

微波技术的发展与应用

胡祥发

微波是指波长在 1mm ~ 1000mm、频率在 300MHz ~ 300GHz 范围之间的电磁波，因为它的波长与长波、中波与短波相比来说，要“微小”得多，所以它也就得名为“微波”了。微波有着不同于其他波段的重要特点，它自被人类发现以来，就不断地得到发展和应用。19 世纪末，人们已经知道了超高频的许多特性，赫兹用火花振荡器得到了微波信号，并对其进行了研究。但赫兹本人并没有想到将这种电磁波用于通信，他的实验仅证实了麦克斯韦的一个预言——电磁波的存在。20 世纪初期对微波技术的研究又有了一定的进展，1936 年 4 月美国科学家 South Worth 用直径为 12.5cm 青铜管将 9cm 的电磁波传输了 260m 远，波导传输实验的成功激励了当时的研究者，因为它证实了麦克斯韦的另一个预言——电磁波可以在空心的金属管中传输，因此在第二次世界大战中微波技术的应用就成了一个热门的课题。战争的需要，促进了微波技术的发展，而电磁波在波导中传输的成功，又提供了一个有效的能量传输设备，微波电真空振荡器及微波器件的发展十分迅速。在 1943 年终于制造出了第一台微波雷达，工作波长在 10cm。在第二次世界大战期间，由于迫切需要能够对敌机及舰船进行探测定位的高分辨率雷达，大大促进了微波技术的发展。第二次世界大战后，微波技术进一步迅速发展，不仅系统研究了微波技术的传输理论，而且向着多方面的应用发展，并且一直在不断地完善。我国开始研究和利用微波技术是在 20 世纪 70 年代初期，首先是在连续微波磁控管的研制方面取得重大进展，特别是大功率磁控管的研制成功，为微波技术的应用提供了先决条件。20 世纪 80 年代，我国开始生产微波炉，到目前为止，已经发展有家用微波炉、工业微波炉等系列产品，产品质量接近或达到世界先进水平。随着科学技术的迅猛发展，微波技术的研究向着更高频段——毫米波段和亚毫米波段发展。

微波的特性

一是似光性。微波波长非常小，当微波照射到某些物体上时，将产生显著的反射和折射，就和光线的反、折射一样。同时微波传播的特性也和几何

光学相似，能像光线一样地直线传播和容易集中，即具有似光性。这样利用微波就可以获得方向性好、体积小的天线设备，用于接收地面上或宇宙空间中各种物体反射回来的微弱信号，从而确定该物体的方位和距离，这就是雷达导航技术的基础。

二是穿透性。微波照射于介质物体时，能深入该物体内部的特性称为穿透性。例如微波是射频波谱中惟一能穿透电离层的电磁波（光波除外）。因而成为人类外层空间的“宇宙窗口”；微波能穿透生物体，成为医学透热疗法的重要手段；毫米波还能穿透等离子体，是远程导弹和航天器重返大气层时实现通信和末端制导的重要手段。

三是信息性。微波波段的信息容量是非常巨大的，即使是很小的相对带宽，其可用的频带也是很宽的，可达数百甚至上千兆赫。所以现代多路通信系统，包括卫星通信系统，几乎无例外地都是工作在微波波段。此外，微波信号还可提供相位信息、极化信息、多普勒频率信息。这在目标探测、遥感、目标特征分析等应用中是十分重要的。

四是非电离性。微波的量子能量不够大，因而不会改变物质分子的内部结构或破坏其分子的化学键，所以微波和物体之间的作用是非电离的。而由物理学可知，分子、原子和原子核在外加电磁场的周期力作用下所呈现的许多共振现象都发生在微波范围，因此微波为探索物质的内部结构和基本特性提供了有效的研究手段。

微波技术是近代科学研究的重大成就之一，几十年来，它已经发展成为一门比较成熟的学科，在雷达、通信、导航、电子对抗等许多领域得到了广泛的应用，军事科学家们还应用微波的作用机理，研制新概念武器——微波武器。而微波的另一方面的应用就是作为能源应用于工农业生产及人们的日常生活中，例如微波加热与解冻、微波干燥、微波灭菌与杀虫等方面，特别是随着微波炉的日益普及，使得微波炉产品也进入了寻常百姓的家中，直接为人类造福。

微波加热原理与微波炉

提起微波，很多人首先想到现代炊具微波炉。

现代物理知识

微波炉的微波加热原理是基于物质对微波的吸收作用而产生的热效应。微波加热的是一些能够吸收微波的吸收性介质,即含有极性分子的介质材料。当有极性分子的介质材料置于微波电磁场中时,介质材料中会形成偶极子或已有的偶极子重新排列,在交变电磁场的作用下,并随着高频交变电磁场以每秒高达数亿次的速度摆动,分子要随着不断变化的高频电场的方向重新排列,就必须克服分子原有的热运动和分子相互间作用的干扰和阻碍,产生类似于摩擦的作用,实现分子水平的“搅拌”,从而产生大量的热量。由于微波频率高,极性分子摆动速度很快,因此,快速加热是微波加热的突出特点。水分子是极性分子,绕其对称轴的旋转频率为 22 吉赫,在此频率的水对微波产生共振吸收现象,对微波有很强的吸收作用。而一般食品中都含有水分子,因此可用微波快速烘干和烹调食品。

微波炉是一种多功能、快捷、方便、能量转化均匀的加热工具。微波在生物内转化为热量的热效应,它不同于常规加热。常规加热是首先通过传导、对流、辐射的传热方式加热固体周围的环境或固体表面,使固体的表面得到热量,然后再通过热传导的方式将热量传到固体内部,其加热介质可以是热空气、炉气、过热蒸汽,也可以是远红外线辐射等。这种加热方式效率低,加热时间长。而微波加热是一种“冷热源”,它在产生和接触到物体时,不是一般热气,而是电磁能,要在生物体内经过分子内部作用才能转化为热能。因此,使用这种能源加热时,不会像其他能源那样由外向内传输热能,当内部发热时,外表就可能焦糊了。而使用微波进行加热时,由于它能深入到物体的内部,所以是里外一起加热。另因物体表外的水分一般都较少,往往是里面的湿度高于表面的湿度,且内部物质如果质地相同时,也往往是同时加热,就不会出现加热体表面烧焦的现象,并能保护表面形状的色彩。所以,微波炉既能用于工业、医疗上进行加热与解冻、烘烤与干燥等,还能用于家庭进行烹饪、野外军事训练进行后勤保障的应用。

微波的杀伤机理与微波武器

什么是微波武器?微波武器是利用高功率微波束毁坏敌方电子设备和杀伤作战人员的一种定向能武器。用作武器的微波波长通常在 30~3 厘米、频率为 1~30 吉赫、输出脉冲功率在吉瓦级。目前,美、

俄、英、法等国研制的微波武器主要分为两大类:一类是高功率微波波束武器,另一类是微波炸弹。微波波束武器是由能源系统、高功率微波系统和高增益定向天线组成。主要是利用高功率波源产生的微波经增益定向天线向空间发射出去,形成功率高、能量集中且具有方向性的微波射束,使之成为一种杀伤破坏性武器。这类武器全天候作战能力强,有效作用距离较远,可同时杀伤几个目标。还能与雷达兼容形成一体化系统,先探测、跟踪目标,再提高功率杀伤目标,达到最佳作战效能;微波炸弹,一般是在炸弹或导弹战斗部上加装电磁脉冲发生器和辐射天线构成。主要是利用炸药爆炸压缩磁通量的方法产生高功率电磁脉冲,覆盖面状目标,在目标的电子线路中产生感应电压与电流,以击穿或烧毁其中的敏感元件,使其电子系统失效、中断和破损。

微波武器的杀伤机理是基于微波与被照射物之间分子相互作用,将电磁能转变为热能而产生的微波效应,就其物理机制来讲,主要有以下三种效应:电效应、热效应和生物效应。

微波电效应是指高功率微波在金属表面或金属导线上感应电流或电压,并由此对电子元器件产生的效应。如造成电路中器件状态反转、器件性能下降和半导体的结击穿等;微波热效应是指高功率微波对介质加热导致升温而引起的效应。如烧毁器件和半导体的结、二次击穿等;微波生物效应是指高功率微波与生物体相互作用的效应。一般情况下它是吸收微波功率的结果,吸收的微波功率转化成热能,热能又转化成温度,所以高功率微波生物效应是热效应的一种,又可分为“非热效应”和“热效应”两类。“非热效应”是由较弱的微波能量照射后,造成人员出现神经紊乱、行为失控、烦躁、致盲或心肺功能衰竭等,这些均是微波生物效应所致,这种效应能够加热细胞而改变神经细胞的活动而引起的。

基于这种原理,微波武器利用高增益定向天线,将强微波发生器输出的微波能量会聚在窄波束内,从而辐射出强大的微波射束(频率为 1~300 吉赫的电磁波),直接毁伤目标或杀伤人员。由于微波武器是靠射频电磁波能量打击目标,所以又称“射频武器”。高功率微波武器的关键设备有两个,即高功率微波发生器和高增益天线。高功率微波发生器的作用是将初级能源(电能或化学能)经能量转换装置(强流加速器等)转变成高功率强脉冲电子束,再使

应用电视技术

田汉平

电视系统按用途可以分为广播电视和应用电视两大类。广播电视向大众提供电视节目,丰富人们的精神文化生活,大家非常熟悉;应用电视是广播电视之外所有电视的统称,也称为非广播电视,许多人并不很熟悉。无论广播电视还是应用电视,都需要摄像机。应用电视中广泛采用的是 CCD 摄像机。

CCD(Charge Coupled Devices)摄像机即用电荷耦合器件制成的固体摄像机,它的寿命很长,能经受强烈的震动而不损坏,工作电压又很低,体积小,重量轻,而且均匀性好,几乎没有几何失真,所以,CCD 固体摄像机几乎完全代替了视像管摄像机,它分为黑白 CCD 摄像机和彩色 CCD 摄像机。这种摄像机不仅对可见光可进行摄像,而且由于 CCD 光电传感器对波长为 800~1000nm 的人眼看不见的红外光仍然敏感,在黑暗中用该段波长的光源来照射被摄物体,虽然对人而言是黑暗的,但黑白 CCD 摄像机却能得到令人满意的图像(彩色 CCD 摄像机由于有

滤色器挡住红外光,不能成像)。人们将 CCD 摄像机附加适当设备就可制成各种特殊成像摄像机和适应特殊环境的摄像机。例如,人们利用红外照明器照射被摄目标,由摄像机的 CCD 传感器将目标的可见光和不可见的红外图像转换为电信号输出,在监视器上显示可见光图像的原理制成了主动式红外电视;同时,还制成了不需要红外照明光源的三种被动式红外电视。它们分别是光机扫描型热摄像机(利用精密机械装置驱动光学扫描部件,完成对目标的扫描,摄取目标的红外辐射而成像)、热释电型摄像机(采用热释电摄像管作为摄像器件,将目标的红外线辐射能量分布转换为视频信号)和凝视焦平面阵列红外摄像机(采用元数足够多的红外探测器面阵充满物镜焦平面的方法来实现全视场范围内目标成像,取消了光机扫描,探测器单元与系统观察范围内的目标元一一对应);此外,人们还利用 X 线像增强器(一种多电极静电聚焦电子光学器件,X 线图像经它转换成可见光图像并将图像亮度增强)制成了 X

电子束与电磁场相互作用而产生高功率电磁波。这种强微波将经高增益天线发射,其能量汇聚在窄波束内,以极高的强微波波束(其能量要比雷达波的能量大几个数量级)辐射和轰击目标、杀伤人员和破坏武器系统。微波武器的穿透力极强,能像中子弹那样杀伤目标(如装甲车辆)内部的战斗人员,如指挥人员、武器装备操纵人员等,从而瘫痪目标。

与常规武器、激光武器等相比,微波武器并不是直接破坏和摧毁武器设备,而是通过强大的微波束,破坏它们内部的电子设备。实现这种目的途径有两条:其一是通过强微波辐射形成瞬变电磁场,从而使各种金属目标产生感应电流和电荷,感应电流可以通过各种入口(如天线、导线、电缆和密封性差的部位)进入导弹、卫星、飞机、坦克等武器系统内部电路。当感应电流较低时,会使电路功能混乱,如出现误码、抹掉记忆或逻辑等;当感应电流较高时,则会造成电子系统内的一些敏感部件如芯片等被烧毁,从而使整个武器系统失效。这种效应与核爆炸产生的电磁脉冲效应相似,所以又称“非核爆炸电磁脉冲效应”。据有

关报道,20 世纪 50~60 年代,美国科学家在研制原子弹和氢弹等核武器时惊奇地发现,核武器爆炸也会产生巨大的电磁脉冲。一次美军在太平洋高空进行氢弹试爆,氢弹爆炸后,夏威夷美军地面部队的电子系统莫名其妙地受到了冲击。其中,防空雷达被迫中断工作,更有意思的是,美军房间电灯因使用电子启动器而被烧毁,屋内一片漆黑。当时,正在夏威夷上空飞行的美军侦察卫星也倒了霉,电子系统全部受到破坏,卫星随即失灵,成为太空垃圾。起初,美军还以为有人搞破坏,后来才发现,这全是核武器爆炸产生的电磁脉冲在作祟;其二是强微波束直接使工作于微波波段的雷达、通信、导航、侦察等电子设备因过载而失效或烧毁。因此,微波武器也被认为是现代武器电子设备的克星。所以有人说,核武器是人类 20 世纪最大的杰作,而微波武器则是人类兵器研究的最大突破,在 21 世纪,它拥有的地位将可能仅次于上世纪的核武器。

(云南昆明陆军学院物理系 650207)