

谐波混频接收远红外(432.6 μm)激光辐射

周宝庆 张惠尔 顾旭昌 董永初

(中国科学院上海技术物理研究所)

当高次微波谐波与亚毫米波辐射直接混频时, 由于肖特基势垒二极管(S.B.D)强烈的非线性特性, 产生大的信号电平, 使谐波混频具有可能。取本振某一高次(第 n 次)谐波频率接近被接收信号频率的S. B. D谐波混频器, 可采用频率低至毫米波段(仅为亚毫米波辐射频率的 $\frac{1}{n}$ 倍)的功率源(速调管或固态源)作本振, 以谐波混频方式接收亚毫米波辐射。在缺乏合适可调本振源的亚毫米波领域, 它具有显而易见的优越性和实用意义。

通过光学和微波技术手段, 设计制作了一种交叉波导型谐波混频器, 用来接收远红外激光辐射。混频器由带锥形喇叭的圆波导和V波段矩形波导垂直交叉组成十字型结构, 两种波导的终端都设有可调短路器。S. B. D芯片封装在波导交叉界面小孔下的管芯柱上, 被置于圆波导内, 引出触丝天线, 其取向应与激光辐射的电场方向 E 平行。毫米波本振功率沿V波段波导输入, 调节 $E-H$ 调配器和短路器对二极管施以最大本振激励。远红外激光辐射经偏振, 通过透镜、喇叭聚焦并耦合到圆波导内的二极管上。中频信号则由与管芯柱一体的同轴滤波电路提取, 并经二级宽带低噪声中放(带宽500 MHz, 总增益 ≥ 60 dB)直接在BP-12全景频谱分析仪上显示。为了使混频器在激光焦平面内精确定位, 全部微波装置和混频器安装在 $X-Y-Z$ 可调平台上。

采用4 mm速调管作本振($f_{LO}=69.33$ GHz, $P_{LO}=2.5$ mW), 对HCOOH 9R(20)远红外432.6 μm (692.95 GHz)激光辐射进行了十次谐波混频接收实验。在BP-12频谱仪上观测到信噪比 >16 的中频显示。混频器置于0.1 V正向偏压下工作, 最小可探测功率 $\approx 10^{-15}$ W/Hz。实验所用S. B. D芯片参数为: $C_j=5 \times 10^{-15}$ F, $R_s=20$ Ω , $\phi=1.5$ μm , $n=1.16$, $V_B=8$ V。

实验表明这种兼有光学、微波结构特色的S. B. D谐波混频器, 可解决亚毫米波段缺乏基波混频本振源的困难, 省去了双工器等耦合部件, 是亚毫米波段中一种有效而可取的外差探测器。进一步的工作, 我们将采用锁相稳频的毫米波本振源, 使谐波混频器在远红外激光频率的精确测量等方面获得实际应用。