

## 宁波材料所在电磁屏蔽材料设计与制备方面取得研究进展

作者：， 日期：2020-11-18

随着现代电子工业的快速发展，急剧增加的各种无线通信系统和高频电子器件导致电磁干扰现象和电磁辐射污染问题日益突出。电磁屏蔽材料能够通过吸收和反射的方式衰减电磁波能量以有效抑制电磁干扰和电磁辐射污染，在保护设备正常工作和人类健康方面发挥着极其重要的作用。和传统金属基材料相比，导电聚合物复合材料用于电磁屏蔽具有轻质、易加工、耐化学腐蚀和性能可调的优势，已被学术界和工业界广泛关注。另一方面，日益复杂的应用条件使得对在外部刺激下具有方便性能调节的智能屏蔽材料的需求不断增加。前期，研究人员报道了利用湿度实现多孔电磁屏蔽材料性能的有效调节，然而湿度很难在大气环境中被精确控制。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所高分子实验室郑文革研究员和沈斌副研究员团队一直致力于高效电磁屏蔽材料的开发，在前期工作中设计了具有锯齿形折叠结构的高强度柔性聚合物/石墨烯复合薄膜，并通过锯齿形折叠结构的拉伸或压缩实现了复合薄膜屏蔽性能的有效调控 (*Carbon*, 2017, 113, 55-62)。类似地，团队也使用溶液涂覆的技术制备了具有优异弹性且具有开孔结构的石墨烯涂层PU泡沫，并通过简单的机械压缩回复来改变多孔结构对电磁波的多重反射/散射衰减能力，从而实现了泡沫材料屏蔽性能的有效调控 (*ACS Applied Materials & Interfaces*, 2016, 8, 8050-8057)。但是，上述复合泡沫材料的局限性在于，在性能调节过程中如果没有外力就无法固定SE（屏蔽效能）值，因为当去除外力时材料的机械变形将恢复。因此，仍然有必要探索新思路来设计并制备新型智能屏蔽材料，使其能够在自固定机械变形下实现便捷的性能调控。

形状记忆聚合物（Shape Memory Polymer, 简称SMP），是指具有初始形状的制品在一定的条件下改变其初始形状并固定后，通过外界条件（如热、电、光、化学感应等）的刺激又可恢复其初始形状的高分子材料。利用这个优势，该团队提出“在三维导电碳泡沫中引入形状记忆聚合物来实现高效泡沫电磁屏蔽材料自固定机械变形下屏蔽性能的可控调节”的新思路（图1）。研究人员首先以天然Balsa木作为原料，先后通过化学处理、冷冻干燥和碳化制备出了可压缩的三维导电碳泡沫材料。随后通过TPI（反式1,4-聚异戊二烯）和MXene的混合溶液包覆，得到了具备形状记忆功能的复合泡沫电磁屏蔽材料（TPI-M/CF）。该材料在厚度~2-10mm和密度~150mg/cm<sup>3</sup>下具备25.3-44.7dB的优异屏蔽性能，而且屏蔽效能SE值可以根据不同压缩应变在一定范围内调节（例如当压缩应变从0增加到30%和60%时，MXene含量为10wt%的样品SE值从36.7变为28.1dB和23.0dB）。同时，凭借TPI的形状记忆骨架，泡沫材料可以在温度调控（热/电刺激）下实现压缩变形的自固定和形状恢复（图2），从而实现在自固定机械变形下屏蔽性能的可控调节。基于这一功能，我们可以实现该复合泡沫电磁屏蔽材料的屏蔽效能在有效范围（SE > 20dB）内可调或在低效弱屏蔽（SE < 20dB）和有效强屏蔽（SE > 20dB）之间智能切换（如图3）。相关结果已发表于国际期刊*Chemical Engineering Journal*, 2021, 405, 126927。

上述工作得到了宁波市科技创新2025重大专项（2018B10054）、宁波市自然科学基金（2018A610004）和国家自然科学基金（51603218）的大力资助。

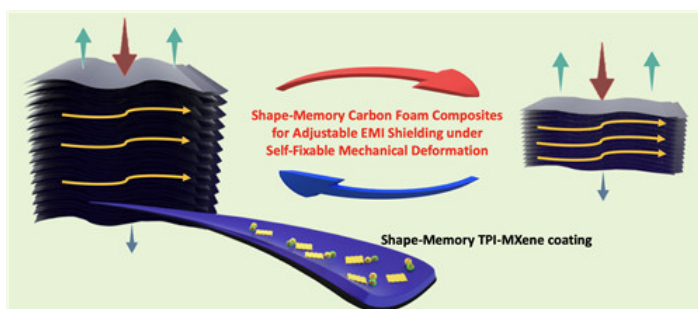


图1 自固定机械变形下屏蔽性能可调的形状记忆复合泡沫电磁屏蔽材料

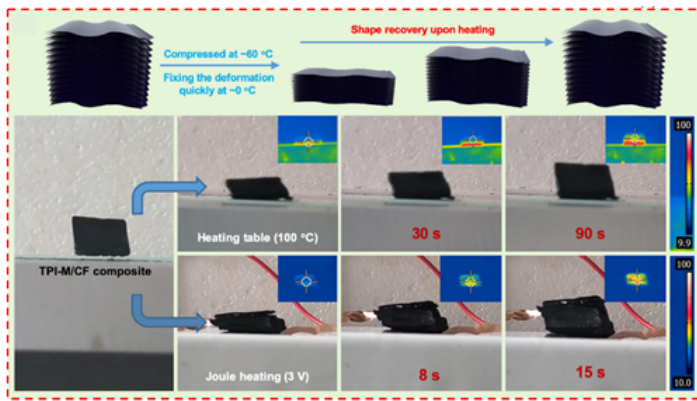


图2 TPI-M/CF复合泡沫材料的热/电刺激形状记忆功能演示

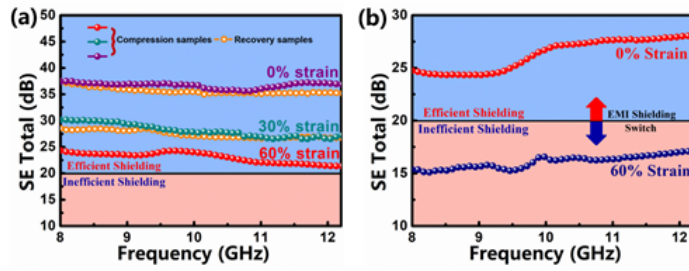


图3 TPI-M/CF复合泡沫材料的屏蔽效能可有效范围 (SE > 20dB) 内可调或在低效弱屏蔽 (SE < 20dB) 和有效强屏蔽 (SE > 20dB) 之间智能切换

(高分子与复合材料实验室 沈斌、贾锡琛)