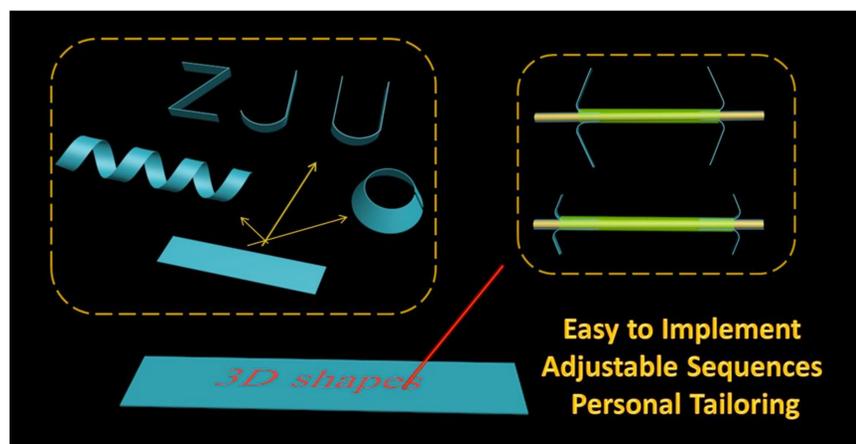


Abstract: 内应力诱导的自塑形材料可以在合适的刺激下发生三维形变, 在植入材料, 微流道, 仿生机器人等领域有广阔的应用前景。目前, 实现材料自塑形的办法主要是在平面材料中引入图案化的物理或化学结构, 在合适的刺激下, 同一平面中的不同区域发生不同响应, 从而产生内应力, 诱导材料的形变。这种自塑形材料可以以预设方式向目标形状转变, 在材料形状的动态控制方面具有明显优势。但是由于这种材料中形变信息是固定的, 难以实现形变的原位调控。我们介绍了一种形变信息“按需刻写”的方式解决这一局限性。本研究以常见的形状记忆材料Nafion和具有光热转变能力的聚多巴胺的复合材料为模型详细阐述了这种方法。我们通过高温拉伸和低温固定的方式获得处于均匀拉伸状态的材料, 通过近红外光照诱导局部形状恢复, 引发内应力, 实现三维形变。这一过程中, 平面材料是均匀的刺激响应材料, 形变信息由光照控制, 可以实现形变步骤任意可调的多步形变和具有“私人订制”特点的三维形变。

Method



✓ 这种方法可以实现材料的分步形变并任意调节材料的形变顺序。

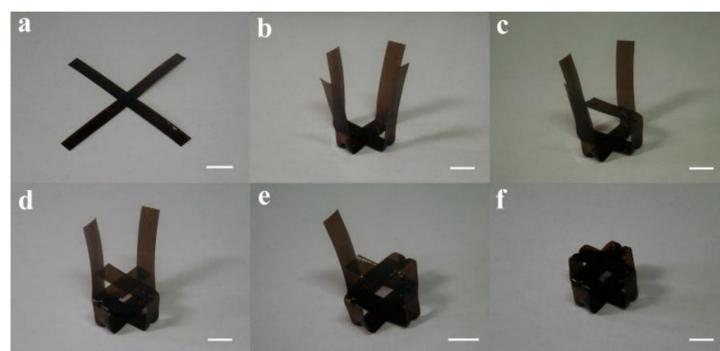


图3. 通过逐步光照实现分步形变, 获得具有复杂交叠结构的三维结构, 防止材料不同区域在形变过程中的相互碰撞导致的不正确形变。标尺: 1 cm。

✓ 通过多巴胺在碱性条件下的原位自聚制得Nafion/聚多巴胺 (Nafion/PDA) 复合材料, 所得材料保持了良好的形状记忆能力。

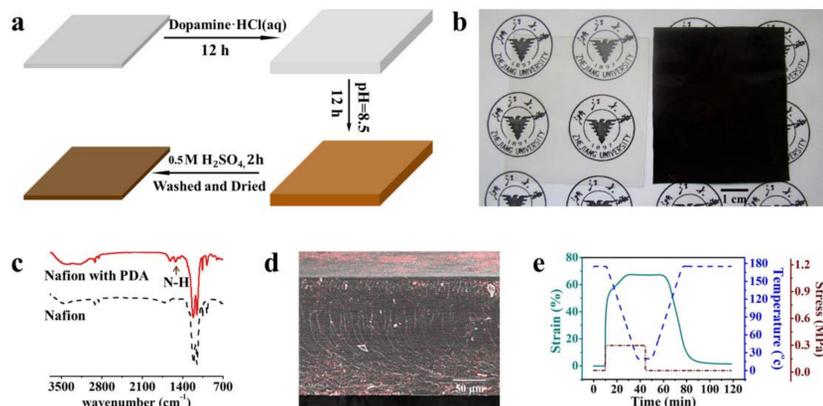


图1. (a) Nafion/PDA复合膜制备示意图。(b)聚多巴胺修饰前(左)后(右)Nafion膜数码照片。(c)聚多巴胺修饰前后Nafion膜的FT-IR/ATR光谱。(d) Nafion/PDA复合膜断面EDX图, 实验中利用Ag标记聚多巴胺。(e) Nafion/PDA复合膜形状记忆循环。

✓ 通过多巴胺在碱性条件下的原位自聚制得Nafion/聚多巴胺 (Nafion/PDA) 复合材料, 所得材料保持了良好的形状记忆能力。

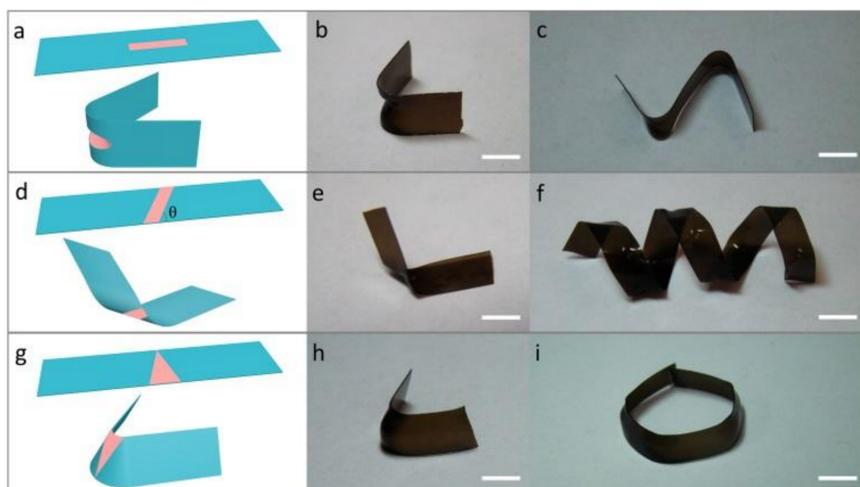


图2. 通过调节光照, 利用相同的起始材料获得不同的复杂三维形状。光照示意图及光照后三维形状的数码照片。标尺: 0.5cm

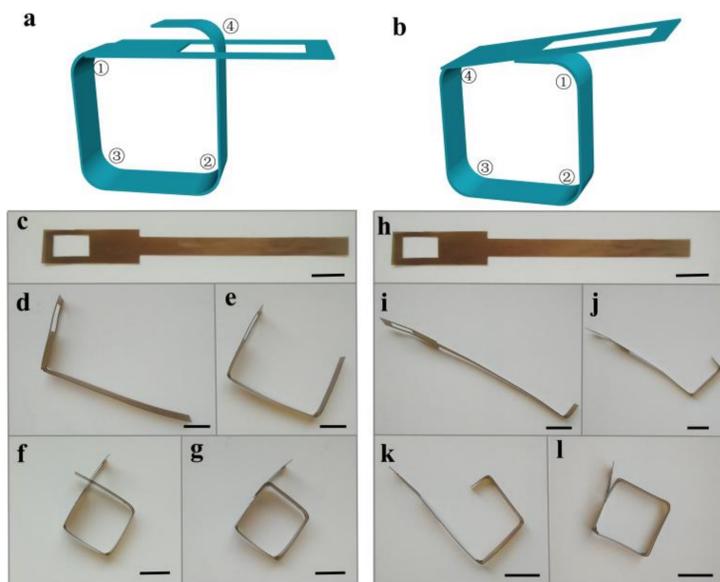


图4. 通过调节光照次序改变形变次序, 获得不同的三维结构。图中数字为光照次序。标尺: 1 cm。

✓ 在这一过程中, 平面材料是均匀的刺激响应材料, 不提供形变信息载体的作用, 所有的形变过程和最终的三维结构, 都由光照来控制, 因而可以方便地实现形变步骤任意可调的多步形变和具有“私人订制”特点的三维形变。



图5. 通过调节光照, 对材料的三维形状进行按需调控。标尺: 0.5cm

Conclusions

利用高温拉伸和低温固定的方式获得处于均匀拉伸状态的材料, 通过近红外光照诱导局部形状恢复, 引发内应力, 实现三维形变。这一过程中, 平面材料是均匀的刺激响应材料, 形变信息由光照控制, 可以实现形变步骤任意可调的多步形变和具有“私人订制”特点的三维形变。有效解决了复杂交叠结构的三维形状的构建问题和标准化的器件制备和使用环境的个体差异性之间的矛盾, 在个性化治疗等领域具有广阔的应用前景。

Acknowledgement

国家自然科学基金项目资助 (51333005)。

References

1. T. Chen, H. Li, Z. Li, Q. Jin, J. Ji, Mater. Horiz., 2016, 3, 581.
2. T. Chen, H. Han, F. Jia, Q. Jin, J. Ji, J. Phys. Chem. C, 2017, 11144.
3. C. Ma, T. Li, Q. Zhao, X. Yang, J. Wu, Y. Luo, T. Xie, Adv. Mater. 2014, 26, 5665..