

# 自主自修复且机械坚固的水凝胶及包含该水凝胶的摩擦纳米发电机



能源和环境

节能/发电/管理/储存 (电池)

纳米技术与新材料

## 机会

下一代可穿戴电子设备和智能仿生器件的开发需要兼具高离子/电导率、机械稳定性和自主自修复能力的软材料。现有的自修复材料（如离子凝胶或湿水凝胶）通常存在流体穿刺、短路以及在极端条件下性能不佳等局限性。此外，在不牺牲机械强度或电导率的前提下，实现固态材料的快速自主自修复仍是一个重大挑战。用于摩擦纳米发电机（TENG）作为感应层的传统水凝胶面临脱水、低温结晶和电荷保持能力降低等问题，导致极化界面不稳定和能量收集性能下降。因此，迫切需要一种耐用、自修复的导电材料，能在各种环境（常温、水性和冷冻）下可靠工作，以支持可穿戴设备、假肢和能量收集等全天候应用。

## 技术

本专利通过引入一种由丙烯酸（AA）与阿拉伯树胶（GA）接枝共聚并经铁离子（ $Fe^{3+}$ ）交联的自修复水凝胶来解决这些挑战。GA作为簇状分子介导非扩散键合相互作用，形成富含分子间/分子内氢键位点、非键电子对和动态共价键位点的网络。这种重叠相互作用的独特组合（包括 $Fe^{3+}$ -COO-配位、氢键和范德华力）使得材料能在常温条件下5-10秒内实现机械、光学和电学性能的快速自主自修复，无需外部刺激。该水凝胶通过动态键合与静电相互作用之间的切换，即使在湿润和冷冻状态（低至 $-30^{\circ}C$ ）下也能保持自修复功能。当作为感应层集成到摩擦纳米发电机（SHE-TENG）中时，水凝胶被封装在硅橡胶弹性体（如Ecoflex）内。该器件利用水凝胶的高电荷离域密度和稳定极化界面，通过接触起电和静电感应高效收集能量，在宽频率范围（0.2-40 Hz）内实现一致性能。合成过程涉及AA与GA的自由基聚合、 $Fe^{3+}$ 交联以及过硫酸铵引发，最终获得可拉伸（高达780%应变）、透明且机械坚固的水凝胶。

## 优势

- 在常温条件下5-10秒内实现机械、光学和电学性能的快速自主自修复。
- 在湿润和冷冻环境（低至 $-30^{\circ}C$ ）下保持自修复能力。
- 高拉伸性（高达780%应变）和机械坚固性。
- 优异的光学透明度（在600-900 nm范围内 $>73\%$ ）。
- 稳定的电导率和高电荷离域密度，实现高效能量感应。
- 在各种条件（常温、水性、冷冻）下可靠工作，性能不退化。
- 弹性体封装防止脱水和结晶，增强耐用性。
- 在功率密度和匹配阻抗方面优于现有自修复TENG。

备注

IDF: 1546

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

5

发明人

Prof. DAOUD Walid

Dr. Irum FIRDIOUS

Dr. Muhammad FAHIM

查询: kto@cityu.edu.hk



## 应用

- 用于能量收集和传感的可穿戴电子设备和智能纺织品。
- 用于运动监测和供电的假肢和生物医学设备。
- 需要耐用、自修复组件的机器人和软执行器。
- 用于恶劣环境（如水下、冷冻条件）的全天候能量收集器。
- 应急备用电源和便携充电设备。

