

# MEMS 压阻式压力传感器

赵永梅

(中国科学院半导体研究所, 北京 100083)

**摘要:** 简要介绍了 MEMS 压阻式压力传感器。

**关键词:** MEMS 压阻式压力传感器

## 1 专业技术成果介绍

自 2008 年参加工作以来, 主要从事 MEMS/NEMS 传感器的研制, 包括 MEMS 压阻式压力传感器、RF MEMS 谐振器和滤波器、热压阻 NEMS 谐振器等。

(1) MEMS 压阻式压力传感器方面, 研究了基于硅压阻的 MEMS 压力传感器, 在硅/SOI 上实现了全量程覆盖 MEMS 压力传感器芯片, 包括 10Kpa、100Kpa、1MPa、2.5MPa、10MPa 和 40MPa。在国家自然科学基金的支持下, 以多孔硅/硅复合平膜结构, 通过工艺兼容设计与优化完成了多孔硅/硅 MEMS 压阻式压力传感器芯片研制; 在北京市科委项目支持下, 设计并研制出岛膜结构的微压芯片, 实现了 10Kpa 量程低压芯片。该方面的研究成果主要体现在: 一是积累了全量程 MEMS 压力芯片的结构设计及工艺研制的技术成果; 二是形成了一套以提高灵敏度、降低非线性的行之有效的设计准则, 用于奠定芯片的设计基础; 三是针对国内低压芯片依赖进口的现状, 先后完成了 100KPa、10Kpa 量程的硅微压传感器研制, 与知名产品相比, 性能指标优异。

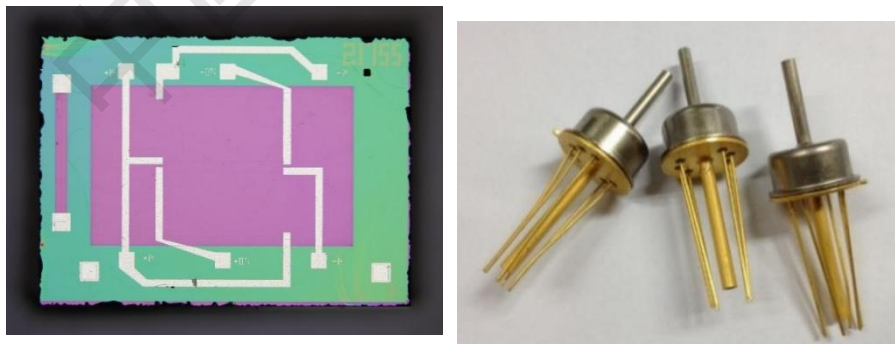


图 1 MEMS 压力传感器芯片研制及样机

(2) RF MEMS 谐振器和滤波器方面, 基于 SiC 材料高的杨氏模量等材料特性, 将 SiC 材料应用于 RF MEMS 器件, 通过材料生长的低应力控制、SiC 材料的半导体加工工艺优化、谐振器和滤波器的结构设计及优化, 研制出 SiC 材料的梳齿状谐振器和双端固支梁滤波器,

完成管壳级真空封装。相比于相同结构的硅器件，工作频率至少提高一倍。

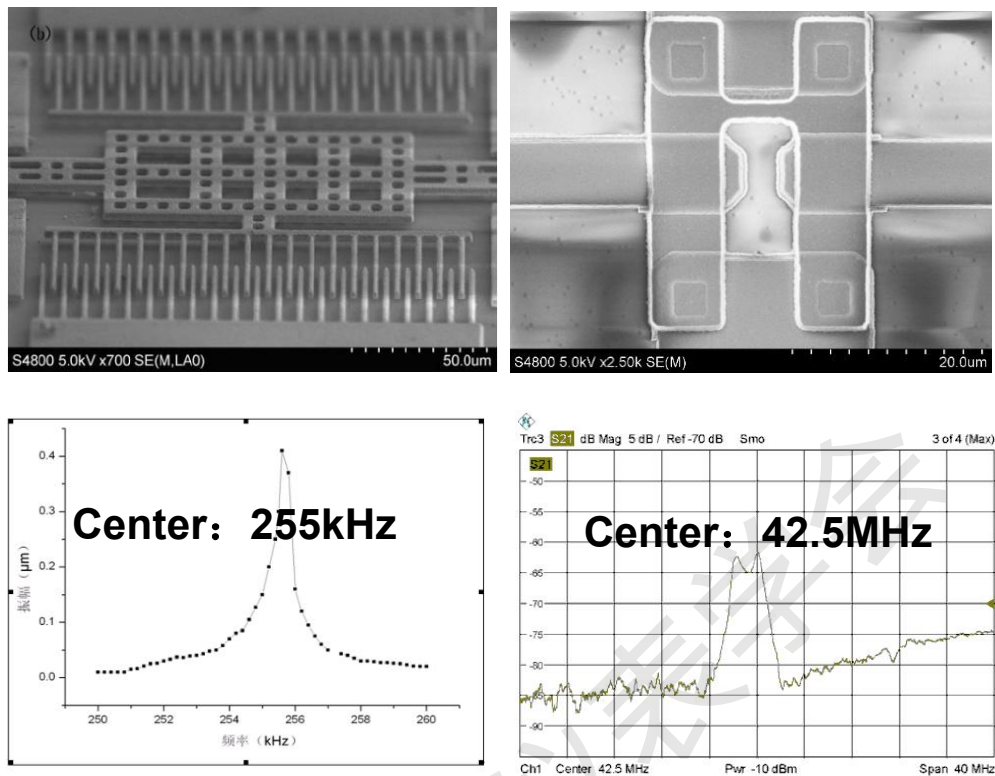


图2 RF MEMS 谐振器和滤波器研制及测试结果

(3) 热压阻 NEMS 谐振器方面，国内率先基于压阻梁直流电流调制和交流电流的热局域化效应进行了热压阻 RF NEMS 谐振器的研究。通过结构设计优化，实现了频率覆盖 MHz-3GHz 的多种谐振器研制，品质因数高达 107 以上。借助直写曝光和氧化方式，在工艺方面突破了 100-200nm 尺寸压阻梁的大面积可控制备的技术难点，通过优化晶圆级干法释放工艺，使得热压阻 NEMS 谐振器芯片制备成品率达到了 95%以上。采用基于吸气剂的类全硅晶圆级封装工艺完成了高真空晶圆级集成封装，提高了热压阻 NEMS 谐振器的工作稳定性和可靠性，为进一步实用化奠定了技术基础。下图分别展示了设计的不同结构热压阻 NEMS 谐振器的芯片研制成果和性能测试结果。

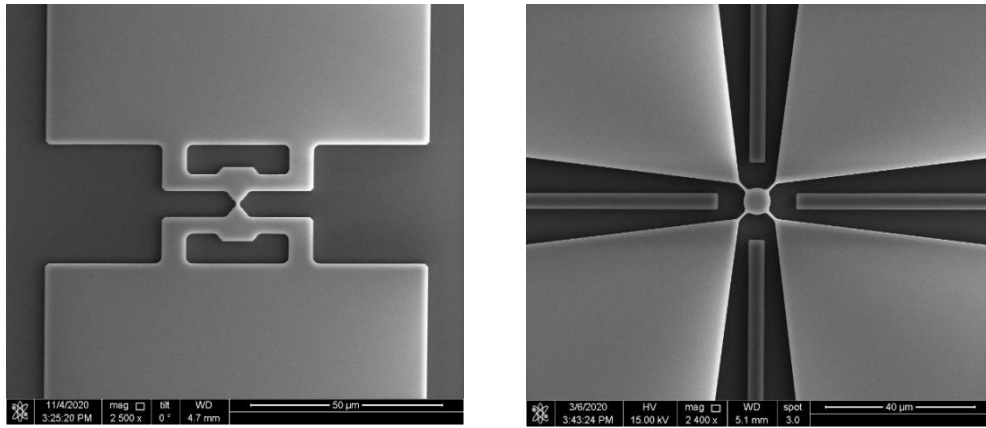


图3 多种结构热压阻 NEMS 谐振器研制结果

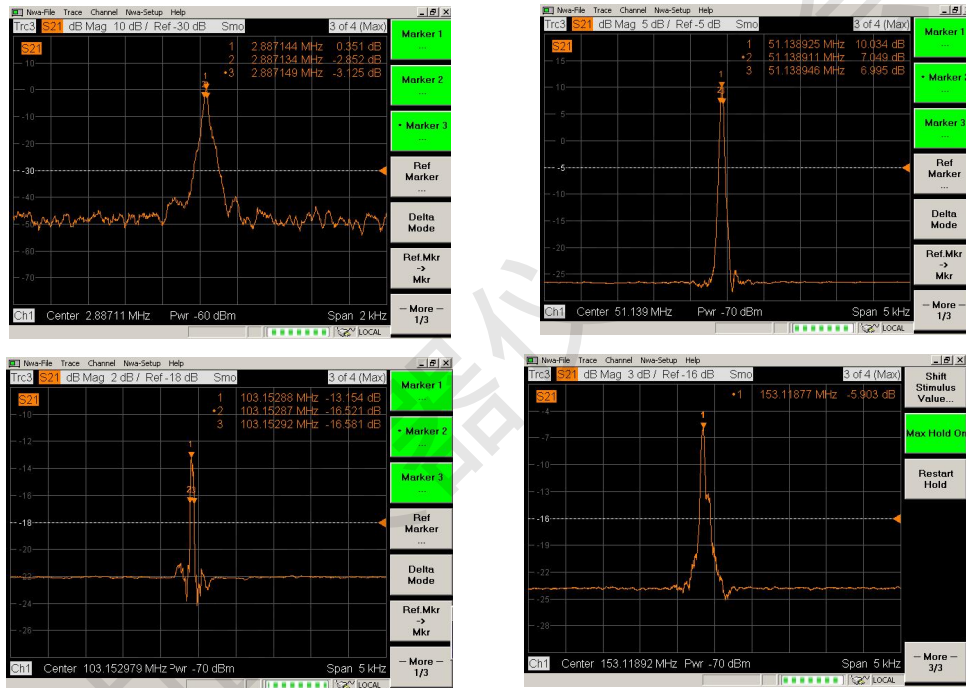


图4 不同谐振频率热压阻谐振器 S21 参数表征

## 2 专业技术人才介绍

### 2.1 个人简介

赵永梅，女，博士，副研究员，硕士生导师。2002年郑州大学物理工程学院获学士学位。2005年郑州大学材料物理与化学专业获硕士学位。2008年中国科学院半导体所微电子学与固体电子学专业获博士学位。同年进入中国科学院半导体所集成技术中心工作，一直从事MEMS（微机电系统）传感器的研究工作。在MEMS器件设计和工艺研制、MEMS晶圆级封装和性能测试方面积累了丰富经验。作为项目骨干和项目负责人先后完成和承担国家自然科学基金青年和面上项目、地方科技攻关计划课题及院科研装备等项目。成功研制出全量

程覆盖的 MEMS 压力传感器、高性能 MEMS 加速度计及高频高 Q 值 RF MEMS/NEMS 谐振器和滤波器。在国内外核心期刊发表学术论文 30 余篇，申请专利 9 项，出版 MEMS 领域译著 2 部。

## 2.2 专业技术研究方向

新型 MEMS/NEMS 传感器

## 2.3 承担科技项目及代表论著

在研/完成项目：

(1) 国家自然科学基金面上项目：基于热压阻 NEMS 谐振器的单芯片射频前端基础器件研究，2021.1-2024.12，项目负责人

(2) 院科研装备研制项目：基于倾斜扫描曝光方式的直写曝光系统，2019.1-2019.12，项目负责人

(3) 北京市科委项目：10kPa 量程硅基低压 MEMS 压力传感器，2013.7-2014.6，项目负责人

(4) 国家自然科学基金青年项目：具有高灵敏度的低量程多孔硅压力传感器研究，2011.1-2013.12，项目负责人

(5) 国家自然科学基金面上项目：基于驻极体技术的新型 MEMS 超低压电容式超声换能器的研究，2020.1-2023.12，项目骨干

(6) 国家重点基础研究发展计划(973 计划)青年科学家项目：高压大容量碳化硅 IGBT 电力电子器件若干基础科学问题研究，2015.1-2019.8，项目骨干

代表论著：

Yurong He, Chaowei Si, Guowei Han, Yongmei Zhao, Jin Ning and Fuhua Yang, A Novel Fabrication Method for a Capacitive MEMS Accelerometer Based on Glass-Silicon Composite Wafers, *Micromachines*, 2021, 12(2):784-789.

Peishuai Song, Chaowei Si, Mingliang Zhang, Yongmei Zhao, Yurong He, Wen Liu and Xiaodong Wang, A Novel Piezoresistive MEMS Pressure Sensors Based on Temporary Bonding Technology, *Sensors*. 2020, 20(7), 337-340.

Peishuai Song, Zhe Ma, Jing Ma, Liangliang Yang, Jiangtao Wei, Yongmei Zhao, Mingliang Zhang, Fuhua Yang and Xiaodong Wang, Recent Progress of Miniature MEMS Pressure Sensors, *Micromachines*, 2020, 11(27):56-61.

Meng Zhang, Jian Yang, Yurong He, Fan Yang, Yongmei Zhao, Fen Xue, Guowei Han, Chaowei Si and Jin Ning, Research on the Protrusions Near Silicon-Glass Interface during Cavity Fabrication, *Micromachines*, 2019, 10(3):420-427.

## 2.4 获奖及荣誉

荣获：北京信息电子技术大型仪器区域中心 2021 年度“优秀集体”（直写光刻组），赵永梅、司朝伟。

中国仪器仪表学会