



# MEMS 传感器： 5G 海量应用 未来市场可期

本报记者 诸玲珍

2018 年，全球 MEMS 领域企业营收排名中，博通、博世、意法半导体和德州仪器排名前四位。

## MEMS 传感器欧美日厂商唱主角

微型机电系统 MEMS 是多学科交叉的前沿性领域，涉及电子、机械、光学、物理学、化学、生物医学、材料、能源等工程学科，它是微电子和微机械的巧妙结合。中国传感器与物联网产业联盟常务副理事长郭源生在接受《中国电子报》记者采访时表示，经过十多年的创新与发展，特别是用于 MEMS 技术的工艺、装备水平的提高，对 MEMS 技术全面提升发挥了重要作用，使其日趋成熟并得到广泛应用，成为世界各国科技领域重点关注的创新成就和重大标志性技术之一。尤其是在以硅基材料为主体的敏感元件

器件与传感器中，该项技术工艺已日趋成熟并被广泛应用，且占据主导地位。“与传统传感器相比，MEMS 传感器具有体积小、重量轻、产品设计结构灵活；精度高、稳定性和一致性好，利于规模化生产；集成度高、成本低、功耗低，符合物联网指标要求等特征。特别是随着 5G 技术的推广应用，对感知系统技术产品的规模化使用和归一化、智能化要求更加迫切，与 MEMS 传感器特征高度契合。因此，该产业市场前景非常广阔，成为企业、社会资金投资的主流技术和热点领域之一。”郭源生说。

过去十多年来，技术改进推动 MEMS 传感器性能不断提升，促使 MEMS 从传统领域向新兴领域发展，市场规模也取得快速增长。麦姆斯咨询的调查数据表明，2018 年全球 MEMS 市场规模达到 116 亿美元。该公司 CEO 王懿告诉《中国电子报》记者，1980 年到 2000 年的 20 年期间，MEMS 主要应用在汽车电子领域，而在消费电子领域涉及较少。此后，随着消费类市场中的智能手机、平板电脑和可穿戴设备的兴起，消费电子应用已经成为 MEMS 市场发展的主要驱动力，该市场呈现爆发式增长，2018 年占据 MEMS 传感器 60% 以

上的市场份额。除了消费电子和汽车电子两大应用领域，MEMS 传感器还在生物医药、工业控制、航空航天、军事国防等领域发挥着重要作用。

王懿还表示，综观全球 MEMS 传感器市场，美国、欧洲和日本一直处于主导地位，在 MEMS 供应链中扮演关键角色。赛迪顾问给出的数字显示，2018 年全球 MEMS 领域企业营收排名中，博通、博世、意法半导体和德州仪器排名前四位，四家公司 2018 年 MEMS 业务营收分别为 102.7 亿元、95.5 亿元、52.8 亿元和 41.6 亿元。

中国已经成为全球 MEMS 市场发展最快的地区，但在营业规模、技术水平、产品结构方面，与国外相比有明显差距。

## 我国与国际先进水平差距明显

与全球相比，近些年中国 MEMS 市场增速一直高于全球市场增长水平，但是与集成电路类似，庞大的市场主要依靠进口，高端 MEMS 产品的国产化率不足 10%。

赛迪顾问今年 5 月发布的《2019 年中国 MEMS 传感器潜力市场暨细分领域本土优秀企业》白皮书显示，中国已经成为全球 MEMS 市场发展最快的地区，但在营业规模、技术水平、产品结构方面，与国外相比有明显差距。

王懿告诉《中国电子报》记者，中国 MEMS 传感器厂商多为新兴的无晶圆厂（Fabless）初创公司，技术上以跟随国外领先厂商为主，自身技术及产品性能还较弱。

汉威科技集团股份有限公司董事长任红军表达了同样的观点，他认为国内 MEMS 传感器无论从技术还是产业规模来看，相比较之下还有很大差距。赛迪顾问物联网产业研究中心分析师赵振越告诉记者，发达国家主要强在 MEMS 芯片和微机电制造领域，特别是在使用寿命和精度上优势明显。

“当今中国 MEMS 产业面临的最大问题是：缺乏开放、专业的 MEMS 规模化代工厂，无法解决众多 MEMS 设计公司的制造工艺问题。虽然传统的 IC 代工厂也

开展了 MEMS 代工业务，但主要以压力传感器、MEMS 麦克风、加速度计等成熟的低端产品为主，且产值较少，制造工艺水平与国际领先代工厂的差距明显。”王懿说。

不过，任红军表示，近几年国内科研院所、企业也在加大追赶步伐和力度，并取得较快进展。国内企业在 MEMS 品种上基本都有涉及。

5G 的革命将使连接变得前所未有的容易，这为数据的快速流动创造了机遇——海量传感器数据将在这条 5G 高速公路上快速穿行。

## 5G/人工智能给 MEMS 提供巨大市场

未来，5G、人工智能、车联网、AR/VR 等新应用场景将需要大量的传感器，并且对传感器的功耗、可靠性、智能化程度以及成本都提出了更高要求，而 MEMS 传感器无疑是“最佳选择”。任红军表示，未来，MEMS 传感器前景广阔，将广泛普及应用于生产、生活各领域，技术上也会朝向多功能、集成化、智能化方向发展。

王懿指出，MEMS 传感器将在 5G 时代大展宏图。他说，5G 的革命将使连接变得前所未有的容易，这为数据的快速流动创造了机遇——海量传感器数据将在这条 5G 高速公路上快速穿行。为了使这些数据更有意义和价值，必须进行数据处理及融合，以便于智能设备的分析与应用。一个即将兴起的趋势便是边缘计算，它将 MEMS 传感器和人工智能融合，实现从简单的数据收集走向环境态势感知、应用意图预测。

赵振越用具体的数字说明 5G 时代 MEMS 的重要性，他说，MEMS 的环行器和滤波器在 5G 的

基站建设方面将会有海量的应用，只一个基站对射频 MEMS 的需求就超过 300 亿个；5G 终端应用方面，以 5G 手机为例，滤波器从 40 个增加至 70 个，频带从 15 个增加至 30 个，接收机发射机滤波器从 30 个增加至 75 个，射频开关从 10 个增加至 30 个，所以 5G 是对射频 MEMS 的一个重大的需求机遇。

赵振越还给出了 MEMS 在人工智能领域的应用前景，他说，人工智能硬件领域只有两种：芯片和传感器。芯片相当于大脑，传感器

则相当于感官，都是人工智能与万物建立联系的必备条件。人工智能时代数据是关键，MEMS 传感器一方面感知外界，一方面不断采集大量数据，数据的精确度和高效的处理，是实现其潜在价值、推动降低成本，并为客户带来核心价值的关键。未来，人工智能需要大量的结合多传感器融合技术，高精度、低功耗、高安全性或内嵌人工智能算法的 MEMS 传感器，并且在很大程度上综合其他领域的发展，最直接的价值或将来自于自动驾驶领域。

# MEMS 需求 将呈指数级增长

赛迪顾问物联网产业研究中心 分析师 赵振越

物联网产业的快速发展，将给 MEMS 行业带来巨大的发展红利。

5G 时代的到来，为 MEMS 提供了巨大的发展机遇。5G 的三大应用场景对 MEMS 提出了海量需求：增强移动宽带（eMBB）主要面向移动互联网提供超高的传输数据速率，为移动互联网用户提供更加极致的应用体验，超高清视频、3D 立体视频、VR/AR 等应用将进一步增长；超高可靠低时延通信（uRLLC）主要面向车联网、工业控制、远程医疗等对时延和可靠性具有极高要求的垂直行业应用需求；海量机器类通信（mMTC）主要面向智慧城市、智能家居、环境监测等以传感和数据采集为目标的应用需求。

车联网（V2X）和自动驾驶领域也为 MEMS 传感器带来增量市场。5G 到来后，对汽车影响最重要的两个部分可能就是自动驾驶和车联网（V2X）领域，分别对应的是智能网联汽车的智能化部分和网联化部分。自动驾驶技术将进一步推动 MEMS 传感器进入汽车。虽然 GPS 接收器可以计算自身位置和速度，但在 GPS 信号较差的地方（地下车库、隧道）和信号受到干扰的时候，汽车的导航会受到影响，这对自动驾驶来说是致命的缺陷。利用 MEMS 陀螺仪和加速度计获取速度和位置（角速度和角位置），车辆的任何细微动作和倾斜姿态都会被转化为数字信号，通过总线，传递给行车电脑。即便在最快的车速状态下，MEMS 的精度和反应速度也能够适应。新兴的汽车主动安全技术需要改进现有的主动安全系统，比如侧翻（Rollover）与稳定性控制（ESC），这就需要 MEMS 加速度传感器和角速度传感器来感测车身姿态；语音将成为人与智能汽车的重要交互方式，MEMS 麦克风将迎来发展新机遇；此外，MEMS 传感器在汽车领域还有很多应用，包括安全气囊（应用于正面防撞气囊的高 g 值加速度计和用于侧面气囊的压力传感器）、汽车发动机（应用于检测进气量的进气歧管绝对压力传感器和流量传感器）等。

未来实现完全自动驾驶（L5），需要配备的核心传感器主要包括激光雷达（LiDAR）、雷达（RADAR）、摄像头（Camera）、惯性测量单元（IMU）和车路协同系统（V2X）。随着自动驾驶技术的发展，多传感器融合技术将成为关键，并且随着自动驾驶渗透率逐步提升，以及自动驾驶冗余度和容错性的特性，预计传感器的需求将呈指数级增长，在此过程中 MEMS 传感器当仁不让。

除了 5G 和智能网联汽车，今后 MEMS 的应用领域将逐渐扩大。未来 20 年，智慧城市、智慧家庭、智能制造、智慧医疗等物联网的重要应用领域将迎来快速发展，MEMS 传感器市场将呈井喷式增长。MEMS 传感器将在未来的智能物联网时代中起到核心作用，不仅实现多种传感器的融合、AI 与 MEMS 的融合，并且随着传感器新设计、新工艺、新材料、新的集成方法、新的封装技术、传感器融合和新检测原理的助推，MEMS 传感器将能够快速、甚至增强人类大部分感知——视觉、听觉、触觉、嗅觉，乃至情感、心灵感应以及美学欣赏的程度。

# MEMS 应用需求各异 压电 MEMS 开辟新疆域

麦姆斯咨询 CEO 王懿

MEMS 集中了当今科学技术发展的许多尖端成果，涉及物理学、半导体、光学、化学、电子工程、材料工程、机械工程及生物工程等多种学科和工程技术。相比传统的结构型传感器，MEMS 传感器具有体积小、重量轻、功耗低、价格低、集成度高、可批量制造等优点。此外，MEMS 传感器还可以与处理单元集成，例如采用系统级封装（SiP）或片上系统（SoC）形式，因此 MEMS 成为智能传感器的重要载体。

尽管 IDM 至今仍主导 MEMS 产业走向，但是代工模式也有其优点：不仅可以让无晶圆厂（Fabless）MEMS 设计公司节省兴建晶圆厂的巨额成本，以投资更多人力专注于传感器产品设计，还可以加速消费类 MEMS 应用的发展。

以 MEMS 惯性传感器为例，与应用相关的精度指标主要有三方面：噪声（Noise），如振动抑制、1/f 噪声、高频噪声等；稳定性（Stability），如长期稳定性、温度稳定性和重复稳定性等；偏差（Tolerance），如零偏、灵敏度、非线性、轴间串扰等。

展望未来 10 年，5G、物联网、人工智能、自动驾驶汽车将成为 MEMS 市场的主要驱动因素。不同应用对 MEMS 传感器的需求各异，以 MEMS 加速度计为例，在个人消费电子领域，功耗最重要，其次是精度和成本；在汽车领域，可靠性最重要，其次是精度和寿命；在工业领域，寿命最重要，其次是可靠性和精度。

受到多种 MEMS 产品的应用驱动，如压力传感器（例如胎压监测系统）、射频器件（例如 5G 通信和车联网）、惯性传感器（例如高级驾驶辅助系统和自动驾驶汽车）和新兴 MEMS 器件（例如用于指纹识别的压电 MEMS 超声波换能器）等，预计 MEMS 市场将在 2019 年至 2024 年期间实现显著增长：市场营收的复合年增长率约为 8.3%，出货量的复合年增长率约为 11.9%。

此外，新材料（如压电材料）和

新工艺（如压电薄膜沉积）的发展为 MEMS 应用领域开疆辟土。实际上，压电和 MEMS 技术的融合发展正在为全球 MEMS 产业带来一场革命。压电 MEMS 技术越来越多地应用于射频滤波器、MEMS 时钟、MEMS 陀螺仪、喷墨打印头、MEMS 扬声器和麦克风、MEMS 微镜、自动对焦执行器、能量收集器，以及超声换能器和指纹识别传感器等产品。

随着先进材料和半导体技术不断发展，电子器件正朝着小型化、智能化和高集成化道路发展，面对智能手机等消费类产品的海量需求，市场对压电薄膜型器件的需求日益增加，越来越多的电子器件采用的压电材料开始从块体型转向薄膜型。因此，压电薄膜沉积技术在 MEMS 产业中变得越来越重要。目前应用最广泛的压电薄膜材料是氮化铝（AlN）和锆钛酸铅（PZT）。

在市场需求和压电材料制备水平提高的双重因素影响下，压电 MEMS 和传感器正迎来黄金时代，将在 5G 通信、智能语音、消费类可穿戴设备、指纹识别和医疗设备等应用中拥有广阔的应用前景。在整个压电器件市场中，射频滤波器受益于 5G 通信而快速发展，包括 SAW 和 BAW 滤波器。智能语音交互市场引爆了麦克风海量需求，新型压电 MEMS 麦克风凭借高信噪比优势，有望打破传统的电容式麦克风垄断地位，同样压电 MEMS 扬声器也蓄势待发。在全屏手机需求背景下，压电超声波指纹识别的高安全性和良好的抗污特性，更切合物联网安全可靠的发展趋势，因而备受关注。

MEMS 传感器正在将人类的体验数字化，并推动真实世界和虚拟世界的紧密结合，为全球各地的用户提供全新的体验。MEMS 传感器与人工智能的结合将催生边缘计算新时代：在边缘设备中将多种传感器融合，再结合人工智能技术，可以为视、听、嗅、运动等多种物理量的感测开辟新应用。同时，压电 MEMS 技术也将为蓬勃的 MEMS 市场再注一剂强心针。