

## 40GHz TES 探测器的仿真优化与加工

Wednesday, 14 August 2024 15:15 (15 minutes)

宇宙微波背景辐射（CMB）是宇宙大爆炸后早期冷却过程产生的遗留辐射，保留了丰富的宇宙早期信息。目前 CMB 实验的主要观测目标已经变为极其微弱的 B 模式极化，在大尺度上测量 CMB 的 B 模式偏振是探测在暴涨时期产生的张量扰动（原初引力波）的最主要方式。这需要在观测中使用极低噪声等效功率的探测器。超导转变边沿探测器（Transition Edge Sensor, TES）是以超导薄膜作为温度计的一种热平衡探测器，具有极低的噪声和极高的灵敏度，是当前主流的 CMB 望远镜探测器。TES 探测器可探测低频、中频和高频的 CMB 信号，低频范围的探测主要是在 40GHz 附近观测。通过 TES 探测器来探测 CMB 的 B 模式极化，微波信号被耦合到电路当中，通过平面正交模耦合器、共面波导、微带线、滤波器、交叉器等微波链路结构，进行频率选通后传输到 TES 探测器。因此需要首先对前端微波器件进行仿真设计，通过修改微波器件的结构尺寸以及优化材料可以对其性能进行优化。我们选用了低损耗的富硅衬底重新开展了 40GHz TES 探测器前端微波链路的设计，对平面正交模耦合器、共面波导转微带线的阻抗匹配段、滤波器以及交叉器结构的仿真设计与计算，通过仿真优化，在 30GHz-50GHz 范围内，微波信号最小透过率在 88% 以上。通过微纳加工手段来进行 TES 探测器芯片的加工，芯片结构是按层生长的。我们选用定制的已长有低应力 SiNx 的硅片作为起始硅片，整个工艺流程包括 9 次光刻、5 次干法刻蚀、1 次湿法刻蚀、3 次剥离、3 次磁控溅射和 4 次电子束蒸发。我们测量了最后整体的加工误差大约有 1 $\mu$ m 的偏移，但由于提前预留的余量充足，所以 1 $\mu$ m 的偏移不影响 TES 的性能。加工的重难点主要在于 Nb 的高选择比刻蚀、氮化硅及 AlMn 的生长，工艺的均匀性以及稳定性，以及最后一步的深硅刻蚀。目前采用了新的 Nb 线层刻蚀配方，在保证高刻蚀选择比的前提下，降低刻蚀侧壁的垂直度，使薄层金属更容易搭接，目前的工艺已经可以保证有比较高的成功率。现在在做的新版 TES 加工，等最后一步深硅工艺摸索出来以后有望得到完整的符合要求的 TES 单像素芯片，进而可以对 TES 整体进行光学测试，为后续 TES 阵列的加工提供保证。

**Primary author:** 袁, 双双

**Presenter:** 袁, 双双

**Session Classification:** 分会场五

**Track Classification:** 粒子物理实验技术