

太赫兹波段小型低功耗氮化铌超导探测器

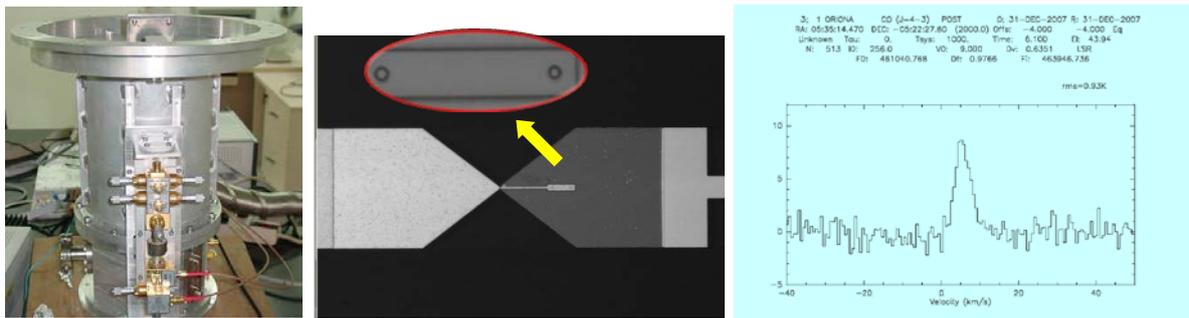
毫米波和亚毫米波技术实验室

中国科学院紫金山天文台

太赫兹波段具有非常重要的科学意义和广泛的应用前景。但长期以来，由于该频段探测器和信号源技术的缺乏，太赫兹波段仍是一个有待全面研究和利用的频率窗口。太赫兹波段天文观测在天体物理及宇宙学研究中具有不可替代的作用，正成为现代天体物理前沿研究领域之一。目前，我国正积极酝酿南极天文大科学工程，太赫兹望远镜是其关键设备之一。另外，太赫兹技术也已列入了空间科学预研项目。基于南极（类空间）和空间应用的特殊要求，研制小型低功耗超导探测器（接收机）具有特别重要的意义。

高能隙氮化铌（NbN）超导隧道结能隙频率是广泛应用的铌的两倍，其频率上限高达 2.8THz。由于具有更高临界转变温度，其工作温度可从液氦温区扩展到 10K 左右温区，这为研制小型低功耗超导探测器提供了非常有利的条件。紫金山天文台毫米波亚毫米波技术实验室与日本 NiCT 神户研究所合作（主要利用该所的超导隧道结制备条件），成功制备了能隙电压和质量因子高达 5.6mV 和 15 的高质量高能隙全 NbN 超导隧道结，进而成功研制了 0.5THz 频段 NbN 超导混频器，实测接收机噪声温度优于 120K（约 5 倍量子极限）。该 NbN 超导混频器已应用在 POST 亚毫米波望远镜上，成功观测到频率为 0.46THz 的 CO ($J=4-3$) 星际分子谱线（参见下图），这是国际上首次实现基于 NbN 超导隧道结探测器的天文观测，被认为是超导混频技术研究的一个重要里程碑。近期，在该探测器的小型化技术研究方面又取得实质进展。

该项研究的相关成果包括：1) *Appl. Phys. Letts.* (92, 222504); 2) 作为特邀论文发表于 *IEEE Trans. Appl. Supercond* (19, 417, 2009); 3) 在 2009 年亚太地区微波大会 APMC（三大国际微波会议之一）上，发表论文获大会评审的“最佳论文奖”（共两篇）。



POST 接收机（左）、NbN 超导隧道结混频芯片局部照片（中）和利用 NbN 超导 SIS 混频器观测到 0.46THz 一氧化碳（CO）星际分子谱线（右）。