

二十五、新型石墨基高能粒子束降能器设计与制备技术

项目背景：

基于回旋加速器产生的粒子束的能量固定，而在某些特定的应用场合，要求快速的改变出射粒子束的能量，因此需要在能量固定的回旋加速器的前段配置粒子降能器件。选择降能器件的材料时，应当尽量选择平均原子量低的材料，同时该材料还要最大限度的降低韧致辐射的发生(即降低 X 线的沾污)。如中国发明专利申请公开说明书 CN 1331903 A 于 2002 年 1 月 16 日公开的一种改变从加速器中引出的粒子束的能量装置。该装置中提及的降能器件之一为其厚度可呈梯级变化的石墨块体。这种石墨块体降能器件的使用虽可在回旋加速器的输出端得到连续可调的不同能量的粒子流，却也存在着因石墨块体的内部含有大量的孔洞，致使其在真空环境中放气量较大，以及由石墨粉体压制而成的石墨降能器件在工作过程中粉体极易脱落，影响了结构的稳定性，降低了粒子降能的预期效果之不足。为解决这一问题，人们在降能的低能量侧衰减区域，选择了稳定性更好的铍材料作为粒子降能器件，以极大的提高粒子在大幅度能量衰减时的稳定性，如中国发明专利申请 CN 103582915 A 于 2014 年 2 月 12 日所公布的一种降能器及具备该降能器的带电粒子束照射系统。可是，该系统中的降能器铍材料虽然具有粒子束下稳定性好的优点，但其价格较贵，且具有毒性，因此非常难于推广应用。针对此问题，我们设计了复合材料降能器，该结构由石墨基体和均匀涂覆在石墨上的致密化合物半导体涂层组成，放气率测试表明，复合材料降能器放气率比传统石墨降能器低三个量级，同时，复合材料石墨材料的降能器结构稳定，满足高能粒子辐照条件下，粒子束降能的要求。

技术指标：

经特殊的涂层技术设计，最终石墨基复合材料降能器放气率为 $10^{-8} \text{PaLcm}^{-3}$ ，涂层密度： 2.2g cm^{-3} ，致密度高，接近于涂层材料的理论值，粒子透过性能良好。

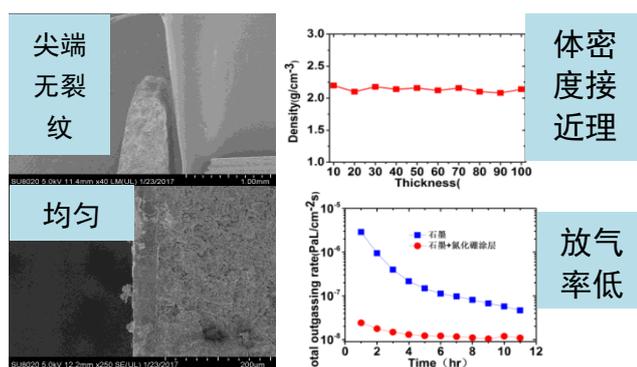


图 1：制备石墨基复合材料降能器性能测试图

市场前景：

目前复合材料石墨降能器已能实现批量生产，材料性能、质量及其稳定性能满足各类高能粒子降能、超高真空半导体加工设备精密配件（如 MOCVD、MBE）等应用领域的要求，性价比优于进口材料。