

# 微波武器——21世纪的太空武器

孙光东

(华北航天工业学院 河北廊坊 065000)

高功率微波武器在未来战争中一旦投入作战使用,战场可能会在很大程度上进入以微波和光子代替导弹的新时代。微波武器的毁伤效应是完全看不见的,因此有利于隐蔽使用,从而使敌方对抗措施更加困难和复杂化。

微波武器又称为射频武器,它是利用超高频微波发射机和高增益定向天线发射高强度的、汇聚的微波束来杀伤人员和武器装备的

装置。据报道,海湾战争刚开始数小时,美国海军就首次使用了微波武器,由战斧式巡航导弹携带微波弹头来破坏和摧毁伊拉克的防空武器的指挥和控制系统。在1999年3月24日北约对南联盟的轰炸中,美国使用了尚在实验的微波武器,它由“二战”中研制原子弹的洛斯阿拉莫斯实验室研制。这次微波弹的使用,使南联盟部分地区的各种通信设施瘫痪了3个多小时。多年来,美国非常重视微波武器的发展,一直在进行宽频带、高功率微波武器和窄频带定向微波武器的研究和开发。《美国空军2025年战略规划》的研究报告,在未来武器构想中提出发展高功率微波武器,要求这种武器对地面、空中和空间目标具有不同的杀伤力。他利用低轨道的一组卫星把超高、超宽频带微波投射到地面、空中和空间目标上,在这样的目标区产生几百米范围内的高频电脉冲,摧毁或干扰所有目标区内的人员和电子设备。

微波是一种高频电磁波,波长范围在 $1\text{mm}\sim 1\text{m}$ 之间。微波波束可用特殊的高增益天线聚成方向性极强、能量极高的窄波束,在空中以光速沿直线传播,几十千米的距离瞬时到达。微波武器可在远距离上对目标的光电设备进行干扰,在近距离上杀伤有生力量,引爆各种装置或直接摧毁目标。它是一种具备软硬多种杀伤效应的定向能武器。

微波武器与其他的定向能武器不同,它不需要微波直接瞄准目标,对目标进行的是软杀伤,如干扰或烧毁目标武器系统的电子元件、电子控制及计算



机系统等。由于微波射束的波斑远比激光波束的光斑大,因而打击的范围也大,从而对跟踪、瞄准的精度要求也就相对较低,有利于对近距离快速目标实施攻击。把强大的微波束汇聚在窄波束内,可用于攻击军事卫星、洲际弹道导弹、巡航导弹、飞机、舰艇、坦克,以及空中、地(海)面上的雷达、通信和计算机设备,使目标遭受物理性破坏而丧失作战机能。

微波武器的杀伤作用主要体现在以下几个方面:

1. 较低强度微波照射会使武器操纵人员生理功能紊乱。当微波照射强度较低时,微波的功率密度达到 $13\text{mW}/\text{cm}^2$ 就会使导弹和雷达的操纵人员、飞机驾驶员以及炮手、坦克手等人的生理功能紊乱,武器操纵人员的工作状态发生变化,导致武器控制系统失灵。

2. 当微波照射强度较高时,微波的功率密度达到 $0.5\text{W}/\text{cm}^2$ 时,会造成人体皮肤轻度烧伤;当功率密度达到 $20\text{W}/\text{cm}^2$ 照射2秒钟可造成三度烧伤;当功率密度达到 $80\text{W}/\text{cm}^2$ 时,照射仅1秒钟就可使人丧命。

3. 对无屏蔽或有屏蔽但有缝隙的电子设备的破坏性很强。当电磁波能量集中在单一频率为主的窄波段内,波长以毫米或厘米为主时,只要目标的缝隙大于微波的波长,它就可以经过这些缝隙进入目标的内部,还可通过玻璃或纤维等不良导体进入驾驶舱内,杀伤里面的人员。如果辐射的微波功率足够强,则装备外壳开口与缝隙处可以被电离,从而变成良导体,当微波照射功率密度达到 $100\text{W}/\text{cm}^2$ 时,会在极短的时间内使目标受到高热而破坏,甚至能够引爆炸弹。

4. 破坏武器系统中的电子设备,使其丧失作战能力。当微波照射功率密度达到 $0.01\sim 1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 时,可以干扰相应频段的雷达、通信、导航设备的正常工作;当微波照射功率密度达到 $0.01\sim 1\text{W}/\text{cm}^2$ 时,可以使探测系统、和武器系统设备中的电子元器

# 电子回旋共振微波等离子体及其在材料科学中的应用

施 昌 勇

(北京服装学院基础部 100029)

低气压、低温放电方面的一个重要的最新进展是电子回旋共振(ECR)放电。这种技术首先是在核聚变研究中发展起来的。最初,它被用于磁镜实验装置产生和加热等离子体,后来,又被发展成为托卡马克、串级磁镜等聚变装置实验中进行等离子体加热的主要手段之一,即电子回旋共振加热(ECRH)。目前,这一高技术已被移植到各种低温等离子体应用之中,显示了蓬勃的生命力。

电子回旋共振微波等离子体是指:当输入的微波频率 $\omega$ 等于电子回旋共振频率 $\omega_{ce}$ 时,微波能量可以共振耦合给电子,获得能量的电子电离中性气体,产生放电。电子回旋频率为 $\omega_{ce} = eB/m$ , $e$ 和 $m$ 为电子电荷及其质量, $B$ 是磁场强度。我们通过调节磁场位形,使得这个条件在放电室某一体积或表面积中得到满足,即 $\omega = \omega_{ce}$ 。在磁场中,电子通过共振吸收机制获得能量,从而电离或激发中性粒子。这种放电可以在低气压下进行。通过改变放电气压、气体流量、磁场形态和输入微波功率可以获得参数满足需要的等离子体。

ECR 等离子体的物理研究工作包括微波在等离子体中的传播和吸收的基本物理过程,等离子体的电磁约束和稳定的特性等。这些研究工作目前已经卓有成果,现在主要是进行 ECR 等离子体的应用研究。

件失效或烧毁;当微波照射功率密度达到  $10 \sim 100 \text{ W/cm}^2$  时,高频率微波辐射形成的瞬变电磁场可使金属表面产生感应电流,通过天线、导线、电缆和各种开口或缝隙耦合到卫星、导弹、飞机、舰艇、坦克、装甲车辆等内部,破坏传感器和电子元器件等各种敏感元件。

5. 攻击隐身武器。隐身武器除了具有独特的外形以减少雷达反射波之外,更重要的是采取吸波材料,吸收雷达要探测的电磁波。如美国的 B-2 隐身轰炸机和 F-117A 隐身战斗机等不仅机体采用吸波材料,而且机体表面也涂有吸波涂料。高频率微

## 一、ECR 微波等离子体技术的特点

在等离子体应用技术中,可以定义能量活性系数  $\epsilon = (E_i + E_o)/E_i$  其中  $E$  是碰撞离子能量,  $E_o$  是中性粒子能量。

随着离化率及等离子体密度的提高,能量活性系数可以大大提高,从而增加了等离子体的强化作用。于是,寻求高离化率、大面积均匀、高密度的等离子体产生技术并将其应用于材料表面改性过程是科学工作者多年来追求的目标。

传统的低气压、低温等离子体是在气压范围从 1Pa 到 100Pa 的气体中进行直流、微波或射频放电产生。直流放电首先被研究和应用,但直流放电等离子体是有极放电,而且密度低、电离度低、运行气压高,这就限制了其应用的广泛性。随后,人们又开发出射频放电、微波放电等离子体技术,它们都是无极放电,产生的等离子体密度比辉光放电要高,因而获得较广泛的应用。

一般的微波放电是在以放电室壁为边界的有限体积中进行的。实际的放电壁可以是导电的波导壁,也可以是由能透射微波的材料(如石英玻璃)构成的谐振腔壁。它有一个出口,以便激发态或带电的粒子通过这个出口扩散到处理区。等离子体包含电子、离子和中性粒子 3 种成分,对于稳定放电它们各自的密度应当是空间位置的函数。维持放电的微波能量可用一变化的电场表示:

波的强度和能量密度要比雷达微波高几个数量级,它产生的纳秒级脉冲的频带达到数千兆,远超过吸波涂层的带宽,足以抵消这种隐身效果,轻者可以使机毁人亡,重者甚至可以使武器即刻熔化。

微波武器有一系列的优点,如近于全天候的运用能力;波束比较宽,对波束的瞄准没有太高的要求,可以同时杀伤多个目标。微波武器类似于雷达系统,只不过具有更高的功率,因此有可能设计出一种系统,让其首先探测和跟踪目标,然后提高功率杀伤目标,并且全部以光速进行。因此可以预见,微波武器将成为 21 世纪的太空武器。