毫米波雷达传感器简介

毫米波雷达，是工作在毫米波波段（millimeter wave ）探测的雷达。通常毫米波是指 30～300GHz 频域(波长为 1～10mm)的。毫米波的波长介于微波和厘米波之间，因此毫米波雷达兼有微波雷达和光电雷达的一些优点。

同厘米波导引头相比，毫米波导引头具有体积小、质量轻和空间分辨率高的特点。与红外、激光、电视等光学导引头相比，毫米波导引头穿透雾、烟、灰尘的能力强，具有全天候(大雨天除外)全天时的特点。另外，毫米波导引头的抗干扰、反隐身能力也优于其他微波导引头 。毫米波雷达能分辨识别很小的目标，而且能同时识别多个目标；具有成像能力，体积小、机动性和隐蔽性好，在战场上生存能力强[1]。

雷达概况

毫米波雷达工作在毫米波段。通常毫米波是指 30～300GHz 频段(波长为 1～10mm)。毫米波的波长介于厘米波和光波之间，因此毫米波兼有微波制导和光电制导的优点。同厘米波导引头相比，毫米波导引头具有体积小、质量轻和空间分辨率高的特点。与红外、激光、电视等光学导引头相比，毫米波导引头穿透雾、烟、灰尘的能力强，具有全天候(大雨天除外)全天时的特点。另外，毫米波导引头的抗干扰、反隐身能力也优于其他微波导引头 。

发展沿革

研制进程

毫米波雷达的研制是从 20 世纪 40 年代开始的。50 年代出现了用于机场交通管制和船用导航的毫米波雷达（工作波长约为 8 毫米），显示出高分辨力、高精度、小天线口径等优越性。但是，由于技术上的困难，毫米波雷达的发展一度受到限制。这些技术上的困难主要是：随着工作频率的提高，功率源输出功率和效率降低，接收机混频器和传输线损失增大。上世纪 70 年代中期以后，毫米波技术有了很大的进展,研制成功一些较好的功率源:固态器件如雪崩管（见雪崩二极管）和耿氏振荡器（见电子转移器件）；热离子器件如磁控管、行波管、速调管、扩展的相互作用振荡器、返波管振荡器和回旋管等。脉冲工作的固态功率源多采用雪崩管,其峰值功率可达 5～15 瓦(95 吉赫)。磁控管可用作高功率的脉冲功率源，峰值功率可达 1～6 千瓦（95 吉赫）或 1 千瓦(140 吉赫)，效率约为 10%。回旋管是一种新型微波和毫米波振荡器或放大器，在毫米波波段可提供兆瓦级的峰值功率。在低噪声混频器方面，肖特基二极管（见晶体二极管、肖特基结）混频器在毫米波段已得到应用，在 100 吉赫范围，低噪声混频器噪声温度可低至 500K(未致冷)或 100K（致冷）。此外，在高增益天线、集成电路和鳍线波导等方面的技术也有所发展。70 年代后期以来，毫米波雷达已经应用于许多重要的民用和军用系统中，如近程高分辨力防空系统、导弹制导系统、目标测量系统等。

从 2017 年加特兰第一代产品研发出来之后就开始了 AiP 相关的研发。2018 年，加特兰第一代的 AiP 就和 Alps 当时的样片 SoC 同时问世，实现了毫米波雷达业界通道数量最多的 AiP 的设计。经历了四代的迭代和优化，AiP 在 2020 年正式进入量产。2021 年，加特兰微电子在成功量产了第二代 SoC 系列产品后，又率先在 AiP 技术上实现了突破。在汽车舱内，毫米波传感器还可以实现比如手势对车上娱乐系统的控制。雷达还可以探测到人的呼吸、心跳带来的身体表面的微动，通过对这个微动的探测，可对驾驶员的生命体征进行探测，也可探测车舱内

是否有人或者宠物。相较于摄像头，使用毫米波雷达还能够很好地解决隐私问题。使用 AiP 的传感器尺寸更小，也更易装在车顶灯或者后视镜的位置。在工业领域，AiP 产品的诞生将为智能家居、安防监控等领域带来更多的可能性。[3]

适用需求

根据毫米波雷达的特点，它容易满足以下的应用需求：

（1）高精度多维搜索测量：进行高精度距离、方位、频率和空间位置的测量定位；

（2）雷达安装平台有体积、重量、振动和其它环境的严格要求：毫米波雷达天线尺寸小、重量轻，容易满足便携、弹载、车载、机载和星载等不同平台的特殊环境要求；

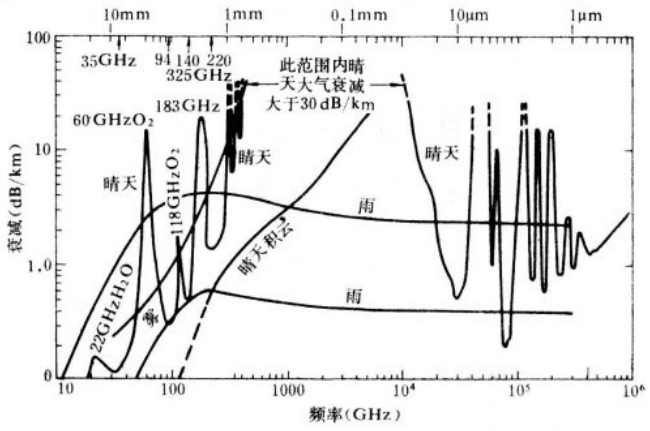
（3）目标特征提取和分类识别：毫米波雷达高分辨力、宽工作频带、大数值的多普勒频率响应、短的波长易获得目标细节特征和清晰轮廓成像等特点，适于目标分类和识别的重要战术要求；

（4）小目标和近距离探测：毫米波短波长对应的光学区尺寸较小，相对微波雷达更适于小目标探测。除特殊的空间目标观测等远程毫米波雷达外，一般毫米波雷达适用于 30 km 以下的近距离探测；

（5）抗电子战干扰性强：毫米波窗口可用频段宽，易进行宽频带扩频和跳频设计。同时针对毫米波雷达的侦察和干扰设备面临宽频带、大气衰减和窄波束等干扰难题，毫米波雷达相对微波雷达具有更好的抗干扰能力。

技术特点

探测优势



毫米波雷达

光波在大气中传播衰减严重，器件加工精度要求高。毫米波与光波相比，它们利用大气窗口（毫米波与亚毫米波在大气中传播时，由于气体分子谐振吸收所致的某些衰减为极小值的频率）传播时的衰减小，受自然光和热辐射源影响小。为此，它们在通信、雷达、制导、遥感技术、射电天文学和波谱学方面都有重大的意义。利用大气窗口的毫米波频率可实现大容量的卫星-地面通信或地面中继通信。利用毫米波天线的窄波束和低旁瓣性能可实现低仰角精密跟踪雷达和成像雷达。在远程导弹或航天器重返大气层时，需采用能顺利穿透等离子体的毫米波实

现通信和制导。高分辨率的毫米波辐射计适用于气象参数的遥感。用毫米波和亚毫米波的射电天文望远镜探测宇宙空间的辐射波谱可以推断星际物质的成分。优势主要有以下几点：

（1）小天线口径、窄波束：高跟踪和引导精度；易于进行低仰角跟踪，抗地面多径和杂波干扰；对近空目标具有高横向分辨力；对区域成像和目标监视具备高角分辨力；窄波束的高抗干扰性能；高天线增益；容易检测小目标，包括电力线、电杆和弹丸等。

（2）大带宽：具有高信息速率，容易采用窄脉冲或宽带调频信号获得目标的细节结构特征；具有宽的扩谱能力，减少多径、杂波并增强抗干扰能力；相邻频率的雷达或毫米波识别器工作，易克服相互干扰；高距离分辨力，易得到精确的目标跟踪和识别能力。

（3）高多普勒频率：慢目标和振动目标的良好检测和识别能力；易于利用目标多普勒频率特性进行目标特征识别；对干性大气污染的穿透特性，提供在尘埃、烟尘和干雪条件下的良好检测能力。

（4）良好的抗隐身性能：当前隐身飞行器上所涂覆的吸波材料都是针对厘米波的。根据国外的研究，毫米波雷达照射的隐身目标，能形成多部位较强的电磁散射，使其隐身性能大大降低，所以，毫米波雷达还具有反隐身的潜力。

局限劣势

毫米波在雷达中应用的主要限制有：雨、雾和湿雪等高潮湿环境的衰减，以及大功率器件和插损的影响降低了毫米波雷达的探测距离；树丛穿透能力差，相比微波，对密树丛穿透力低；元器件成本高，加工精度相对要求高，单片收发集成电路的开发相对迟缓。

服役动态

多种运用

①导弹制导：毫米波雷达的主要用途之一是战术导弹的末段制导。毫米波导引头具有体积小、电压低和全固态等特点，能满足弹载环境要求。当工作频率选在 35 吉赫或 94 吉赫时，天线口径一般为 10～20 厘米。此外，毫米波雷达还用于波束制导系统，作为对近程导弹的控制。

②目标监视和截获：毫米波雷达适用于近程、高分辨力的目标监视和目标截获，用于对低空飞行目标、地面目标和外空目标进行监测。

③炮火控制和跟踪：毫米波雷达可用于对低空目标的炮火控制和跟踪，已研制成 94 吉赫的单脉冲跟踪雷达。

④雷达测量：高分辨力和高精度的毫米波雷达可用于测量目标与杂波特性。这种雷达一般有多个工作频率、多种接收和发射极化形式和可变的信号波形。目标的雷达截面积测量采用频率比例的方法。利用毫米波雷达，对于按比例缩小了的目标模型进行测量，可得到在较低频率上的雷达目标截面积。此外，毫米波雷达在地形跟踪、导弹引信、船用导航等方面也有应用[2]。

雷达技术的进步让机器成为了人的延伸，可以帮助人类完成智能化、精细化操作，比如汽车自动驾驶。无论是激光雷达还是毫米波雷达，在自动驾驶领域，都是大热门。[5]