院)

摘要: 通过 COMSOL Multiphysics 软件建立了高压功率模块的电-热-力多物理场耦合有限元模型, 分析研究了 Si 基 IGBT 与 FRD 组成的 Si 模块、Si 基 IGBT 与 SiC 基 SBD 组成的混合模块以及 SiC 基 MOSFET 与 SBD 组成的 SiC 模块在模拟工况下的温度、应力及电场分布。结果表明各功率模块最高工作结温和最大应力均出现在芯片与键合线连接处, 键合线形变量最大, 对于 Si 模块分别为 122 °C、511 MN/m²、31.9 μm; 混合模块分别降至 101 °C、382 MN/m²、22.7 μm; 全 SiC 模块分别为 104 °C、479 MN/m²、19.5 μm。因此 SiC 芯片应用于功率模块中可以降低模块工作时的最高温度, 使模块内部应力整体降低, 进而降低功率模块在反复的温度、应力变化时组件的疲劳老化, 提升模块寿命。

关键词: COMSOL; 多物理场; 功率模块; 耦合仿真; SiC

基于准静态电磁仿真的 TSV 等效电路分析与建模

李康荣, 杨巧

西安微电子技术研究所

摘要: 针对三维封装中与传输线连接的复杂硅通孔(TSV)互连结构, 利用准静态电磁场仿真工具, 重点分析了 TSV 回路的等效电感、电容(LC)与 TSV 互连物理结构的映射关系, 归纳出决定 TSV 互连等效 LC 数值变化的结构变量。依据该分析, 提出了一种面向复杂 TSV 互连结构的高精度宽频域等效电路建模方法。此方法的实施基于线性去嵌入概念和准静态电磁场仿真工具的结合, 所得的等效电路模型可指导硅基封装设计人员分析 TSV 互连的阻抗连续性, 以最小的结构修改成本设计出满足信号完整性要求的最优 TSV 互连结构。

关键词: TSV; 等效电路; 建模; 电学参数; 信号完整性

主题 B：射频/光电/太赫兹/微系统建模仿真

原子尺度下晶体管栅介质层可靠性的建模仿真

董作院，武勇惠，吴幸*

华东师范大学

摘要：晶体管的栅介质层结构是晶体管的重要组成部分，也是晶体管中尺寸最薄的部分，其可靠性问题值得关注。精确的栅介质层可靠性建模对器件新工艺的开发以及芯片良率的提升具有重要意义。现有的晶体管栅介质层可靠性模型缺乏考虑真实的微观物理尺度的演化。本文阐述了采用具有原子尺度分辨率的透射电子显微技术，探索失效过程中真实的微观物理结构演化，开展晶体管栅介质层可靠性的 TCAD 建模仿真，明确其对电路级设计的影响因素。

从集成应用视角浅谈微系统集成与设计

刘峰

北京遥测技术研究所

摘要：微系统技术是电子信息系统信息化、集成化、智能化发展的核心基石技术与关键使能技术之一，近年来新材料、新结构、新器件、新工艺等持续涌现，为微系统的技术创新注入活力。本文从应用视角出发，探讨如何将微系统基础技术与系统需求有效结合，进一步打通微系统研制产业链，将相关微系统成果转化为“战斗力”，加快推进微系统技术的实用化进程。

半导体激光器高频表征技术

高建军

华东师范大学

摘要：目前应用于光纤通信设备中的光电集成电路研究和制造技术已成为此领域的关键技术。光电集成电路是指在不降低各种器件性能的情况下，集光子器件和电子器件于一体的单片集成电路，由于光电器件性能的互补，可以得到功能强的

光电集成电路。要想借助微波射频电路仿真软件实现光电集成电路设计，就必须建立起能充分反映光电子器件的性能并可用纯电学元件等效的光电子器件等效电路模型，象处理电信号一样处理光信号，具体来说即将光电集成电路中的光路部分用电路变量如受控源的形式来实现，得到一个光电一体化的可以被微波电路仿真软件所接受的宏模型。本次讲座主要介绍半导体激光器的建模表征技术和参数提取技术，包括小信号模型和大信号模型，以及寄生元件和速率方程模型参数提取方法。

DGTD 计算中细导线薄层金属狭缝的处理

魏兵

西安电子科技大学

摘要：时域不连续伽辽金（Discontinuous Galerkin Time Domain, DGTD）法采用非结构化进行空间离散，用伽辽金测试方法建立线性方程组，引入数值流在不同单元之间建立联系，然后沿着时间步推进获得全局解。由于很方便采用高阶多项式插值，DGTD 数值色散误差小；采用非结构化网格，能够对任意复杂形状模拟进行拟合而不会有太大的阶梯近似误差；同时，由于采用数值流，DGTD 可以对各个单元网格分别求解，方便实现并行化，并且不用像时域有限元法在每一时间步求解全局矩阵，从而节约了大量的计算和存储资源。

在电磁场数值计算中，细导线、薄层、金属狭缝等若采用精细网格剖分将会消耗大量的资源，计算效率低。本报告给出在 DGTD 计算中细导线、薄层、金属狭缝等的处理方案。数值结果表明，相比于传统的精确建模方案，本文方法能够在保证计算精度的前提下内存消耗明显降低、计算效率明显提高。

Si 基异质集成 GaN 微腔激光器制备及其光电器件研究进展

张逸韵

中国科学院半导体研究所

硅（Si）基光子学与大规模和大尺寸晶圆制备的工艺技术兼容，但 Si 作为间接带隙半导体材料并不能有效发光。氮化镓（GaN）基半导体材料能够实现从近红外到紫外的宽波段发光，可作为 Si 基光子学的光源，但实现 Si 基异质集成 GaN 微腔激光器仍面临巨大的挑战。本报告主要介绍 Si 基异质集成 GaN 激光器的结构设计和关键工艺、性能测试和结果分析，并重点介绍了异质集成的微盘、微环等新型微腔激光器的设计、制备和优化，并研制了异质集成的双波段微盘谐振腔激光器，揭示了其物理本质。另外，本报告还介绍了 Si 基异质集成的 GaN 基 LED 生物探针在光遗传学领域的应用。

可重构射频前端与微系统

刘马良

西安电子科技大学

摘要：随着电磁频谱作战对战场局势影响提升，传统射频系统因其带宽、功能限制无法适用于复杂多变的电磁频谱作战场景。针对武器装备及作战平台对小型化、全频谱、大宽带、多功能射频信号收发需求，可重构射频前端与微系统技术提供了一条从传统窄带、单功能射频系统到全频谱宽带多功能可重构射频微系统的重要技术途径。

射频微系统技术与先进相控阵天线

周浩

中国电子科技集团公司第十四研究所

摘要：微系统技术来源于在微观尺度实现高密度集成的概念，集合了先进器件、尖端工艺、智能算法和开放架构的优势，让系统能够以更小的体积、更低的成本、更低的能耗去承载更庞大、更复杂的功能。相控阵天线技术经过了从无源到有源、从模拟到数字、从自适应到智能化的发展历程，正与微系统等新兴技术互相融合，在系统引领下不断完成从芯片到复杂系统、从硬件到软件的完整集成，实现系统从单一功能向多功能的跨越。报告在分析微系统技术发展及应用的基础上，重点介绍了射频微系统技术应用于相控阵天线的典型案例—晶圆集成相控阵微系统的概念内涵、技术布局以及研究进展，以此说明射频微系统技术对于先进相控阵天线系统的巨大助益。报告还将从系统示范、开放硬件、高端芯片、集成工艺、仿真测试等方面分享对于微系统相控阵天线的发展思考，希望对该方向的探索研究和工程应用起到借鉴和推动作用。

TSV 硅基射频立体集成工艺技术

李宝霞，张辽辽，潘鹏辉，詹莉昕

西安微电子技术研究所

摘要：随着军用智能装备和民用电子系统功能和性能日益提升，射频集成向超宽带、多频段、多功能、小型化发展，以微小孔径高深宽比 TSV、高精细布线、微凸点晶圆级高精度键合等工艺为代表硅基三维立体集成技术，为射频模块的高密度、低成本、高均匀性、批量化集成提供了崭新平台。本报告主要介绍针对射频系统开发的几种特殊射频集成工艺，包括超厚 TSV 封帽盖板工艺、TSV 射频基板和封帽盖板晶圆级 AuSn 键合工艺、低损耗射频立体互连工艺、晶圆级 CuSn 气密键合工艺等，并分别以一组双功能层堆叠射频 TR 收发组件和一款射频无源滤波器产品为例，进一步介绍 TSV 硅基射频集成成套工艺技术。

基于 NAND 闪存高风险页面挖掘的固态硬盘纠错码 改进算法研究

刘茂梅¹, 朱荣臻³, 匡乃亮², 钟升¹, 罗远哉¹, 彭进业¹

1. 西北大学

2. 西安微电子技术研究所

3. 西安艾可萨有限责任公司

摘要: 纠错码 (ECC) 是基于 NAND 闪存的固态硬盘 (SSD) 中保护数据的重要算法。近来, SSD 技术发展使其表现出越来越差的可靠性, 这加重了 ECC 强度和 SSD 性能之间突出的矛盾。为了解决这个问题, 本文提出了一种具有成本感知的自适应 ECC 算法。该算法通过建模闪存的错误模式, 提出了一种消除高风险页面的闪存管理机制, 并设计了一种动态码字策略。模拟仿真实验验证了该算法的有效性能, 与基线相比, SSD 的读取延迟降低了 24.64%, 寿命延长了 65.09%。

关键词: NAND FLASH; SSD; 可靠性; ECC; 自适应

InP HEMT 器件的毫米波噪声模型研究

李织纯¹, 张傲^{2*}, 吕渊婷¹, 高建军¹

1. 华东师范大学

2. 南通大学

摘要: 本文提出了一种毫米波频段 InP HEMT 器件的噪声特性的建模方法。在 8GHz~50GHz 频率范围内对 InP HEMT 器件进行了微波噪声测量, 利用测量的 S 参数和噪声参数精确提取 HEMT 器件模型参数包括: 本征栅极电阻和漏极电导的噪声温度 (T_g 和 T_d)。仿真和测量的噪声参数: 最小噪声系数 F_{min}、等效噪声电阻 R_n 和最佳源反射系数 Γ_{opt} (幅度和相位) 在 8GHz~50GHz 频率范围内的吻合很好, 验证了该温度噪声模型的有效性。

关键词: 砷化磷高电子迁移率晶体管; 噪声等效电路模型; 温度模型

110GHz 铟磷高电子迁移率晶体管寄生电阻提取方法研究

段金圆¹, 张傲^{1*}, 高建军²

1. 南通大学

2. 华东师范大学

摘要: 本文对毫米波频段铟磷高电子迁移率晶体管 (HEMT) 线性模型进行了研究, 给出了在截止状态下 HEMT 器件小信号等效电路模型, 并对 HEMT 器件栅极、漏极和源极寄生电阻进行了精确提取。在 500MHz-110GHz 频率范围内, 利用 $15 \times 4 \mu\text{m}$ InP HEMT 器件进行了验证, 可以发现模拟和测试数据吻合很好, 验证了模型及电阻提取方法的准确性。

关键词: 铟磷高电子迁移率晶体管; 小信号等效电路模型; 寄生电阻

Ka 波段集成微系统封装结构的仿真与优化研究

余希猛, 杨振涛, 段强, 陈江涛, 刘林杰

中国电子科技集团公司

摘要: 本文介绍了一种三维异质堆叠可重构微系统封装模块, 借助仿真软件分别对结构的射频传输性能, 板级可靠性进行了分析研究。整体封装模块包括了采用低温共烧陶瓷技术制备的射频收发基板和采用高温共烧陶瓷技术制备的数字处理基板, 两基板采用铅锡焊球进行组装焊接。仿真结果表明, 在 DC~40GHz 频段内, 射频收发通道的回波损耗优于 15dB, 插入损耗优于 0.7dB, 可实现高频低损耗互连传输。板级温度循环仿真结果表明铅锡焊球可承受温度循环次数约为 380 次。

关键词: 微系统; 异质堆叠; 信号完整性; 可靠性分析

界面含氢硅空位衍生缺陷的演化研究

张甜甜¹, 姚佩¹, 左旭^{1,2,3*}, 邵斌^{1,4*}

1. 南开大学电子信息与光学工程学院, 超导与磁性材料微波实验室
2. 天津市光电子薄膜器件与技术重点实验室
3. 薄膜光电子技术教育部工程研究中心
4. 天津市光电传感器与传感网络技术重点实验室

摘要: 本文采用第一性原理计算 (DFT) 的方法对位于界面处的含氢硅空位结构的演变进行了分析。在界面处, 硅空位缺陷被氢原子钝化, 形成多种含氢缺陷。为了探究不同含氢空位缺陷之间的演化过程, 我们采用 CI-NEB 方法得到不同的含氢硅空位结构之间的反应结构和能量曲线, 同时探究了不同带电态下, 含氢硅空位缺陷的结构和反应势垒的变化。结果表明, 界面处的硅空位缺陷可以和氢原子作用产生多种含氢缺陷, 这些含氢缺陷之间存在着相互转化的可能。受界面应力的影响, 在演化过程中, 界面缺陷悬挂键数量会发生变化。缺陷的带电状态会影响缺陷之间转化的反应势垒。

关键词: 二氧化硅/硅界面; 空位缺陷; 电离辐射损伤; 位移辐射损伤

基于 SiP 工艺超宽带射频传输结构建模与仿真研究

李烁星, 田英, 易亮, 彭树德

四川航天电子设备研究所

摘要: SiP (系统级封装) 技术是突破摩尔定律极限的重要解决途径之一, 高温共烧陶瓷中传输线过渡结构传输性能是保证电路正常工作的基础。本文通过屏蔽过孔、匹配结构扫描变形、焊盘尺寸等方式进行匹配优化, 设计了可在 DC~40GHz 超宽频段范围内进行信号有效传输的常用传输线复杂过渡模型。DC~40GHz 超宽频段范围内, 回波损耗小于-15dB, 甚至-20dB 以下, 具有良好的传输性能, 验证了模型的正确性, 在 5G 通信、雷达、卫星通信等领域具有很高的应用价值。

关键词: 系统级封装; 高温共烧陶瓷; 传输线; 共面波导

一款具有高效率的宽带整流器

周增泰, 孙宇祥

深圳大学

摘要: 本文设计了一款应用于环境射频能量收集的宽频带高效率整流器。为了拓宽阻抗带宽和提高效率, 提出了一个新型的扇形枝节输入阻抗匹配网络。在整流电路和负载之间引入直通滤波器, 减少了电容和接地孔数量。经过理论分析和仿真设计, 输入功率为 4 dBm 和 6 dBm 时, 整流器的工作带宽(-10-dB 阻抗匹配且效率大于 50%) 分别为 32.0% (2.10~2.90 GHz) 和 45.8% (1.85~2.95 GHz)。

关键词: 能量收集; 高效率; 整流; 宽带

一种多频带轻巧型开关滤波器组设计

付中天, 祝大龙, 刘德喜, 赵丽妍

北京遥测技术研究所

摘要: 本文提出了一种新型的开关滤波器组设计方案, 目的是为了满足不同频段和微波领域中对于灵活、高效和低损耗的通信需求。基于交叠频带的设计思路, 该方案通过级联滤波器的方法, 实现了在多个预设频率带段之间的动态切换, 具有出色的带外抑制和低通带插入损耗的特性。此外, 该方案的可重构性使其能够方便地适应不同的通信环境和需求。仿真实验验证了该设计方案的有效性和性能, 结果显示, 通带插入损耗低于-2.3dB, 带外抑制达到 30dBc 以上。

关键词: 多频带; 级联; 可重构; 开关滤波器组

宽带射频微系统快速多场敏捷仿真设计

孙岩, 李阳阳, 郝继山, 熊建伟, 葛菊祥, 张晏铭

中国电子科技集团公司第二十九研究所

摘要: 射频微系统产品具有多功能集成、一体化综合、低功耗微小型化等特征, 内部功能单元特征尺寸进入微米量级, 结构应力、电磁兼容、热电效应之间相互影响敏感, 设计过程必须充分考虑多场耦合效应、工艺容差影响, 进行多专业紧密耦合的协同仿真设计和敏捷迭代。本文提出快速热电多场仿真与敏捷迭代设计方法, 利用模型降阶技术构建微系统射频集成工艺模型、快速热模型, 以及单元电路模型, 基于异构的模型建立宽带射频微系统数字样机, 实现热电耦合效应下多层次射频性能综合仿真, 实现了宽带射频微系统工艺与电路设计的高效协同。以某宽带变频 SiP 为对象完成仿真与实测验证, 结果表明, 该方法可以明显提升多专业协同设计效率与仿真精度。

关键字: 宽带射频微系统; 设计工艺协同; 神经网络建模; 热电耦合射频链路仿真

基于半监督学习的集成微系统信道信号完整性分析

毛昌盛, 王大伟, 刘其强, 赵文生

杭州电子科技大学

摘要: 本文提出了一种基于聚类的半监督学习方法来识别畸变的眼图, 以准确确定高带宽存储 (HBM) 硅中介层信道存在的信号完整性 (SI) 问题。首先, 基于有限元仿真建立了硅中介层的模型, 并通过时域仿真对其进行了信号完整性研究。在仿真过程中给信道施加了 4 种影响信道信号完整性的主要因素, 从而生成不同类型的畸变眼图。使用半监督学习方法对眼图进行研究, 结果表明, 所提出的方法可以有效识别眼图, 从而快速准确地确定 SI 问题。

关键词: 眼图; 信号完整性; 机器学习; 硅衬底

CMOS 图像传感器瞬时剂量率效应模拟方法研究

彭治钢, 李培†, 贺朝会, 李永宏

西安交通大学

摘要: 本文建立了 90nm 4T CMOS 图像传感器 (CIS) 器件与电路模型, 并通过 TCAD 和 SPICE 联合仿真研究了 CMOS 图像传感器及其读出电路的瞬态剂量率效应 (TDRE)。结果表明, TDRE 对 CIS 电荷转移过程有明显的影响。输出的幅度随着剂量率的增加先线性增加后趋于饱和。读出电路中模数转换器 (ADC) 具有高 TDRE 敏感性, 高剂量率下出现输出中断的线性。不同工作周期的 CIS 像素阵列, 其 TDRE 敏感性有所不同。为研究 CIS 的 TDRE 提供了一种仿真方法。

关键词: CMOS 图像传感器; 瞬时剂量率效应; 器件-电路级模拟; TCAD-SPICE 仿真

基于 AiP 技术的 W 波段多通道收发微系统仿真设计

郑大农, 祝大龙, 刘德喜, 李洪涛

北京遥测技术研究所

摘要: 基于 AiP 技术设计了一种高集成度的 W 频段多通道收发微系统, 其在实现武器装备小型化的过程中具有十分重要的意义。采用硅基多通道全集成的收发射频芯片、多层有机转接板封装工艺、寄生贴片天线单元阵列, 通过有机转接板内类同轴、微凸点类同轴等传输结构, 实现了高集成度的 W 频段八通道收发微系统, 最终三维结构尺寸为 16.4mm×12.4mm×2.1mm。测试结果表明, 微系统样品实现了 W 频段 4G 带宽内二维波束扫描功能, 扫描角达到了±48 度。微系统样品各性能指标符合设计预期, 验证了设计的正确性和可行性。

关键词: 射频微系统; W 波段; AiP 技术

GaN HEMT 器件内嵌式微通道冷却的仿真与散热分析

鲁迪琛, 叶雨欣, 余立航, 孔延梅, 焦斌斌

中国科学院微电子研究所

摘要: GaN HEMT 器件在通信、雷达、航天等领域使用广泛, 但是器件的高功率导致器件的散热问题严重, 器件性能在高温下急剧恶化。本文采用内嵌式微通道冷却技术研究了基于 GaN HEMT 器件的热管理问题。参照实际的器件尺寸利用有限元分析 (FEA) 进行了物理建模, 对远程冷却、间接液冷、内嵌式微通道冷却三种不同的冷却方式进行了仿真建模并分析了温度分布, 并针对 GaN HEMT 的局部热点的特征进行了凹凸流道的内嵌式冷却仿真。

关键词: 射频功率器件; 热仿真; 微通道冷却; 内嵌式冷却;

射频微系统中传输线模型仿真及工艺误差对传输线性能影响仿真分析

高嵩

西安微电子技术研究所研究生部

摘要: 传输线的研究正向着小型化、高性能的方向发展。射频微系统的特性对传输线提出了小型化、高隔离、高电性能以及高稳定性的要求, 传统的微波传输线需要进一步的改进发展以满足微系统的需求。本文对微波传输线的主要特点进行对比, 对其传输理论及模型进行了分析。选取了八种不同结构的传输线模型对其近/远端串扰进行了仿真分析。并对通过对采用不同覆铜厚度, 不同氧化层厚度及不同共面波导线长度对性能的影响来分析不同工艺误差下性能的变化。

关键词: 微波传输线; 高隔离; 小型化; 近/远端串扰

硅漂移探测器特性仿真研究

杨世凌¹, 闫岩², 张逸韵^{1,*}, 伊晓燕¹, 王军喜¹, 李晋闽¹

1. 中国科学院半导体研究所
2. 深圳大学

摘要: 本文分析了硅漂移探测器 (SDD) 的基本工作原理, 探究了光生载流子在探测器中漂移扩散并被阳极收集的过程。本文利用 Silvaco 仿真工具, 搭建了以入射窗口、收集阳极、漂移环和保护环为主要组成部分的同心圆形 SDD 器件结构, 并选择了合适的物理模型, 对器件的电势电场分布、电子浓度分布、电荷漂移路径和阳极漏电流等电学特性进行了仿真分析。

关键词: 硅漂移探测器 (SDD); Silvaco; 建模仿真

用于提升单边低场磁共振效率的超材料增强射频线圈

李冰白^{1,2}, 尤睿³, 刘化冰⁴, 赵晓光^{1,2*}

1. 清华大学精密仪器系
2. 清华大学精密测试技术及仪器全国重点实验室
3. 北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院
4. 北京青檬艾柯科技有限公司

摘要: 该研究针对单边低场核磁共振设备信噪比低的问题, 设计了一种用于单边磁共振检测的非线性超材料增强射频线圈, 并研究了一种数值计算与集总电路联合的电磁仿真方法。仿真结果表明该超材料的谐振频率和谐振特性可以自动地在磁共振设备射频发射阶段和接受阶段进行改变, 实现仅在射频接收阶段增强射频磁场。仿真和理论计算表明, 在感兴趣区域该超材料能够实现约 30 倍的磁场增强和约 5 倍的信噪比增强。

关键词: 超材料; 单边磁共振; 射频线圈; 电磁仿真; 信噪比

InGaN 基长波长 LED 器件的局域化发光机理研究

周小平¹, 李燕¹, 李志聪¹, 杨华¹, 闫岩², 张逸韵¹, 伊晓燕¹, 王军喜¹, 李晋
闽¹

1. 中国科学院半导体研究所

2. 深圳大学

摘要: 氮化镓 (GaN) 材料由于异质外延引入了大量位错, 但局域化的存在使其能实现高效率的发光。在铟镓氮 (InGaN) 发光器件中, 局域化效应会随着 In 组分的提升而增强, 但局域化对发光过程的影响目前还未被完全理解。本报告主要介绍了 EL 峰位能量倒“S”形和“V”形的温度依赖特性的起源, 并探究了极小电流注入条件下 InGaN 长波长 LED 的发光行为, 并对 In 局域化在发光中的作用做出了系统而细致的探究。

关键词: InGaN; 局域化; 变温 EL

面向 CMOS 一体化集成的硫化铅胶体量子点短波红外探测器

杨倩¹, 徐高¹, 袁宇¹, 江梦婷¹, 黄浩文¹, 闫岩², 徐建龙¹, 王穗东¹

1. 苏州大学功能纳米与软物质研究院

2. 深圳大学

摘要: 由于具有吸收光谱可调、高吸光系数、掺杂类型与浓度易调等优异的光电性质, 加之可以通过溶液加工直接集成到 CMOS 读出电路上, 硫化铅胶体量子点短波红外技术是未来低成本高性能大规模短波红外成像阵列的重要发展趋势之一。目前已报道的硫化铅胶体量子点光电二极管存在反向偏压暗电流较高、外量子效率较低、像素结构尚不成熟、物理机制仍待挖掘等难题。本报告将介绍我们近期在该领域的研究工作, 主要包括: 等效电路模型及提参方法、反向偏压暗电流物理模型及抑制、微纳结构辅助光吸收增强光电响应、单片集成像素结构与实现等。

关键词: 短波红外探测器; 硫化铅胶体量子点; 反向偏压暗电流; 外量子效率; 缺陷态; 微纳结构; 单片集成

面向毫米波雷达微系统的低剖面宽带磁电偶极子封装天线的仿真与测试分析

柯智淇¹, 杨楠¹, 陆凯¹, 梁国华^{1,2,3}, 梁建长⁴, 王强⁴, 潘攀⁵, 宋彦⁵

1. 中山大学

2. 香港城市大学电机工程学系和太赫兹及毫米波国家重点实验室

3. 香港城市大学深圳研究院信息与通信科技中心

4. 京信通信技术(广州)有限公司

5. 珠海正和微芯科技有限公司

摘要: 本文基于三层高密度互连(HDI)工艺,设计了一款面向毫米波雷达微系统应用的低剖面宽带磁电偶极子封装天线。基于贴片堆叠与多基模谐振来实现宽带化,并设计新型馈电巴伦结构进一步展宽带宽。本文设计并加工测试了一款带宽超过20%的60GHz毫米波雷达单元与MIMO雷达。通过对毫米波测试系统的建模和联合仿真,指出测试系统中探针台的探针对S参数影响较小,而对方向图影响较大,包括预测方向图的抖动和特定方向的凹陷等。

关键词: 封装天线; 高密度互连(HDI); 毫米波; 低剖面; 磁电偶极子

Ka波段基于Parylene C和TSV的硅基低损耗小型化射频互连集成

张博涵¹, 汪琪^{2,3}, 温博³, 王玮^{3,4,5*}

1 中国农业大学

2 北京大学深圳研究生院

3 北京大学集成电路学院

4 微纳加工技术国家重点实验室

5 北京集成电路高精尖创新中心

摘要: 随着无线通信向更高频段发展,射频系统朝向小尺寸、高集成度的方向发展。本文设计并仿真了共面波导(Coplanar Waveguide, CPW)和基片集成波导(Substrate-Integrated Waveguide, SIW)结构用于射频信号的互连传输。CPW传

输线在 30-40 GHz 频段内的插入损耗小于 0.33 dB/mm，仿真验证通过减小线宽可以提高互连密度，但会增加传输损耗。SIW 在 30-40 GHz 频段内的插入损耗小于 0.125 dB/mm，可以作为高通滤波器集成到射频系统中。本文设计的两种结构实现了射频系统互连的平面化和小型化。

关键词：射频；共面波导；基片集成波导；插入损耗

光电微系统用组合盖板结构强度研究与优化

李航舟, 杨振涛, 陈江涛, 刘林杰, 张恒, 刘旭, 郭志伟

中国电子科技集团公司第十三研究所

摘要：激光探测器封装具有高可靠性和高真空度要求。采用平行缝焊封口，具有较高的强度且封口时热冲击对器件内部的芯片等元器件的影响较小。蓝宝石光窗是常用的透光用盖板，采用金锡焊接方式与金属盖板进行焊接，该组合盖板气密性满足 $\leq 1 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 要求，且温度循环试验中可靠性高。研究蓝宝石光窗与金属框的焊接工艺，满足盖板封接位置平面度 $\leq 100 \mu\text{m}$ 。研究金属框与蓝宝石组合结构在机械可靠性试验过程中满足高可靠和气密性要求。

关键词：蓝宝石光窗金属组合盖板；夹具；恒定加速度；气密性

基于高温共烧陶瓷的数据处理微系统外壳设计

段强, 杨振涛, 刘林杰

中国电子科技集团公司第十三研究所

摘要：随着电子器件小型化、集成化、多功能化的发展，基于高温共烧陶瓷 (HTCC) 的微系统外壳以其良好的可加工性、高集成度、高可靠性等优点而备受关注。以一款通用型数据处理微系统陶瓷外壳为研究对象，详细阐述了微系统外壳的布局布线、仿真及验证等内容，对基于高温共烧陶瓷的数据处理微系统外壳的设计、仿真及验证具有指导性作用。

关键词：高温共烧陶瓷；高可靠；微系统外壳

一种 20GHz 0.65mm 节距 CQFP 陶瓷外壳

刘洋, 余希猛, 杨振涛, 刘林杰

中国电子科技集团公司第十三研究所

摘要: 本文提出了一种应用频率达到 20GHz 的 0.65mm 节距 CQFP 陶瓷外壳, 外壳高频信号采用了共面波导-垂直过孔-共面波导-引线的传输结构。通过板级联合仿真, 对高频信号传输路径重点是成型引线附近阻抗不连续的结构进行了分析, 改进了传输和引线结构, 提高了信号的传输带宽, 将外壳应用频率提升至 20GHz。实测结果表明, 该结构在 DC-20GHz 插入损耗小于 1dB, 回波损耗大于 15dB。该外壳通过了机械和环境可靠性试验, 可广泛应用于高频和高可靠封装领域。

关键词: 高频; CQFP; 0.65mm 节距; 陶瓷外壳

端面反射腔增强型 SOI 波导耦合 Ge 探测器仿真

罗涛^{1,2}, 陈飞良^{1,2*}, 李沫^{1,2*}, 张健^{1,2}

1. 电子科技大学电子科学与工程学院

2. 电子科技大学先进毫米波技术集成攻关研究院

摘要: 高速光电探测器是光通信与微波、毫米波光子领域的核心器件。高速、高响应度和大输出功率是光电探测器发展不断追求的目标。本文提出一种基于端面反射腔增强型 SOI 波导耦合的 Ge 探测器, 具有尺寸小、效率高、吸收均匀的特性, 与传统 SOI 波导结构的 Ge 探测器相比, 通过设计端面反射腔增强型波导, 借助 Lumerical FDTD 仿真优化, 在维持 Ge 层高吸收率的同时, 使有源区尺寸缩小了一半, 结电容下降了一半, 同时吸收层内的光场分布均匀性得到改善, 可有效提高探测器的饱和光电流。

关键词: SOI 基波导; 反射腔增强; Ge 探测器; Lumerical FDTD

面向单机集成的射频/数字/光混合信号微系统仿真 与设计

阎郁, 于勇, 刘峰, 王国军

北京遥测技术研究所

摘要: 针对电子装备多功能、高集成的要求, 微系统从核心器件集成逐渐向全器件单机级集成发展, 并将直接进行系统级应用。为满足数字子阵单机性能提升及小型化需求, 研制射频/数字/光混合信号微系统, 实现从射频到光的单机完整功能, 具备 8 通道 9GHz 信号采集、8 通道 3GHz 信号发生、大规模可编程、200Gbps 光电转换等功能, 采用 FanOut 和光电集成工艺实现共封装光学。本文论述其射频信号、高速数字信号、光信号及散热设计仿真优化, 满足单机应用电/热要求。

关键词: 扇外型封装 (FanOut); 共封装光学 (CPO); 单机级微系统

一种滤波天线去耦的一般性方法

赵宇, 吴林晟, 毛军发

上海交通大学

摘要: 本文介绍了滤波天线去耦的一般方法。通过在不同滤波天线的谐振器和源之间引入适当的交叉耦合, 可以大大提高工作在同一频段的滤波天线的隔离度。为了说明这种方法的有效性, 我们开发并验证了滤波去耦网络的等效耦合矩阵模型。结果表明, 在保持良好阻抗匹配的同时, 相互耦合显著降低, 隔离度 15 dB 提高到 22 dB。

关键词: 滤波天线; 耦合矩阵; 天线去耦

碳纳米管网络薄膜对背栅场效应晶体管电学性能影响的仿真研究

汤苏涵^{1,2}, 张宇^{1,2}, 陈飞良^{1,2}, 王川^{1,2}, 李沫^{1,2,*}, 张健^{1,2,*}

¹电子科技大学电子科学与工程学院

²电子科技大学先进毫米波技术集成攻关研究院

摘要:单壁碳纳米管薄膜具有优异的电学性质, 由其构成的网络薄膜作为场效应器件的沟道材料具有很大的发展潜力。对于碳纳米管网络薄膜场效应器件, 碳纳米管管长、在源漏极间区域内的无序度、管密度等物理参数对器件的电学有着极其重要的影响。本文利用 NanoNet 工具研究了碳纳米管网络薄膜的物理参数对背栅场效应晶体管电学特性的影响, 模拟了碳纳米管薄膜场效应晶体管中的电传输, 并分析其中存在的物理效应, 为碳纳米管薄膜性能的优化提供了指导方向。

关键词: 单壁碳纳米管网络薄膜; 背栅场效应晶体管; 沟道; 电学特性

基于光导真空二极管阵列的电子发射与传输仿真

林广新, 舒国响*, 林举健, 李琪, 何文龙

深圳大学

摘要:真空二极管因其能够实现大电流发射和对电子发射的快速调制, 在航空航天电子系统中具有重要应用。本文研究了一种应用于光电发射的真空二极管阵列。利用 CST 仿真软件对光电导真空二极管阵列的电子发射与传输特性展开了研究, 仿真结果表明: 当偏置电压超过 20 V 时, 由 64 个二极管单元组成的 8×8 阵列可以传输电流为 0.009 A (电流密度大于 1121 A/cm^2) 的电子束, 流通率为 99.99%。研究表明: 通过增加二极管单元个数可以有效提高电子流通率及电子注总电流, 从而有助于产生大功率太赫兹信号。

关键词: 光电导; 真空二极管阵列; 太赫兹波段;

基于三维电磁仿真的射频信号引脚键合设计

张珂, 刘莹玉, 李康荣, 贺鹏超

西安微电子技术研究所

摘要: 本文针对复杂引脚扇出形式的混合信号电路模块在板级组装时, 正面射频信号的键合互连性能较差的问题, 构建了三维电磁场物理仿真模型进行性能分析, 并基于关键传输结构的等效电路对其互连性能进行优化设计。仿真结果表明, 填充导电胶、金丝分叉、匹配枝节等方法的配合使用, 能有效改善金丝键合的互连性能。在 20~40GHz 频率范围内, 优化后电路的回波损耗比优化前减小了 5.5~9.8dB, 同时插入损耗也减小了 0.66~2.86dB。

关键词: 金丝键合; 回波损耗; 阻抗匹配; TDR

基于有效介质理论低旁瓣小尺寸的硅基光波导相控阵芯片研究

周骥, 周政, 吕琛, 孙珊珊, 祝天瑞, 冯长磊*

北京微电子技术研究所微系统室

摘要: 光学相控阵通过相位调制实现发射光的偏转, 具有高速率、低功耗等优势, 在激光通信、激光雷达等领域具有极大应用场景。本文基于有效介质理论设计具有不同亚波长结构的波导, 分析了波导间距、数目、长度对于光学相控阵性能的影响。仿真结果表明亚波长结构对旁瓣效应的抑制显著。8 端口光学相控阵尺寸为 $9.25 \times 90 \mu\text{m}^2$, 1450~1650nm 波长范围内平均主瓣功率比为 -0.69dB、扫描范围大于 20° 。16 端口光学相控阵, 其主瓣宽在 $2.5^\circ \sim 4^\circ$ 之间, 远场光斑一维扫描角度大于 15° 。

关键词: 光学相控阵; 有效介质理论; 亚波长结构; 旁瓣抑制

基于高阻硅工艺的 260GHz 片上微凸栅格天线

项文宣¹, 陈梓浩^{1,2}

1. 哈尔滨工业大学
2. 鹏城实验室

摘要: 本文提出了一种基于高阻硅工艺的 260GHz 片上微凸栅格天线, 为太赫兹片上系统集成提供了一种新的天线设计思路; 高阻硅衬底具有更小的损耗, 配合设计片上栅格天线可获取较高增益。利用了慢波结构来缩小天线尺寸, 提高阻抗匹配。整体采用了片上差分馈电的形式, 具有低剖面特性, 易于加工集成。微凸结构的引入进一步提高了天线增益, 且匹配性能良好。最终实现单个微凸栅格天线的峰值增益 8.58dB, -10dB 阻抗带宽 13.75GHz。

关键词: 片上差分馈电; 片上栅格天线; 微凸天线; 高阻硅工艺

基于全波电磁仿真算法的多通道微波变频组件设计

刘莹玉, 边明明, 李康荣, 贺鹏超

西安微电子技术研究所

摘要: 本文采用全波电磁算法对基于多层陶瓷基板集成的多通道微波变频组件进行了仿真设计。该组件的工作频率范围最高可至 40GHz, 包含 5 路变频通道, 分别隔离在 5 个金属屏蔽腔内。利用有限元仿真软件对组件的单通道插入损耗、回波损耗, 双通道隔离度和隔离腔的谐振特性进行仿真分析; 并基于探针台对单通道的射频传输性能进行测试, 测试曲线与仿真结果在 40GHz 内吻合良好。

关键词: 多通道; 陶瓷基板; 有限元; 传输性能

一种射频异构互连结构的快速优化设计方法

汪曾达, 苏国东, 孙登宝, 徐子涵, 刘军

杭州电子科技大学 集成电路科学与工程学院

摘要: 射频异构互连结构是实现具有低成本、小尺寸以及高可靠性特点的射频集成微系统的关键。传统的针对互连结构的三维电磁仿真优化方法耗时长、效率低。因此, 基于可缩放/复用的基础互连结构单元原理模型库(铜柱、微带线、共面波导、微凸点、球栅阵列焊球、金丝键合线等), 本文提出一种射频异构互连结构的快速优化设计方法, 可根据系统需求和设计指标建立复杂互连结构体, 基于物理公式得到集总参数模型, 从而优化电磁仿真结果并加速寻优设计进程。该方法适用于射频集成微系统的互连结构设计及仿真。

关键词: 射频集成微系统; 互连结构; 快速; 优化

面向多功能应用集成的综合射频微系统仿真与优化设计

张金箭, 刘峰, 王璇, 朱国良

北京遥测技术研究所

摘要: 面向无人机等飞行器电子系统在综合射频小型化集成的迫切需求, 设计了一款多功能综合射频微系统, 可实现多通道射频收发、多应用基带处理以及综合管控调度功能一体化集成; 针对空间紧耦合下多通道射频和高速数字信号集成难点, 本文重点对射频和高速数字接口的信号完整性/隔离度、射频芯片散热等问题开展仿真优化, 并针对数据链等重点应用, 通过半实物仿真验证了基于微系统的跳频跳速, 结果表明封装设计满足相关应用需求。

关键词: 综合射频微系统; IPD 集成仿真; 射频/数字隔离仿真; 跳频跳速; 半实物仿真

220GHz 带状注行波管放大器的集成设计与协同仿真

谢新纶, 舒国响*, 潘华兴, 李琪, 马少辰, 唐佳伟, 何文龙

深圳大学

摘要: 带状注行波管放大器具有高功率、宽频带的优点, 被视为是一种极具竞争力的太赫兹功率放大器, 在高数据率通信、高精度雷达等领域具有广阔的潜在应用前景。目前带状注行波管的仿真设计主要集中于各个关键零部件的单独设计以及理想情况下的注波相互作用放大特性分析, 整管的集成设计与协同仿真鲜有报道。本文基于 CST 仿真软件的多个求解器, 对 220GHz 带状注行波管进行了集成设计和协同仿真。仿真结果表明: 在 30kV 电压驱动下, 该管能够产生 0.1A 的带状电子注, 在 210-230GHz 频带范围内, 整管的输出功率大于 96W, 增益接近 30dB。

关键词: 太赫兹波段; 带状注行波管; 集成设计; 协同仿真

平面型 GaN 纳米空气沟道晶体管性能优化仿真

杨竣翔^{1,2}, 黄瑞涵^{1,2}, 魏亚洲^{1,2}, 陈飞良^{1,2}, 李沫^{1,2*}, 张健^{1,2}

1. 电子科技大学电子科学与工程学院

2. 电子科技大学先进毫米波技术集成攻关研究院

摘要: 平面型 GaN 纳米空气沟道二极管有着低开启电压、高稳定性等理论优势。为了进一步提高其电学性能, 本文在考虑工艺可行性的基础上, 仿真研究了平面型 GaN 纳米空气沟道晶体管结构参数对器件电学性能的影响。研究发现, 尖端发射极与平面收集极的组合结构可获得较大的电流。在此基础上, 设计了背栅型纳米空气沟道三极管, 通过栅极增强发射极电场, 进一步地增强了工作电流。

基于 VO₂ 横向开环结构的 UWB 可切换太赫兹超材料 吸收器的设计及仿真

李静^{1,2,3,4} , 吴倩楠^{2,3,4,6} , 李孟委^{1,2,3,4,5} , 马斌溢^{1,2,3,4} , 于健^{1,2,3,4} , 张卯赞^{1,2,3,4}
贾以琳^{2,3,4,6}

1. 中北大学仪器与电子学院
2. 中北大学仪器与智能省级未来技术学院
3. 中北大学前沿交叉科学研究院
4. 中北大学微系统集成研究中心
5. 中北大学动态测量技术重点实验室
6. 中北大学半导体与物理学院

摘要: 本文提出了一种基于二氧化钒 (VO₂) 的可切换太赫兹 (THz) 超材料吸收器, 它不仅可以在太赫兹范围内实现超宽带 (UWB) 的完美吸收, 而且可以通过调节 VO₂ 的电导率来调节吸收率。当 VO₂ 电导率为 2×10^5 S/m 时, 所设计的 UWB 吸收器在 2.62~10 THz 频率范围内吸收率达到 90% 以上。同时, 当 VO₂ 电导率从 2×10^5 S/m 变化到 20 S/m 时, 吸收器的峰值吸收强度也可以在 100% ~ 0.8% 的范围内动态调节。此外, 所设计的吸收器还具有偏振不敏感和广角吸收的优点, 对于入射角小于 40° 的 TE 偏振和入射角小于 60° 的 TM 偏振, 吸收率均保持在 90% 以上。所设计的超宽带吸收器具有结构简单、调谐范围宽、吸收性能好等优点, 在太赫兹滤波、隐身、传感、光电开关等领域具有潜在的应用价值。

关键词: 太赫兹, 超材料吸收器, 超宽带 (UWB), 二氧化钒 (VO₂)

一种基于忆阻器的毫米波滤波开关

陈旺, 许宗睿, 张芷溢, 吴林晟, 毛军发

上海交通大学

摘要: 本文提出了一种基于忆阻器的硅基毫米波滤波开关集成设计方案。该结构由四个阶梯阻抗微带谐振器和一个忆阻器构成。电路处于开状态时信号不会通过开关, 有效地提升了电路的插入损耗性能。采用抽头形式馈电的结构不仅利于实现大的相对带宽, 还能在通带附近产生传输零点, 提升了带外选择性。通过一个中心频率为 27.7GHz、相对带宽为 30%的仿真实例验证了电路的有效性。

关键词: 滤波器; 开关; 功能集成; 滤波开关; 忆阻器; 毫米波

Si 基纳米空气沟道光电二极管仿真与制备研究

李晓旭^{1,2}, 王佳超^{1,2}, 马培胜^{1,2}, 陈飞良^{1,2*}, 李沫^{1,2*}, 张健^{1,2}

1. 电子科技大学电子科学与工程学院

2. 电子科技大学先进毫米波技术集成攻关研究院

摘要: 纳米空气沟道光电二极管因电子在空气沟道中弹道输运, 理论上具有高频率和高效率, 是产生太赫兹波的核心器件之一, 需要具备低工作电压、高响应度和高光电流等特性。以往的研究主要是截面发射的纳米空气沟道器件, 存在电子收集效率不高的问题。本文提出了 Si 基面内发射的纳米空气沟道光电二极管, 仿真研究了电子面内发射粒子轨迹, 发现其相比截面发射具备更好的收集效率。基于仿真模型进一步研制了纳米空气沟道光电二极管, 经测试该器件有良好的光电响应特性, 光电流相比以往报道的截面发射器件有显著提升, 响应度最高可以达到 2.58A/W。

关键词: 纳米空气沟道光电二极管; 截面发射; 面内发射; 响应度

主题 C: MEMS/NEMS 微系统建模仿真

微半球陀螺热成型工艺仿真方法研究

周斌, 张益楠

清华大学

摘要: 微半球谐振陀螺作为一种精度高、结构简单的惯性传感器, 可用于角速率或者姿态角的测量, 在深空探测和卫星测姿等高端领域中有着广泛的应用。本研究围绕微半球谐振子的全约束模具热成型工艺进行了详细的仿真研究。运用计算流体动力学 (Computational Fluid Dynamics, 简称 CFD) 分析揭示了成型过程中涉及的由复杂非线性偏微分方程控制的流体动力和热传导现象。在有限元分析软件 ANSYS 中, 我们对影响热成型工艺的主要参数进行模拟, 如温度、气压差、模具温度和冷却时间。结果表明, 这些参数主要影响成型过程的速度, 但对最终的成型形状没有明显影响。通过对仿真参数的优化, 成功制造了高对称性的微半球谐振子, 其圆度误差达到了亚微米级别。最终, X 射线显微镜测试证实了仿真模型的准确性。

三维微系统芯片间高速传输关键技术研究

缪旻, 李振松, 秦军, 孙剑, 李月琴

北京信息科技大学

摘要: 在后摩尔定律时代, 芯片与微系统集成技术的协同演进成为提升电子信息硬件集成度、功能度、性能并保障其可持续演进的重要途径。芯片间高速传输通路在很大程度上决定了微系统级多芯片组件以及组件间数据交换性能, 乃至组件和电路板集成系统计算与传输性能。作为传输载体, 高密度集成的电、光互连网络的相关机理、设计、分析与测试验证相关关键技术已成为微纳系统集成领域的研究热点之一。

本报告将展示三维微系统组件内部及组件间经由背板的芯片间电、光高速传输关键技术相关研发工作, 包括电互连信号-电源完整性与电磁干扰协同分析、硅光芯片设计与实现、光传输/计算处理核心器件、光计算网络等。

基于拓扑绝缘超材料边界态效应的新型惯性传感器

赵剑, 郑显泽

大连理工大学

摘要:面向车载复杂工况下惯性测量的应用需求,考虑环境载荷与制造约束影响,提出了基于拓扑陀螺超材料边界态效应的极高精度车载加速度传感器设计方法,将车辆传感与结构功能一体化设计,实现了高灵敏度、高可靠性和强抗扰动能力的多功能集成,有效解决了现有传感器与车辆结构功能干涉严重且复杂场景适应性差的难题,为全新车载感知系统的设计提供了新思路。

热释电红外探测器优化设计及应用探讨

明安杰, 赵永敏, 次广腾, 张聪纯

中国有研科技集团有限公司

摘要:非分光红外(NDIR)气体传感器由于高可靠性、高选择性等优点在医疗、工业、分析仪器等领域具有愈加广阔的应用场景,热释电红外探测器是关键元器件之一。目前,国内医疗仪器、工业分析仪器等用热释电红外探测器大部分仍旧依赖进口。报告从热释电红外传感器优化设计、热释电材料及功能增强材料性能提升角度介绍了团队在研发、产品化方面的工作进展。分享所开发的高性能热释电红外探测器在汽车动力电池安全预警监测、医疗监护仪器及工业排放监测装备等方面的应用进展。最后,探讨分享面向气敏分析的高集成度微纳芯片研究进展及智能化发展趋势。

高性能 MEMS 超声换能器仿真建模方法研究

李支康

西安交通大学

摘要：MEMS 超声换能器因具有体积小、功耗低、声阻抗匹配性好、易于与 ICs 集成等优点而广泛应用于超声医学成像、工业无损检测等重要工程领域。仿真与理论建模是明确 MEMS 超声换能器机电声多场耦合机理、实现其设计与优化的重要途径，可有效缩短器件迭代周期，推进其发展与应用。课题组针对电容式（CMUT）和压电式（PMUT）两类 MEMS 超声换能器开展了大量的理论建模方法研究，建立了不同薄膜形状、静电力、残余应用等多种条件下的机电耦合力学模型、等效电路模型以及主要性能参数解析式，形成了 CMUTs 和 PMUTs 设计理论，相关成果在 Compos. Struct., J Phys. D Appl. Phys., IEEE T-UFFC 等权威期刊发表 SCI 论文 12 篇，撰写 Springer 邀请英文专著一章 "Modeling of Electrostatically Actuated Microplates"。报告将对 CMUT 和 PMUT 机电声多场耦合力学行为及等效电路参数的有限元仿真以及理论建模方法进行详细介绍，并重点分享课题组在两类 MEMS 超声换能器领域形成的系列理论成果。

MEMS 传感器贴片工艺建模与性能优化设计

郑静

湖南大学

摘要：贴片作为 MEMS 传感器装配制造关键步骤之一，对产品性能具有重要影响，是产品工程化的必要步骤。通常情况下胶粘剂需经历高温烘烤方可固化成型，且在服役过程中其力学性能呈现出较强的非线性。为此，构建了胶粘剂热固化成型及服役过程模型，实现 MEMS 传感器高精度模拟。以典型 MEMS 传感器为具体对象，考虑产品实际生产工艺过程，基于高精度数字化模型提出了多种易工程化应用的优化方案，有效提升了产品的性能精度和可靠性。

面向智能弹药的 MEMS 惯性集成微系统关键技术研究 与未来展望

鞠莉娜, 蒋鹏, 梁光顺, 徐彤, 王子, 陈远金

中国兵器工业第二一四研究所

摘要: 新军事作战需求与新兴技术共同驱动弹药技术发展, 旨在形成新质战力以提升作战效能。智能弹药和利用制导信息技术提高弹药作战能力是发展重点, 模块化、通用化、智能化及制导低成本化改造是当前弹药发展的重要趋势。MEMS 惯性集成微系统因具备轻质化、多功能集成和高可靠性等优点, 是目前支撑智能弹药实现高效费比精确打击的有效方案之一。本文面向智能弹药对 MEMS 惯性集成微系统的需求, 重点开展 MEMS 惯性集成微系统协同设计、制造、测试与可靠性验证等关键技术研究, 并对未来技术发展进行展望。

关键词: 智能弹药; MEMS; 惯性集成微系统; 关键技术

基于 SVR 的 MEMS 陀螺仪温度漂移误差补偿

李欣, 王彤, 路海全, 张珂燃, 罗远哉*, 钟升*

西安微电子技术研究所

摘要: 由于 MEMS 自身的微机械结构容易受温度的影响, 为了尽可能使测量结果准确, 必须进行温漂矫正。分析实验真实数据时, 对比相同温度、不同温度变化下对应的 MEMS 的零偏输出不同, 推测 MEMS 零偏输出与温度斜率有关。本文提出用包含温度变化率信息的输入单元代替输入单值, 用 SVR 方法拟合并预测静态零偏输出与温度的变化曲线。实验结果表明, 较未考虑温度变化率时, 测试集拟合 MSE 降低了数十倍。

关键词: MEMS; 陀螺仪; 温度漂移补偿; SVR

高 Q 值薄膜体声波谐振器设计

李政¹, 于君英¹, 张仕强², 陈士涛^{1*}

1. 安徽大学电子信息工程学院

2. 中国电子科技集团公司第十三研究所

摘要: 为了提高薄膜体声波谐振器 (FBAR) 的品质因数 (Q 值), 本文采用一种三维的有限元方法 (FEM) 直接设计一种高 Q 值 FBAR 结构。首先, 建立三维 FEM 仿真平腔结构 FBAR, 确定材料参数。然后, 在平腔结构 FBAR 的上电极添加凸起边界, 并优化其宽度和厚度, 进而提高 Q 值。最后, 在凸起边界的周围仅留下两条支撑柱作物理固定, 从而再次提高谐振器的 Q 值。结果表明最终设计的支撑结构与最初的平腔结构相比, 并联谐振频率 (F_p) 处品质因数 (Q_p) 提高了 433。

关键词: 体声波谐振器; 边框结构; 支撑结构; 品质因数

CMOS-MEMS 集成量热式流量传感系统芯片设计及温漂补偿

洪林泽, 黄丽锋, 许威

深圳大学

摘要: 本文提出了一种基于 CMOS-MEMS 单片集成的量热式流量传感系统, 并于 EDA 平台上实现传感系统芯片的多场耦合仿真。通过结合系统级模型及线性规划模型, 优化 ASIC 中温补电阻设计, 进而实现流量传感系统温漂从 $\pm 8.9\%$ 减少至 $\pm 1.6\%$ 。

关键词: 流量传感 SoC; 多场耦合仿真; 温补

基于 LSTM 的 MEMS 陀螺仪阵列误差标定补偿方法

董涛, 柴波, 王彤

西安微电子技术研究所

摘要: 针对惯性测量单元 (IMU) 中的陀螺仪随机误差较大的问题, 提出一种基于长短时记忆 (LSTM) 神经网络算法的 IMU 陀螺仪阵列误差标定补偿方法。实验选取 16 个惯性测量单元组成 MEMS 三轴陀螺仪阵列, 基于嵌入式底层开发实现数据实时采集, 在高精度两轴转台上进行静态和动态实验。实验表明, 相比于多个 IMU 陀螺仪数据平均, 使用 LSTM 算法对 IMU 陀螺仪阵列进行误差补偿能使零偏不稳定性和角度随机游走整体降低 50% 以上, 角速度随机游走整体降低 35% 以上。

关键词: MEMS 三轴陀螺仪阵列; 长短时记忆神经网络; 误差标定补偿; 数据融合

基于数据融合的 MEMS 加速度计车辆平稳度监测微系统研究

白渊杰, 路海全

西安微电子技术研究所

摘要: 针对车辆平稳度监测微系统的精度、功耗和实时性能之间的矛盾, 根据蠕变缓慢变形和突发加速变形的平稳度环境工程特点, 本文提出了一种基于数据融合的 MEMS 加速度计实时监测微系统。不仅可实现车辆平稳度变化的周期性监测, 对车辆倾斜角度进行趋势监测, 而且还可以实现车辆平稳度变化的突发性监测, 对车辆进行实时预警, 结果表明微系统在 $\pm 25^\circ$ 范围内的计算精度为 $\pm 0.03^\circ$, 监测功耗电流约为 0.008 mA, 在触发阈值响应时间小于 0.5s。

关键词: 车辆平稳度; MEMS 加速度计; 微系统; 实时监测; 数据融合

基于模态边缘位移对比法的多环谐振式 MEMS 陀螺 模态识别方案

邓宇廷, 鲁文飞, 崔甜飞, 鲁泊尚, 谢建兵

西北工业大学空天微纳系统教育部重点实验室

摘要: 本文提出了一种适用于 COMSOL link MATLAB 环境的模态识别方案。该方案基于工作模态下的陀螺振型和边缘特征,旨在通过对外边缘的差值角度轴线下位移乘积进行对比,以实现特定工作模态的模态识别。这一方法在大规模结构优化算法中具有重要应用,能够快速、准确地从大量样本中提取有限元仿真模态并进行简要分析。相较于以往的识别方法,本文提出的方法具备更高的数据提取效率,减少了数据提取量,可更有效地获得所需模态信息,同时也降低了资源占用,无需额外构建数据提取端口,从而提升了识别效率。

关键词: 多环谐振式 MEMS 陀螺仪; 有限元分析; 模态识别

基于多项式混沌展开与遗传算法的 MEMS 器件设计优化方法

赵临风, 周再发*, 刘恭增, 黄庆安

东南大学 MEMS 教育部重点实验室

摘要: 本文提出了一种基于多项式混沌展开与遗传算法的 MEMS 器件设计优化方法,结合多项式代理模型与多目标遗传优化算法,可实现 MEMS 结构设计参数的高效优化。将该方法应用于一种 MEMS 在线测试结构的设计优化,代理模型构建效率提升了 3.6 倍,多目标优化结果较优化前有显著的性能提升。

关键词: MEMS 设计优化; 多项式混沌展开; 遗传算法

基于液态金属微流控技术的可重构极化转换电磁超表面

高世博, 李博文, 邵亚楠, 邓永停, 邓永波

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

摘要: 电磁波的极化操纵在成像、无线通信和微波传感等工程应用中起着关键作用。本文提出了一种基于液态金属微流控技术的可重构电磁超表面, 由两种微通道结构交替排布组成。通过控制不同微通道中液态金属的注入状态可实现多种工作状态之间切换, 包括交叉线极化转换 (12.93~19.26 GHz/9.03~11.03 GHz), 线极化到左 (右) 旋圆极化转换 (14.58~19.89 GHz/14.23~19.72 GHz) 和反射状态。最后对超表面器件进行了样件加工制造与测试, 实测结果与仿真结果具有良好的—致性。

关键词: 液态金属; 电磁超表面; 微流控; 极化转换

基于 PIC/MCC 方法的等离子体仿真研究

包苏新, 刘冀洋, 周再发, 黄庆安

东南大学 MEMS 教育部重点实验室

摘要: 本文介绍了等离子体腔室仿真模型建立及软件开发的相关内容。文中采用 PIC/MCC (质点网格-蒙特卡洛) 方法, 用具有一定权重参数的宏粒子代替实际带电粒子, 通过追踪大量宏粒子的运动以及宏粒子之间的相互作用, 获得宏观系统中的相关等离子体参数属性。仿真输出的粒子流量、能量和角度分布等参数可为后续加工工艺仿真提供输入参数。

关键词: 等离子体仿真; PIC; MCC

基于向量拟合的神经转移模型实现对FBAR良率的高效预测

温博¹, 游汝康², 周元诚², 汪琪¹, 王玮^{1,3,4*}

1. 北京大学集成电路学院
2. 中国科学院数学与系统科学研究院计算数学研究所
3. 先进微纳制造技术国家重点实验室
4. 北京集成电路先进创新中心

摘要: 本文报道了一种使用基于向量拟合(VF)的神经传递函数(neuro-TF)模型快速精确估计薄膜体声波谐振器(FBAR)良率的新方法。该模型对FBAR的电磁响应提供了快速准确的预测。它可以预测FBAR的电磁响应比有限元分析(FEA)快2400倍,精度高达98%。因此,与蒙特卡罗(MC)方法相比,它可以潜在地将良率预测所需的总计算时间减少约58.3%。此外,该方法允许对FBAR制造过程中最关键的步骤进行定量分析,有助于加快FBAR大规模生产的设计和良率迭代周期。

关键词: 薄膜体声波谐振器(FBAR); 良率; 神经传递函数(neuro-TF); 向量拟合(VF)

智能化三轴MEMS陀螺设计及仿真

魏雯强, 曹慧亮, 田慧敏, 崔让, 蔡麒, 周锐

中北大学仪器科学与动态测试教育部重点实验室

摘要: 针对单片三轴陀螺轴间耦合大的问题,提出了轮环三轴MEMS谐振陀螺,对其结构形式进行了描述,用ANSYS有限元仿真软件进行有限元建模并进行了模态及谐响应仿真分析,仿真结果显示其驱动模态与检测模态的频差最大为180.3Hz,各个模态的幅频特性曲线仅有唯一峰值,表明结构设计合理,随后介绍了加工工艺流程和制备完成的陀螺结构,最后提出了一种多闭环控制系统,该系统中包含自校准模块,本文为智能三轴陀螺的发展奠定了一定的基础。

关键词: 微电子机械系统(MEMS); 三轴陀螺; 有限元分析; 多闭环控制系统

微系统芯片硅转接板互连结构应力仿真分析

徐艺轩, 张楠, 朱琳, 付月

天津津航计算技术研究所

摘要: 由于国内的 TSV 工艺处于起步阶段, 其结构参数对可靠性的影响也处于未知阶段, 对于微系统芯片结构应力分析的研究较少。本文针对外界载荷对芯片力学性能影响较大的问题, 以结构能够安全工作为目标, 采用有限元技术中的静力学分析模块, 对外界静态载荷对结构性能的影响进行分析, 为结构的优化设计从结构力学分析方面提供理论支撑。对于后续提高微系统芯片的设计可靠性, 具有重要的借鉴意义。

关键词: 微系统芯片; TSV; 应力仿真

基于 COMSOL 的 MEMS 电磁执行器多物理场建模与分析

周胜茹¹, 赵晓光²

1. 北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院

2. 清华大学精密仪器系

摘要: 基于 MEMS 电磁执行器因其体积小、功耗低、精度高而受到广泛关注。这些执行机构的精确仿真对其有效设计和优化至关重要。在本研究中, 利用 COMSOL 有限元分析软件设计了 MEMS 电磁执行器的综合仿真框架。有限元模型考虑了磁场分布和器件参数优化等关键参数。通过对执行器电磁特性的分析, 展示了向线圈施加不同电流执行器位移变化情况。这种多功能执行器可以有效地作为开关或者自动化和机器人技术等应用。

关键词: MEMS; 电磁执行器; COMSOL 仿真

面向硅基厚金属微加工工艺的应力监测结构研究

张庆强¹, 赵晓光²

1. 北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院
2. 清华大学精密仪器系

摘要: 在本文中, 我们提出了一种微测试结构来测量 MEMS 中铜薄膜的残余应力。这种测试结构可以通过表面牺牲层技术制成。它可以放大薄膜中的残余应变。一旦残余应变被释放, 测试结构就会产生足够大的畸变, 显微镜可以清楚地观察到畸变。通过这种方式, 可以精确地测量铜薄膜上结构的膨胀(或收缩)和应力的。根据仿真结果表明, 该测试结构的性能达到了设计要求。

关键词: MEMS; 微机械测试结构; 残余应力; Comsol

面向生化传感应用的太赫兹金属槽天线超材料 MEMS 仿真研究

韩宇柯, 吴昊, 梁密生, 卞晓蒙*, 尤睿*

北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院

摘要: 开发高效、快速的 MEMS 传感器件是提早诊断和疾病监测的关键, 本研究提出了一种面向生化传感的太赫兹金属槽天线超材料 MEMS 器件设计, 并使用有限元分析方法对其进行仿真。由于无介质材料参与组成, 系统的能量损耗较低, 使其具有一个较高 Q 值的共振峰, 十分贴合传感应用需求。此外, 通过对单元对称性进行破坏, 我们还提出了一种具有法诺共振的超材料, 其传感性能相较原超材料有明显提升, 这为之后的超材料设计提供了新的思路。

关键词: 太赫兹; 超材料; 生化传感; 法诺共振

入射偏振与角度不敏感的 MEMS 光学传感器仿真研究

邢文强^{1,2}, 梁密生², 卞晓蒙^{2,*}

¹ 长春理工大学光电工程学院

² 北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院

摘要: 本文报道了一种适用于葡萄糖检测的高灵敏度、高品质因子的入射偏振和角度不敏感 MEMS 光学传感器。MEMS 光学传感器是基于超表面实现的。超表面的每个单元由四个不同方向的金开口环和金十字组成。在不同模式激励下, 他们均产生了沿极化方向 45° 的环偶极子共振模式。拟议的超表面灵敏度是 240.70 GHz/RIU, 品质因子约为 35。这种超表面的共振峰与葡萄糖的特征峰相近, 有望成为葡萄糖检测和糖类鉴别的重要器件。同时, 也可以检测其他物质。

关键词: 葡萄糖检测; 太赫兹技术; 超表面; 入射偏振不敏感; 入射角度不敏感

无线晶圆测温微系统的传热仿真研究

高丹¹, 赵嘉昊²

1. 北京信息科技大学

2. 清华大学精密仪器系

摘要: 温度是半导体加工过程中的一个重要工艺变量, 控制和监测温度可以提高半导体产品的成品率和良品。例如, 在等离子刻蚀, 晶圆表面温度不仅影响了晶圆刻蚀的速率, 而且还影响了最终加工的图形和结构的形貌特征, 因此, 有必要实时测量加工过程中的晶圆温度变化。半导体加工仪器的反应腔室在加工过程处于真空封闭状态, 将有线晶圆测温产品和现有半导体加工设备结合需要改变现有的加工设备, 造价昂贵且工程复杂, 因此, 本文使用无线晶圆测温微系统 (Wafer Temperature Measurement Microsystem, WTM2) 进行原位测温。为了实时采集晶圆温度数据, 其 WTM2 的电路系统应该包括: 温度传感电路、电源保护电路、通信电路、储存数据电路以及主控电路。然而, 在等离子刻蚀过程中, 晶圆温度达到了 125°C 以上, 除温度传感电路以外, 其他电路均大于了正常工作的极限温度并且不能工作, 甚至可能导致供电的电源发生爆炸事故。为保证 WTM2 在等

离子刻蚀过程的原位测量中正常工作，文中 WTM2 的内部填充隔热材料，从而减少离子刻蚀释放的热量向电路的传输。目前，国内对 WTM2 内部传热的仿真实验较少。本文利用 COMSOL Multiphysics 对 WTM2 的内部温度进行有限元仿真。首先对 WTM2 等离子刻蚀过程中的外部温度进行分析，再对内部填充材料的热阻进行分析计算，根据分析结果，设置传热仿真的边界条件，外部温度数据为清华大学微纳加工中心的 ICP 刻蚀机作为实验腔室进行刻蚀时的外部温度数据，内部热阻数值为实验测量数据，最后进行有限元传热仿真；同时对不同温度以及有无冷却条件的瞬态传热进行有限元仿真。从仿真结果可知，WTM2 内部温度场主要由等离子刻蚀的外部温度场控制，改变冷却条件时内部温度场变化较大；在外部条件不变的情况下，内部热阻对内部温度的影响较大。本文的仿真实验说明所设计的 WTM2 能在 110°C 以下工作 10min，并且为后续的 WTM2 改进提供了预测依据，具有重要的理论意义与实际价值。

关键词：无线晶圆测温系统；原位测量；等离子刻蚀；热阻；边界条件

基于两次 SOG 阳极键合过程中吸合问题的仿真研究

杜言¹，阮勇^{2,*}，杨雯淇³，宋志强¹

1. 淄博高新技术产业开发区 MEMS 研究院

2. 清华大学 精密仪器系

3. 北京信息科技大学 仪器科学与光电工程学院

摘要：为了提高微电子机械系统器件的成品率和集成度，介绍了一种解决两次 SOG 阳极键合工艺过程中吸合问题的解决方法。结合理论分析和有限元法设计金属屏蔽层以避免键合过程中静电力过大问题。结果表明，金属屏蔽层可以有效降低结合过程中的电压从而实现降低静电力效果避免吸合问题。研究可为两次 SOG 阳极键合工艺提供指导。

关键词：微电子机械系统；圆片级封装；金属屏蔽层

惯性微系统 3D 集成多物理场仿真与优化

王楷^{1,2}, 杜向斌¹, 孔延梅¹, 叶雨欣¹, 刘瑞文¹, 焦斌斌¹

1. 中国科学院微电子研究所

2. 湖北大学

摘要: 惯性微系统以其精度高、体积小、不易受外界环境干扰等优点, 在军事和民用领域都有广阔的发展前景。由于高性能、高密度和多功能的需求, 惯性微系统正在逐步向小型化、智能化、集成化, 同时也伴随着热量堆积、系统局部温度过高等问题。这也对封装集成技术有了更高的要求。本文通过参照实际的器件尺寸, 利用有限元分析 (FEA) 对惯性微系统进行了物理建模, 通过垂直堆叠和水平平铺两种不同的集成方式进行了仿真并分析了温度和热应力分布, 并针对垂直堆叠进行了盖帽封装优化设计的仿真。

关键词: 惯性微系统; 3D 集成; 有限元分析

基于 Simufact Welding 的传感器膜片焊接模拟分析与工艺优化研究

吕 竞, 李文博, 孟骁然, 尹玉刚

北京遥测技术研究所

摘要: 膜片焊接残余应力特性对压力传感器的长期稳定性、灵敏度、线性度等性能参数优化具有重要意义。本文基于 Simufact Welding 焊接仿真软件, 以膜片-基座环焊模型为例, 分析了不同焊后热处理条件对焊后残余应力分布的影响。结果表明: 焊后 520°C 热处理将有效提升膜片表面残余应力分布均匀性, 有效降低激光点焊引起的残余应力畸变。本文为传感器膜片焊接工艺优化设计提供依据, 有效提升压力传感器长期稳定性、灵敏度、线性度等性能。

关键词: 焊接; 有限元分析; 传感器

导航级石英振梁加速度计动态模型及振动特性研究

杨贵玉, 杨挺, 焦海龙, 韩东祥, 张凡

北京遥测技术研究所

摘要: 高精度加速度计在振动环境下的响应特性对于其在惯性导航系统中的应用影响很大, 尤其是振动整流误差。对导航级石英振梁加速度计建立动态力学模型, 通过压膜阻尼仿真分析, 表明压膜阻尼是影响振动整流特性的主要因素。通过控制封装气氛, 调整敏感质量与上下保护层间的阻尼间隙可以提高振动特性, 降低整流误差, 改善振梁加速度计的振动环境适应性。

关键词: 振梁加速度计; 振动整流误差; 压膜阻尼

MEMS 压电超声换能器机电特性和声场仿真研究

刘敏, 牛言旭, 董思彦, 朱应敏, 王卫东*

西安电子科技大学

摘要: 压电超声换能器作为常见的声电转换器件, 其谐振频率、机电耦合系数、品质因子和发射声压等性能参数对器件性能具有重大影响。本文设计了谐振频率为 1.05 MHz 的 MEMS 压电超声换能器, 基于循环神经网络和粒子群优化算法对换能器结构参数和阵列间距进行了优化, 并对换能器的机电特性和声场特性进行了仿真。结果显示, 当压电超声换能器的顶电极直径和压电薄膜厚度分别为 247 μm 和 2 μm 时, 其机电耦合系数为 6.32%, 品质因子可以达到 30, 超声换能器在空气中的发射声压级可以达到 187 dB。

关键词: 压电超声换能器; 谐振频率; 机电特性; 品质因子; 声场

基于 SOI 的光纤法珀压力传感器的力学仿真研究

牛言旭, 刘敏, 李思新, 朱应敏, 王卫东*

西安电子科技大学

摘要: 光纤压力传感器具有抗干扰能力强、动态测试范围宽、高分辨率、体积小易于多路复用或分路感应等优点, 因而在航空、航天、电子等领域中都得到了广泛使用。本文通过在光纤压力传感器的敏感结构上蚀刻不同的微结构图案, 提高了光纤压力传感器的压力灵敏度, 并通过仿真分析验证了光纤传感器的灵敏度可达 $50 \mu\text{m}/\text{MPa}$ 。

关键词: 光纤; 灵敏度; 微结构; 机械

基于太赫兹超表面的皮肤疾病传感器的设计与仿真

杨洲¹, 张帆^{1,2}, 卞晓蒙^{1,2}, 尤睿^{1,2}

1. 北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院

2. 生物医学检测技术及仪器北京实验室

摘要: 本文提出了一种四极对称金属裂环谐振器 (SRRs) 超表面结构。它具有两个共振频率和偏振不敏感性, 对薄膜类分析物具有最高可达 $203\text{GHz}/\text{RIU}$ 的灵敏度, 可以用作检测皮肤病的生物传感器。本文将介绍使用基于 CST Studio Suite 仿真软件的超表面传感器设计过程和传感机制分析, 并讨论使用超表面传感器鉴别正常皮肤与癌变皮肤组织的结果。结果表明, 所提出的超表面结构可以通过较高共振频率的偏移直观地区分组织, 有望实现作为高精度医学辅助诊断的检测设备。

关键词: 太赫兹超表面; 薄膜传感; 生物传感器; 皮肤组织

过载扰动下叠层压电驱动器的工作特性分析

阎彬¹, 高峰², 周黎阳¹, 王挥¹, 李宁¹, 雷雨¹, 冯晓颖², 刘永青¹

1. 西安微电子技术研究所

2. 西北工业大学

摘要: 考察微型弹药武器中压电驱动器的适用性, 研究其在气流过载扰动下的工作特性, 利用多层壳单元建立了压电陶瓷驱动器的仿真模型, 为了简化计算量, 提高效率, 依照线性度给出了分步叠加的叠层驱动器位移评估方式。首先与驱动器稳态测试结果比较验证了仿真方法的正确性, 再考虑飞行状态时气动载荷和加电共同作用情况, 给出了不同过载下压电驱动器的电压-位移关系, 用于驱动器的性能评估。

关键词: 过载扰动; 多层壳单元; 仿真模型; 线性度; 叠层驱动器

GNC 微系统模组冲击防护工艺仿真分析

雷雨, 阎彬, 周黎阳, 庞立建

西安微电子技术研究所

摘要: GNC 微系统广泛应用于制导弹药以及无人机等领域, 其搭载使用环境通常会面临外界高冲击过载(如发射时的长时高量级冲击)。高量级冲击会导致微系统模组发生内部焊点断裂、电路板翘曲等失效现象, 故冲击防护在该类微系统模组设计中尤为重要。本文以某型 GNC 微系统模组为研究对象, 针对冲击防护工艺中的关键问题, 如灌封加固、针孔互连等, 利用有限元仿真进行工艺可行性预估。面向不同工况, 综合静态、动态分析方法, 并利用显式与隐式相结合的求解手段, 对灌封、针孔互连等工艺下微系统模组关键部位冲击响应进行分析, 对分析结果进行评估, 为冲击防护方案设计可行性提供技术支撑。

关键词: GNC 微系统; 针孔配合; 冲击响应; 数值仿真

基于超窄金属条带的小型化高透明度微波吸波器

赵雨桐, 吴边

西安电子科技大学天线与微波技术重点实验室

摘要: 提出了一种宽带吸波的小型化透明吸波器(MA)。一种八凹槽环结构和正六边形网栅结构应用于吸波器的设计。吸波器单元的大小为 $2.5 \times 2.5 \text{mm}^2$, 对应于中心频率的波长为 $0.116\lambda \times 0.116\lambda$ 。在 8~20GHz 频率范围内, 吸波器的吸波效果达到 90%以上, 并且具有极化角不敏感的特性, 对 $0^\circ \sim 30^\circ$ 斜入射的 TE 波和 TM 波的吸收率均在 90%以上。在整个可见光频段内, 吸波器的光学透明度大于 70%。仿真结果和实验结果都证明了所提出的吸波器具有良好的性能, 可以在天线设计、滤波器结构、电磁场和电磁兼容性等方面得到广泛的应用。

关键词: 吸波器; 小型化; 透明; 双极化

光纤陀螺光纤环温度模型构建与仿真分析

姚中洋, 华延奇, 姜潮*

湖南大学

摘要: 光纤环作为光纤陀螺中最核心的结构, 对时变温度环境引入的应力极其敏感, 但目前缺乏对光纤环温度模型的深入研究, 应力形成与演变机理未知。针对这一问题, 本文建立了考虑温度效应的胶粘剂粘弹性本构模型, 开展了胶粘剂非线性模型关键参数测试; 结合有限元软件二次开发技术构建了光纤环温度模型并进行了仿真分析; 为突出本文所建立的热粘弹性力学模型的作用与意义, 开展了将胶粘剂等效为弹性模型的光纤环温度建模, 两者分析结果表明: 开展光纤环温度建模时, 须考虑胶粘剂非线性力学特性。以上研究为构建光纤环高精度温度模型提供了一种新思路, 为产品优化设计和性能提升提供一定的指导, 具有较强的工程应用价值。

关键词: 光纤陀螺; 光纤环; 粘弹性本构模型; 温度模型; 仿真分析

基于深度强化学习的微装配方法

王晨霖

西北大学

摘要: 随着 MEMS 结构的多样化与复杂化, 传统的手工微装配精度及效率难以满足微装配需求, 智能微装配系统由于其高复用性及高效性逐渐成为未来微装配的发展方向。本文提出了一种基于深度强化学习的智能微装配机器人系统控制方法, 并将角度变化增量和相对距离引入到深度强化学习的奖励机制中。本文在 Pyglet 仿真环境下的实验结果表明, 本文方法能够实现对六自由度机械臂装配系统的高精度控制并明显提高其工作效率。

关键词: 深度强化学习; 微装配系统; 奖励机制

Modeling and simulation of Alnitride pyroelectric detector based on metamaterial absorber

Congchun Zhang^{1,2,3}, Yongmin Zhao^{1,2}, Yulu Han^{1,2,3}, Guangteng Ci^{1,2,3},
Lumeng Yin^{1,2,3}, Xiaoguang Zhao⁵, Anjie Ming^{1,2*}, Feng Wei^{1,4}, Changhui Mao^{1,4}

¹ GRINM Group Co., Ltd.

² GRIMAT Engineering Institute Co., Ltd.

³ General Research Institute for Nonferrous Metals

⁴ GRINM (Guangdong) Institute for Advanced Materials and Technology

⁵ Tsinghua University

Abstract. *Highly integrated pyroelectric detectors are widely used in infrared spectrometers and gas detection. Aluminum nitride (AlN) is known for its excellent compatibility with CMOS processes and is often used to create high-performance piezoelectric and optoelectronic devices. This study presents a pyroelectric detector with an AlN thin film as the sensitive component, integrated with a metamaterial absorber. To achieve specific narrowband absorption, a three-layer metamaterial absorber structure was designed and simulated. The designed narrowband absorbing structure has a perfect absorption of nearly one with a mass factor of 17.75. This*

study confirms the potential of AlN thin films in mid-infrared pyroelectric sensors and demonstrates narrowband absorption through metamaterial structures, paving the way for the development of mid-infrared gas detection sensors.

Keywords: *LC circuit model; pyroelectric detector; metamaterial absorber*

主题 D: Chiplet /SOC/IC 建模仿真与 EDA

高功率密度射频微系统仿真与设计

徐跃杭

电子科技大学

摘要: 射频微系统相比传统微波集成电路具有更优的体积、功耗、可靠性和成本,正朝着多功能一体化集成方向发展。随着射频微系统在一体化电子领域的应用,亟需提高其输出功率密度实现更多高功率应用场景的功能融合。本报告围绕高功率密度射频微系统设计和可靠性评估,针对现有商用 EDA 工具仿真效率瓶颈,介绍一种基于多场耦合等效电路模型的“晶体管—芯片—模组”跨层级仿真方法,为高功率密度射频微系统快速设计提供一种解决方案。

射频异构集成微系统智能化设计关键技术

刘军

杭州电子科技大学

摘要: 与传统电子系统以晶体管为中心的设计方法不同,异构集成微系统的设计理念需要转变为以系统为中心。设计制造的难度和复杂度,设计参数的维度,以及时间成本急剧增加,作为降本增效的重要手段,智能化设计平台和设计技术开发,成为学术和工业界关注的热点。

本文重点对射频异构集成微系统设计流程中、智能技术可介入的点设计环节,以及可采用的设计方法进行讨论,并结合实际案例进行展示;并就整机系统自顶向下的智能化设计实现,在设计平台、设计流程,以及多层级设计资源的模型化表征、数据交互技术等方面面临的挑战进行分析。

融合人工神经网络的电磁建模与优化 EDA 技术

冯枫

天津大学

摘要: 射频微波系统是无线与卫星通信的必备系统, 人工智能技术的兴起与融入, 大幅缩短了射频微波系统建模与设计周期, 对加速射频系统产业发展起到了至关重要的作用。本报告主要介绍融合人工神经网络的电磁建模与优化 EDA 技术, 通过研究有效的融合人工神经网络的创新方法, 通过训练学习电磁场仿真数据, 建立可以代替电磁场仿真的高效数学模型, 从而大幅加速射频系统设计。

射频集成电路系统的多物理场建模仿真

唐旻

上海交通大学

摘要: 随着集成电路不断向高性能/多功能、高集成度快速发展, 电路结构和工艺复杂度明显增加, 电磁、温度、应力等多物理耦合效应愈加显著, 对其进行准确高效的仿真分析与设计面临极大挑战, 存在诸多科学技术问题亟需解决。本报告主要针对射频电路与集成系统的多物理场建模方法、高效仿真技术、以及多物理场 EDA 软件开发等方面进行阐述, 具体内容包括射频无源器件的多物理协同分析、高功率半导体器件的多物理效应研究、复杂封装系统的多物理场仿真技术等, 最后简要介绍团队自主开发的 ETS 多物理场仿真软件。

异质集成电路多物理场计算与应用

陈文超

浙江大学

摘要：异质集成电路技术是超越摩尔路径的重要技术路径之一。异质集成电路集成度高，易诱发电磁、载流子输运、热输运、应力等多物理场耦合效应，严重影响器件性能和可靠性。报告将讨论异质集成电路中不同尺度下的载流子输运、热输运过程和应力耦合过程及建模仿真方法。针对异质集成电路中的物理过程多尺度特征，从微观-宏观一体化仿真的角度，探讨异质集成电路中的微观和宏观多物理效应的一体化建模仿真方法；讨论多物理效应下的器件/电路性能分析方法。

高电压微电源中磁性元件的建模分析与仿真验证

钱钦松，丁松，聂春燕，孙伟锋

东南大学

摘要：通过高频软开关、芯片集成和半导体封装技术，将传统百伏级输入的高压电源体积缩小十倍以上，实现电源的小型化乃至微型化，已成为无人装备、小卫星、电子对抗等许多对电源体积和重量敏感领域中的迫切需求。磁性元件已成为限制该类电源进一步小型化的主要因素，其具体技术挑战包括：如何构建磁件的 MHz 高频寄生参数模型、如何实现系统效率最优化的磁件设计、如何解决大电流条件下绕组的并联均流等。报告针对这些问题，构建了 MHz 高频磁性元件的损耗、寄生参数等模型，开展了电-磁协同仿真验证，提出了绕组不等宽等设计方法，并基于所设计的变压器实现了功率密度超 1000W/in³ 的高压电源模块，为该类电源的小型化、乃至微型化提供了磁元件设计技术支撑。

后摩尔时代 Chiplet 设计验证 EDA 关键技术

陈全

南方科技大学

摘要：由于高制程芯片的性价比不再提升，摩尔定律放缓，进入“后摩尔时代”。以 Chiplet 为代表的先进封装是后摩尔时代集成电路发展的主要方向。但对于 Chiplet 的设计和验证方面，传统 EDA 工具面临众多挑战，迫切需要开发新一代 EDA 工具。本讲座将首先简要回顾后摩尔时代 Chiplet 技术面临的挑战，然后介绍一系列 Chiplet EDA 技术和工具方面的新进展，包括面向多 die Chiplet 的自动布局布线技术，高速信号/电源完整性验证技术，多物理仿真以及硅基光电耦合仿真技术，最后展望未来 EDA 技术发展趋势。

异构集成微系统协同设计关键技术及平台建设

匡乃亮

西安微电子技术研究所

摘要：在性能与成本兼顾的强烈需求下，基于先进封装的异构集成系统成为后摩尔时代最具前景的新兴技术领域。异构集成微系统跨学科、跨专业、跨领域交叉融合的显著特点，迫切需要设计方法的原始创新，驱动设计性能与工艺可靠性的密切交互及双向提升。本报告，在基于模型的系统工程论与 RFLP 流程框架下，探索系统-工艺协同、设计-工艺协同、芯片-封装-系统协同、多物理域协同等技术，并借助数字化、平台化的数据驱动和管理构建设计-仿真-工艺协同数字化平台，实现微系统的快速高效、高精度、高性能设计研发的落地，以提升微系统设计效率和可靠性，支撑微系统的产业化发展。

存内计算技术综述

钟逸铭, 刘曦, 梁欣欣

西安微电子技术研究所

摘要: 冯·诺依曼结构最大的瓶颈, 是处理器和存储器之间大量传输数据会导致发热和性能损耗问题. 针对传统冯·诺依曼架构的局限性, 研究人员提出存内计算的方向, 将运算单元集成在存储器中, 使数据能够即存即算, 彻底突破冯·诺依曼瓶颈. 本文从存储介质介绍了国内外近期关于存算一体的研究, 并且介绍了相关的架构和性能. 最后对各种不同介质的存算一体芯片在航天方面的应用可能性, 并且分析了存内计算芯片未来的发展方向。

关键词: 冯·诺依曼架构; 星载计算机; 存内计算

AI 加速芯片数据共享算法

黄文君¹, 张珂燃², 罗远哉^{1*}, 钟升¹

1 西北大学

2 西安微电子研究所

摘要: 晶圆级处理器被设计用于训练和推理深度神经网络, 拥有上万个计算核心, 这些计算核心 2D 网格结构化分布. 不同于传统的体系结构, 晶圆级 AI 加速芯片架构具有类似网络架构的特征. 计算核心产生的数据需要通过核心内的网络路由器, 高效快速地传输到指定的计算区域中. 本文提出了一个利用直接映射 CAM 实现可靠的数据共享方法, 通过识别数据包的识别码进行快速搜索, 判断数据包是否需要继续传播, 实现数据包快速共享。

关键词: 数据共享; CAM; AI 加速芯片

三维系统级封装可靠性薄弱环节分析研究

朱琳, 张楠, 徐艺轩, 付月

天津津航计算技术研究所

摘要: 针对目前国内对于三维系统级封装产品可靠性的研究尚存在失效机理不清、可靠性设计评价和考核困难等问题, 本文结合应用环境, 系统研究三维集成关键封装结构的薄弱环节, 探寻三维系统级封装产品的失效模式和机理, 建立面向应用的三维集成系统级封装的仿真分析方法, 从而为提出三维系统集成封装失效预防与控制相关措施, 为新型三维系统级封装产品的可靠性设计、高品质制造及应用验证提供理论与实际指导。

关键词: 仿真分析; SiP; 可靠性

面向芯粒封装热仿真的高效 LB-ADI 方法

李杰, 唐旻, 毛军发

上海交通大学

摘要: 本文提出了一种高效的拉盖尔域交替方向隐式 (LB-ADI) 方法, 用于芯粒封装集成的瞬态热仿真。为了解决传统拉盖尔域方法中矩阵求解面临的超线性复杂度问题, 创新地提出了交替方向隐式步进方案, 每阶运算只需要求解三个三对角矩阵。因此, 本文方法具有线性复杂度, 显著地降低了仿真资源消耗, 非常适合复杂芯粒封装结构的高效仿真。数值案例验证了该方法的精度和效率。

关键词: 芯粒封装; 交替方向隐式; 拉盖尔基函数; 瞬态热仿真

基于 GaAs 衬底的宽带功分器芯片

陈炫羽, 葛磊

深圳大学

摘要: 本文提出了一种基于集总参数电路的宽带功分器芯片。本设计通过修改传统 T 型网络, 在输入端口插入一段并联接地的谐振枝节, 并改善隔离网络, 从而展宽工作频段。本文对电路进行了奇偶模分析, 并在以 GaAs 为衬底的工艺上实现了一款宽带威尔金森功分器芯片。仿真结果表明, 本设计在 17 到 32GHz 内的插入损耗小于 0.6dB, 输入及输出端口回波损耗优于-20dB, 隔离度大于 20dB。芯片的面积为 0.8mm×0.82mm×0.1mm。本设计实现了宽频带、低损耗、高隔离以及较好的回波特性。

关键词: 威尔金森功分器; 宽带; GaAs MMIC

基于人工神经网络的大功率封装热仿真分析与预测

张承鑫^{1,2}, 沙燕亮¹, 刘玉洁², 陈全¹

1. 南方科技大学深港微电子学院
2. 鹏城实验室网络智能部云脑所

摘要: 本研究基于对贴片封装有限元分析的热仿真数据进行特征提取, 以供训练人工神经网络。该神经网络由输入层、三个隐藏层和输出层组成。输入层包含四个特征: 界面热阻、输入功率和上下层片材的热导率。训练结果与实验数据表现出良好的一致性, 并且成功预测了输出结温。训练完成后, 该神经网络成功预测了样本特征与结温之间的非线性映射关系, 并能够迅速提供封装设计所需的温度数据。这项技术在电子器件热管理领域具有潜在应用。

关键词: 人工神经网络; 界面热阻; 封装; 热仿真

W 波段高隔离度 GaAs 滤波交叉器

沈玮¹, 周天乐¹, 凌显宝², 吴毓颖¹, 陈凯¹, 赵涛¹

1. 上海航天电子技术研究所

2. 中国电子科技集团国基南方

摘要: 本文基于 GaAs 工艺提出了一种 W 波段高隔离度滤波交叉器。该滤波交叉器包含 4 个 TE_{101} 模式和 1 个正交简并模式基片集成波导 (Substrate Integrated Waveguide, SIW) 腔体。交叉传输通过利用 SIW 方形腔体中正交简并 TE_{102} 和 TE_{201} 模式来实现。方形 SIW 腔体边缘的对称耦合窗口相位相差 180 度, 从而实现良好的隔离效果。此外, 该交叉器的带宽可以被灵活地控制。为了验证理论分析, 本文基于 0.15 μm 的 GaAs 工艺设计并制作了一个工作在 W 波段的滤波交叉样品。

关键词: 滤波交叉; 基片集成波导; 砷化镓; 正交兼并

面向多芯片电路设计的高层次综合

左成¹, 沈磊¹, 马亮², 李俊山², 吴昌^{*1}

1. 复旦大学

2. 上海无线电设备研究所

摘要: 现在多芯片设计已成为集成电路发展的重大趋势, 但芯片间的互联资源有限, 且延迟更大, 如何将电路划分并组成高效的多芯片系统也成为了重要的问题。传统的 RTL 设计在系统划分、片间互联与接口设计完全依靠人工设计, 导致设计复杂、设计周期长。而网表级设计划分由于其 NP 复杂度, 导致划分系统的时序性能远低于单芯片设计。本文提出一个基于高层次综合 (HLS) 技术的算法级系统划分与综合方案, 以有效支持多芯片与多核设计的需要。我们的算法级划分算法能在考虑片内逻辑资源约束、片间互联资源约束的情况下进行系统时序优化, 包括多节拍信号传输、数组复制技术。我们以一个 4 片 FPGA 系统为目标实现了我们的基于 HLS 的算法级划分算法, 并与 Synopsys 公司的网表划分工具 HAPS 对比。实验结果显示我们的算法级划分算法可以提高系统工作频率 5~10 倍, 系统运行时间可以减少 5~9 倍。

关键词: 多芯片系统; 电路划分; 高层次综合; 电子设计自动化; chiplet 设计

面向 Chiplet 芯片封装结构的参数化有限元快速建模 仿真

张搏文, 张鹏, 王大伟, 赵文生, 刘军

杭州电子科技大学

摘要: Chiplet 集成封装已经成为当前半导体行业延续摩尔定律的重要路径, 其多工艺集成、几何跨尺度、高功率密度等特点, 必然导致集成结构内部多场耦合、跨层级耦合等效应交叉融合, 以多层级多物理耦合仿真为驱动的协同仿真设计路径, 是实现集成封装系统高性能、高可靠性设计的重要手段。因此, 本文基于 MATLAB 平台, 借助 COMSOL Multiphysics with MATLAB 联合仿真工具平台完成包括几何建模、网格划分、仿真设定、后处理等在内的快速建模仿真流程与模块开发。

关键词: 集成微系统; Chiplet; 多物理场耦合; COMSOL with MATLAB; 快速建模仿真

有源电扫描发射/接收天线阵列射频前端的电磁场— 电路协同仿真

游犇, 赵志浩, 吴林晟

上海交通大学

摘要: 本文首次引入了有源电扫描天线阵列的接收系统增益方向图的数学定义, 对扫描发射/接收天线阵列的射频前端分别建立了电磁场-电路协同仿真流程。基于该协同仿真方法, 成功提取了一款面向低轨道卫星通信研发的三维集成四通道接收 (K 波段) /发射 (Ka 波段) 前端的系统增益方向图, 为进一步设计与优化该类射频微系统提供了坚实的基础。

关键词: 电调扫描天线阵列; 射频前端; 协同仿真; 系统增益

5-18GHz 宽带异构多功能 MMIC 芯片

郑诗敏, 邹文静, 易铁, 郭啸, 江兰兰, 周健, 吴霞, 徐楚, 尤红权, 王维波

中国电子科技集团公司第五十五研究所

摘要: 本文基于三维异构工艺、3D 异构融合设计技术、3D 异构多通道高隔离度技术设计了一款 5-18GHz 宽带异构幅相多功能芯片。三维异构幅相多功能芯片主要由两款芯片组成, GaAs 工艺实现高性能四通道微波幅相多功能射频电路和 Si 基 CMOS 工艺实现的数字电路通过异构形式集成在一起。实测结果表明: 5~18 GHz 工作频带内, 64 态移相均方根 (RMS) 误差小于 4.5° , 寄生调幅 RMS 小于 0.8dB; 64 态衰减 RMS 误差小于 0.5 dB, 寄生调幅 RMS 小于 7° , 芯片尺寸 $6.2 \times 6.2 \times 0.33\text{mm}$ 。

关键词: 异构集成芯片; 多功能高隔离技术; 宽带多功能芯片

一种基于多级框架的固定轮廓 3D ICs 热感知布局优化方法

关文博, 汤晓燕, 吕红亮, 张玉明, 张义门

西安电子科技大学

摘要: 高温或温度不均匀性一直被认为是三维集成电路 (Three Dimensional Integrated Circuit, 3D IC) 中最具挑战性的问题之一。本文提出了一种新颖的考虑热问题的固定轮廓 3D IC 布局方法。首先在考虑硅通孔 (Through-Silicon Vias, TSVs) 数量和面积的前提下将模块和 TSV 分配到合适的层。然后, 在全局放置阶段, 我们不仅考虑组之间的功耗, 还将 TSVs 的数量和面积应用到多级框架中的聚类和分析方法中。实验结果表明, 所提出的方法在降低 3D IC 的温度方面表现出良好的性能, 运行时间也相当快。

关键词: 硅通孔; 三维集成电路; 物理设计; 布局规划

一种前置数据重构的并行 CRC 计算电路设计

聂宇琛, 钟升, 匡乃亮

西安微电子技术研究所

摘要: 循环冗余检验 (CRC) 是用于核对数据传输正确性的一种效验方式。随着通信与存储速度的不断提高, 对 CRC 的计算速度也有了更高的要求。我们在设计中发现, 已有的 CRC 并行计算电路中为填补空数据的数据重构操作的电路延迟占总电路延迟的约 46%。本文分析了 CRC 并行计算的数学原理, 以此提出一种前置的数据重构结构, 该结构将并行计算电路中的数据重构模块移至输入数据之前的软件层进行, 简化了并行计算电路的结构, 实现简单, 提高了 CRC 并行计算电路的性能。

关键词: CRC; FPGA; 并行计算; 电路设计

基于 BSIM 模型的低失调高速 CTLE 单元建模设计与仿真

赵雁鹏, 李海松, 何静博, 高利军, 史柱, 王斌, 岳红菊

西安微电子技术研究所

摘要: 基于 BSIM 模型, 本文设计了一种高速连续时间线性均衡器 (CTLE), 通过对电路传输函数的数学建模, 在传统失调消除电路 (DCOC) 的基础上增加了误差放大器和电流加法器, 在保证稳定性的同时提高了失调消除能力。最后进行了模型参数与蒙特卡罗仿真, 输出端失调电压的平均值被抑制至 $17 \mu\text{V}$, 标准偏差为 1.1 mV 。该设计实现了 7 GHz 带宽、 4.7 dB 峰值增益、 51 dB 环路增益、 72° 环路相位裕量、 -52 dB 直流增益。总功耗为 1.9 mW , DCOC 电路仅贡献 0.1 mW 。

关键词: 均衡器; CTLE; DCOC; 有源反馈

集成封装瞬态热应力仿真的拉盖尔-有限元算法

李博, 唐旻, 毛军发

上海交通大学

摘要: 集成封装系统在工作状态下会受到热应力的作用, 热应力仿真对于保证集成封装系统设计最优性以及运行可靠性来说不可或缺。本文将拉盖尔-有限元方法用于集成封装系统的瞬态热-应力分析, 该方法通过拉盖尔基函数的正交性消除支配方程中的时间变量, 达到无条件稳定的效果, 从而提高瞬态热-应力仿真效率。典型案例验证了拉盖尔-有限元方法的准确性和高效性。

关键词: 拉盖尔-有限元方法; 集成封装; 热应力仿真

基片集成波导滤波器的电磁损耗建模

郑泽昊, 唐旻, 吴林晟, 毛军发

上海交通大学

摘要: 本文对基片集成波导滤波器的电磁损耗进行了建模。首先, 结合腔体谐振理论和滤波器的耦合谐振电路模型计算了基片集成波导滤波器的电磁场分布; 其次, 根据电磁场分布计算基片集成波导滤波器的金属面损耗、通孔阵列损耗和介质损耗; 最后, 通过典型案例验证了模型的准确性。

关键词: 基片集成波导滤波器; 电磁损耗; 腔体谐振理论

高性能全局快门 8 管像素的设计与实现

刘晓轩, 曹天骄, 李海松, 李婷, 吕智军, 袁昕

西安微电子技术研究所

摘要: 针对 8 管像素输出摆幅受限的问题, 提出一种具有宽摆幅、低功耗的全局快门 8T-APS 电路。像素内应用亚阈值电流源降低了单像素静态功耗、提高了输出电压摆幅; 应用下降沿缓变技术抑制时钟馈通效应对输出摆幅造成的影响。所述 8T-APS 基于 180nm 像元定制工艺进行流片, 像素参数通过一款 40 万面阵全局快门图像传感器进行验证, 在 3.3V 电源电压下, 实测结果表明: 该像素电路

具有 776mV 输出电压摆幅，静态平均功耗仅 100nA。本文方法尤其适用于大面阵全局快门图像传感器。

关键词：有源像素传感器；CMOS 图像传感器；低功耗；宽摆幅；亚阈值

DTCO 驱动的三维存储微模组设计

张欣瑞，王艳玲，杨巧

西安微电子技术研究所

摘要：存储器微模组采用三维立体封装工艺将多颗存储器裸芯片堆叠集成，成为存储器大容量小型化发展的重要趋势。立体拓扑的寄生效应、空间耦合效应在微尺度互连下对集成芯片功能性能的影响不容忽视，三维封装集成架构和工艺多样，造成的阻抗失配、串扰、损耗不同，集成模组性能与工艺能力形成双向约束。本论文，以 DTCO (Design Technology Co-Optimization, 设计工艺协同优化) 为理论依据，驱动由 5 片 DDR3 裸芯片堆叠封装的存储微模组的设计。通过基于模型的电路预仿真，确定立体集成工艺架构；通过设计工艺协同优化、场路协同仿真，提出了裸芯片 RDL、立体键合、封装基板的设计优化措施，有效地提升了并行存储总线的信号完整性，保障了存储访问速率。

关键词：DTCO；三维存储微模组；信号完整性

基于 BGA 植球倒扣异构集成的传输线分析和建模

刘伊民，王储君，周聪，王维波

中国电子科技集团公司第五十五研究所

摘要：为满足异构集成条件下微波毫米波芯片的设计需求，基于有耗传输线理论，采用有限元场仿真和特征参数曲线拟合的方式，得到了一组异构传输线到微带线的几何尺寸/电特征参数间的映射关系，并将其与微带线经验基模型集成，建立了适用于 BGA 植球倒扣异构集成环境的传输线模型。该模型在 1-40GHz 频率范围内，典型传输线 S 参数仿真平均误差小于 10%，可快速扩展部署于不同异构集成工艺，具有较好的工程应用前景。

关键词：异构集成；传输线；特征参数；模型

面向智能可重构微系统的信号完整性设计与分析

石修瑀, 陈雷, 周亮, 孙华波, 吴沛辰, 禹放斌, 周雷, 董龙龙

北京微电子技术研究所

摘要: 微系统是实现电子系统微型化的重要技术途径之一, 具有集成度高、低功耗、高算力的特点, 可以满足航空航天装备对电子系统小型化、多样化、智能化的迫切需求。本文介绍了一款基于 FPGA 的智能可重构微系统设计方案, 对采用片间电容耦合的高速信号的信号完整性问题进行了研究, 分析了基板参数设计、耦合电容及寄生电感对信号完整性的影响。

关键词: 信号完整性; FPGA; 微系统; 传输线

SOI-MOS 器件的自热效应仿真及产热机理研究

唐正来, 曹炳阳

清华大学

摘要: 深入理解纳米尺度器件的产热机理对其设计和优化至关重要。本文针对 SOI-MOS 进行电热仿真, 采用漂移扩散模型分析了焦耳热、重组热及帕尔贴-汤姆逊热的产生和影响。研究发现, 焦耳热是主要功耗, 而重组热对器件性能无影响。帕尔贴-汤姆逊热与焦耳热的产热量级相当, 其在栅极下方的冷热源交替分布, 加热效应和制冷效应得到了抵消。忽略帕尔贴-汤姆逊热可能导致温度预测发生偏差, 这对于评估器件的寿命和可靠性非常关键。

关键词: SOI-MOS; 自热效应; 电热仿真; 产热机理

磁近邻效应对 $\text{WTe}_2/\text{CrI}_3$ 异质结谷-赝自旋的操纵

张雯丽, 左旭*

南开大学

摘要: 采用第一性原理计算的方法研究了二维 $\text{WTe}_2/\text{CrI}_3$ 异质结的电子性质和谷物理学。结果表明, 由于空间反演对称性和时间反演对称性的同时破缺, $\text{WTe}_2/\text{CrI}_3$ 异质结可以实现一个 34.01 meV 的谷分裂 (该值在实验中对应的有效磁场约为 170 T), 且谷分裂的大小与异质结的堆垛方式和层间距有一定的关系。此外, 我们还通过改变层间耦合作用、调节 Cr 原子的自旋取向、施加外部电场以及阳离子插层的方法对 $\text{WTe}_2/\text{CrI}_3$ 异质结的谷分裂进行了有效的调控。

关键词: 磁近邻效应; 交换耦合; 谷分裂; 谷电子学

硅/非晶二氧化硅 ($\text{Si}/\text{a-SiO}_2$) 界面辐射损伤效应的第一性原理研究进展

刘清源¹, 邵斌^{1,4}, 左旭^{*1,2,3}

1. 南开大学

2. 中国天津光电子薄膜器件及技术重点实验室

3. 薄膜光电子技术教育部工程研究中心

4. 中国天津市光电传感器与传感网络技术重点实验室

摘要: 后摩尔时代已经来临, 但硅基半导体仍然难以被取代。硅基半导体性能的决定性因素是硅 (Si) 和它的高质量本征氧化物二氧化硅 (SiO_2) 所形成的界面。然而, 氧化所形成的 SiO_2 一般是非晶的因而富含缺陷, 当航天微系统器件受到宇宙射线辐照, 后者会与其内部缺陷作用带来电离损伤和位移损伤, 导致器件性能退化。本文围绕硅/非晶二氧化硅 ($\text{Si}/\text{a-SiO}_2$) 界面缺陷动力学计算的反应模型和参数, 重点从质子的产生、输运、钝化和去钝化反应及工艺关联角度, 综述了辐照器件引起电离损伤的第一性原理研究进展, 最后分析了当前研究存在的挑战并提出了未来研究的发展建议。

关键词: 电离损伤; 辐射效应; 硅基器件; 第一性原理; 模拟计算

短沟道自对准顶栅氧化物半导体薄膜晶体管研究

李吉业, 陆磊, 张盛东

北京大学深圳研究生院

摘要: 本文报道了一种自对准顶栅 (SATG) InGaZnO (a-IGZO) 薄膜晶体管 (TFT) 技术, 其中栅极长度微缩到 97 nm, 栅介质 AlO_x 厚度为 4 nm。所制备的 TFT 表现出了大的开态电流 (17.9 $\mu\text{A}/\mu\text{m}$), 高达 10⁹ 的开关电流比, 接近 0 V 的阈值电压以及较小的漏致势垒降低 (DIBL)。微缩化器件优异性能的保持主要归因于源漏突变同质结和高质量的栅介质层的实现。本文开发的短沟道 SATG IGZO TFT 技术具有出色的微缩特性和与集成电路工艺的兼容性, 在集成电路后端制程技术中有广阔应用前景。

关键词: 氧化物半导体; 薄膜晶体管; 短沟道; 后端制程

基于量子运输的原子级 TCAD 软件开发与光电半导体器件设计

张希, 刁东风

深圳大学

摘要: 基于量子力学和量子运输的非平衡格林函数 (NEGF-DFT) 方法可以对纳米尺度的半导体芯片的物理量。本文介绍一种基于非平衡格林函数 (NEGF-DFT) 方法对偏振光电半导体芯片的设计方法。我们利用密度泛函理论和非平衡格林函数方法研究了双层碲烯在共价键、紧密堆积和非键方向三个特征方向上对线偏振光的光电响应。为研究纳米级芯片沟道设计与开发原子级 TCAD 奠定基础。

关键词: 原子级 TCAD, 量子运输, 光电半导体器件设计

超薄绝缘氮化硼插入层对镍和二硫化钼金属半导体接触特性影响的仿真研究

孙佳乐, 吕红亮*, 朱翊, 李嘉炜

西安电子科技大学微电子学院

摘要: MoS₂ 连续薄膜作为光电领域与电子器件领域有潜力的材料之一, 了解金属与 MoS₂ 连续薄膜之间的金属半导体接触特性对 MoS₂ 连续薄膜材料的研究与应用至关重要。然而金属与 MoS₂ 接触时会产生明显金属诱导的带隙态 (Metal-induced gap states, MIGS), 从而导致费米钉扎。本文通过建立原子级仿真模型, 计算对比了插入超薄绝缘 h-BN 缓冲层前后, Ni 与 MoS₂ 金属半导体接触界面的 MIGS。结果表明插入 h-BN 后 MIGS 明显降低, 对于优化金属 Ni 与 MoS₂ 的金属半导体接触特性有很好的指导意义。

关键词: 二硫化钼 (MoS₂); 氮化硼 (h-BN); 金半接触; 肖特基势垒; 直接隧穿

4H-SiC VDMOSFET 的阈值电压不稳定性研究

许江宁^{1,2}, 何艳静^{*1,2}, 袁昊¹, 汤晓燕¹, 宋庆文¹, 弓小武^{1,2}, 张玉明¹

1. 西安电子科技大学

2. 西安电子科技大学广州研究院

摘要: 本文对不同沟道晶向的 4H-SiC VDMOSFET 器件在电压应力下的阈值电压不稳定性进行了测试研究, 测试发现当给不同晶向 4H-SiC VDMOSFET 施加栅电压应力时, 各个晶向方向的器件阈值电压均有偏移, 尤其是在负栅电压偏置应力下, 阈值电压的偏移明显, 其中 $\langle 1\bar{1}00 \rangle$ 晶向器件阈值偏移量比其他晶向大 6%-47.6%。基于研究结果提出一种可以降低阈值电压漂移的长方形元胞优化设计方法, 制备器件并测试, 器件的阈值电压偏移量相比另一设计方法减小了 19.54%-37.1%。

关键词: 4H-SiC VDMOSFET; 阈值电压不稳定性; 晶向; 陷阱

HBM 中的信号完整性分析解决方案

代文亮

芯和半导体科技（上海）股份有限公司

摘要：随着人工智能、移动设备、数据中心和汽车应用的发展，高性能计算（HPC）的需求正在快速增长。2.5D 与 3DIC 技术已被证明是能够超越摩尔定律的可行方案。高带宽存储（HBM）颗粒与 ASIC 芯片并排放置在 Interposer 上，可以提供 HPC 所需的 TB/s 带宽和低延迟。要保持如此高的带宽，在 HBM 的走线设计中需重点做好信号完整性分析和优化。

不同能量的重离子辐照单层二硫化钼的仿真与实验验证

张宇^{1,2}，汤苏涵^{1,2}，王川^{1,2}，陈飞良^{1,2}，张健，李沫^{1,2,*}

¹电子科技大学电子科学与工程学院

²电子科技大学先进毫米波技术集成攻关研究院

摘要：二硫化钼作为最典型的二维材料之一，研究其在不同能量下的重离子辐照效应对于推动该材料于器件在空间中的应用至关重要。本文利用 SRIM 仿真软件建立单层二硫化钼的物理模型，模拟不同能量重离子入射二硫化钼的离子径迹和空位分布等信息，研究了不同能量离子对二硫化钼的辐照效应。通过辐照实验对仿真模型与结果进行验证，得出了低能重离子入射二硫化钼产生的位移损伤比高能重离子入射时产生的位移损伤更严重，并以辐照实验证明了本文建立的仿真模型的可靠性。

关键词：二硫化钼；重离子辐照；SRIM 仿真；位移损伤；

高功率 AlGaIn/GaN HEMT 器件电热多场建模技术

杨珞云, 曹磊, 赵辉, 王小荷, 刘存生, 陈宝忠

西安微电子研究所

摘要: 随着电力电子产品系统逐渐向小型化、高度集成化的方向发展, 相较于传统 Si 基器件, AlGaIn/GaN HEMT 器件由于其高功率, 高耐压的优势, 被视为新一代微系统技术中新型材料器件的热点研究方向。然而器件长时间工作时自热效应严重, 极大影响可靠性。因此本文对其模型进行深入研究, 基于泊松方程和热传导方程, 建立可以表征击穿电场分布及热场分布的电热多场精确解析模型。结合精确模型论述了终端技术同时优化电场及温度场的技术原理, 并阐述最优参数设计的技术方法。有利于设计者在考虑器件优化方案时, 兼顾电场和热场, 获得高耐压, 高可靠性的新型器件。对比 Sentaurus 软件的电热数据, 模型参数误差均在 6%以内, 该模型可得到较准确的耐压和热场分布预测结果。

关键词: AlGaIn/GaN HEMT, 电场分布, 热场分布, 精确解析模型

基于 TCAD 的 VDMOS 抗辐照能力仿真优化及实现

李安鸽^{1,2}, 曹磊^{*1,2}, 王英民^{1,2}, 陈宝忠^{1,2}, 刘存生^{1,2}, 辛维平^{1,2}, 王小荷^{1,2},
赵辉^{1,2}, 宋坤^{1,2} 杨丽侠^{1,2}, 邢鸿雁^{1,2}, 王晨杰^{1,2}

1 西安微电子技术研究所

2 抗辐射集成电路技术实验室

摘要: 本文利用 TCAD 内建的工艺仿真模块和器件性能仿真模块建立了 200V VDMOS 器件的工艺仿真模型, 通过分析 VDMOS 器件单粒子效应 (SEE) 的薄弱点, 优化了器件的工艺参数, 通过对调整外延浓度和 P 型体区掺杂浓度分布等条件进行仿真, 总结了 VDMOS 器件抗单粒子加固措施, 通过实际产品单粒子辐照实验验证, 表明加固的 VDMOS 在满额工作电压和 15V 栅源负偏电压的偏置条件下, 单粒子烧毁和栅穿 LET 值大于 75 MeV·cm²/mg。相同辐照条件下, 抗单粒子能力高于国外同类型产品。对于总剂量辐照 (TID), 利用 TCAD 的 INTERFACE 状态函数, 建立了 600V 超结 VDMOS 仿真和总剂量辐照实验的经验关系。

关键词: TCAD; 体区浓度; 单粒子效应; 总剂量效应。

圆柱型硅通孔(C-TSV)电热力分析

彭岩, 宋可馨

南京理工大学

摘要: 随着现代电子封装技术的快速发展, 总体沿着更高集成度、更高性能以及更高可靠性方向发展, 硅通孔(Through-silicon via, TSV)技术的出现对集成电路产生巨大影响。TSV 技术可以使芯片堆叠在三维方向实现密度最大化, 然而结构中相邻材料之间热膨胀系数的不匹配会产生热应力, 从而产生机械失效。因此, 对 TSV 进行电热力分析尤为重要。本文基于圆柱形 TSV(Cylindrical TSV, C-TSV), 在 ANSYS Workbench 软件中进行仿真分析, 分析通孔半径的大小对电学性能以及温度分布和热应力的影响。

关键词: 硅通孔; 热应力; 三维集成电路; 可靠性; 封装技术

面向微系统的芯片设计与方法挑战

姜冕

西安微电子技术研究所

摘要: 随着摩尔定律逼近极限, 通过特征尺寸微缩来实现性能翻倍难以持续, 针对未来对电子系统小型化、高性能、智能化、低功耗的需求, 集成微系统技术提供了一条从单片集成平面结构到多芯片集成立体结构的重要技术途径。本论文对多功能高性能单芯片设计存在的问题展开分析, 包括单片异构集成限制、高存储需求对功耗面积的挑战及复杂设计对系统验证及物理实现带来的困难, 进一步提出总线时序隔离、内存回收、算力动态调节等技术。在此基础上, 提出面向能效的可伸缩芯粒系统建模技术, 通过对芯粒建模技术开展研究, 形成以性能和功能最优为边界的分布式芯粒库, 并基于芯粒实现微系统的 3D 互联协同设计。最后, 对基于芯粒的芯片设计存在的问题工作进行了讨论。

TSV 封装工艺 PDK 架构及关键技术

王艳玲

西安微电子技术研究所

摘要：针对 TSV 异构集成微系统，在降低研制成本和周期的强烈需求下，设计的性能、工艺可实现性、集成面积和体积的最小化异常重要。工艺设计套件(PDK)成为最大简便化和标准化 TSV 微模组的设计，实现设计-工艺协同最优的关键支撑。本论文，探讨满足异构集成设计需求的 TSV 封装工艺 PDK 架构。重点介绍基于多目标多参数综合优化的材料电参数提取技术，硅基互连的电特性参数化仿真模型库构建技术，以及仿真测试拟合的模型精度标定技术。对先进封装工艺 PDK 开发仍面临的技术难题进行展望。

主办单位：  **中国航天电子技术研究院**
中国航天 China Academy of Aerospace Electronics Technology

 **深圳大学**
SHENZHEN UNIVERSITY

协办单位： 中国仿真学会集成微系统建模与仿真专业委员会
射频异质异构集成全国重点实验室
集成电路与微系统全国重点实验室
高速电子系统教育部重点实验室(上海交通大学)
深圳市半导体异质集成技术重点实验室
深圳市电子学会
西安微电子技术研究所
北京元六鸿远电子科技有限公司
中科芯集成电路有限公司
电子科技大学先进毫米波技术集成攻关研究院
北京信息科技大学仪器科学与光电工程学院

参展单位： 深圳大学 西安微电子技术研究所 北京元六鸿远电子科技有限公司
芯和半导体科技(上海)股份有限公司 北京数字航宇科技有限公司
中国电子科技集团公司第五十八研究所 北京遥测技术研究所
北京微电子技术研究所 北京智芯仿真科技有限公司

期刊支持：《系统仿真学报》 《传感技术学报》 《深圳大学学报理工版》
《微电子学与计算机》 《导航与控制》 《太赫兹科学与电子信息学报》
《遥测遥控》 《真空电子技术》