

导电发光聚氨酯的应用及研究进展

邓治豪

福建省福州市闽侯县福建师范大学（旗山校区），福建省福州市，350000；

摘要：本文综述了近年来这一材料在显示、传感和导电领域的研究进展，并对其发展前景进行了展望。导电发光聚氨酯为新型有机-无机杂化材料，通过掺杂离子导体与发光物质，基于电化学发光（ECL）原理^[1]，展现优异导电与发光性能，广泛应用于光通信、显示、传感及光电领域。该材料通过化学交联及纳米复合，将有机/无机复合材料与聚氨酯结合，辅以元素改性（如氟掺杂）实现低压发光，并与增强力学性能的无机材料按比例混合^[2]，形成均匀且具适当强度的复合结构。其独特光学性能与优异柔韧性赋予其高导电性与稳定性。本文综述其在显示、传感及导电领域的最新研究进展，并展望其发展潜力。

关键字：聚氨酯；导电发光；柔韧性；复合材料

DOI: 10.69979/3060-8767.25.07.040

1 聚氨酯作为柔性材料显示

1.1 导电发光聚氨酯由于其优良的电学性的原理

由 Jin 等人所研究多孔离子凝胶中^[3]，显示通过将方糖添加有机导体凝胶，并与离子液体和发光物质混合后凝固，具备 ECL 的特性。由于导电发光聚氨酯材料本身没有颜色，需要在显示器件表面涂覆一层透明导电层，由此可以将具备优良力学性质和透明的聚氨酯作为导体，涂抹离子液体和发光物质使其在低压中导电发光^[4]。相比于在显示领域中需要使用到发光二极管或液晶显示器，需要将其与有机聚合物复合来制备材料以达到传感器功能化；在透明导电涂层方面采用多功能化设计可实现高透光率、高导电性和高耐腐蚀性等。

1.2 导电发光聚氨酯可以通过不断改进其原材料的组成

使其复合成为与有机高分子纳米复合材料具有相似的机械性能有机与无机的混合材料，可以与聚合物薄膜一起形成柔性复合薄膜，通过复合薄膜来制作柔性显示屏器件^[5]。且由于其原材料价格低廉，使其在生产成本中也具备良好的优势。以含有二苯基磷、氨基甲酸乙酯、聚酰亚胺、聚氨酯及氧化石墨烯为主要成分的导电发光聚氨酯为一种很有前途的柔性显示材料。就如在形成聚氨酯预聚体中加入透明聚酰亚胺来说，在于其复合之后会大大增强聚氨酯硬度，且不会影响其透明度^[3]。电子信息产业是我国目前国民经济和社会发展的重要支柱力量，它涉及信息传输、交换和处理技术以及相关产品的生产等。近年来消费者对于柔性屏幕的需求越来越

越大，作为具备良好性质的聚氨酯成为制备柔性显示器中的热门材料，且导电发光聚氨酯作为柔性显示屏器件可实现多种不同尺寸及不同形状下显示效果。但是作为长时间的显示器，聚氨酯有着氧化变色的缺陷，但是通过控制聚合物中添加金属氧化物或者二氧化硅来改善有机发光材料在高温下稳定性，可大大降低热致变色和氧化器件发生变色现象^[7]。

1.3 导电发光聚氨酯可以逐渐代替传统发光物质

这是由于传统发光物质是以半导体为基础，这就改变不了其需要巨大的电压才可以使其通电发光。就如同楚雪梅等人，在现代时尚中发光织物中的研究，虽然已经解决日常使用中的一系列问题，但由于其高驱动电压还是会使人产生畏怯^[8]。这样的问题是半导体物质作为发光材料的局限如同郭素文等人的研究，其在电极材料、引进氟离子等一系列进行了改进，但还是改变不了其需要高电压的事实^[9]。

2 传感与检测

2.1 导电发光聚氨酯的表面修饰通常需要使用到有机聚合物

近年来导电发光聚氨酯材料在传感器领域主要用于检测氧气、乙醇和甲苯等。利用导电发光聚氨酯制备传感器一般采用涂覆于多孔基底表面来实现。导电有机聚合物通常为聚吡咯，聚氧化乙烯等。其结构具有多孔性，在温度作用下会导致导电性下降。导电有机聚合物和导电聚氨酯复合材料不仅具有较高的电导率，还能改善传感器对各种化学试剂的响应性，可实现对不同化学

试剂的选择性检测及识别。同时利用导电有机聚合物制备传感器对于不同的目标分子表现出不同的响应性,如通过在导电有机聚合物中掺杂上所需化学基团来提高其对某些有害物质的选择性响应性。在传感领域中。此外,导电有机聚合物材料具有较好的生物相容性性和生物可降解性等优点使得它们在传感领域具有一定的应用前景。

2.2 在传感领域中,由于有机聚合物对温度比较敏感

通过将导电发光聚氨酯涂覆于有机聚合物表面或复合至导电有机聚合物并掺杂特定化学基团,可制备复合柔性传感器。柔性传感器因适应多种形态与形状的目标分子检测需求而备受关注。利用柔性敏感材料组装响应型物质(如金属纳米粒子)制备的柔性传感器已广泛研究与应用,通过表面修饰响应型物质制备柔性传感薄膜成为研究热点。例如,在柔性传感薄膜中,掺杂不同化学基团的金属纳米粒子可形成识别功能体,实现对一氧化碳及金属离子的选择性高灵敏检测。开发多种传感薄膜与体系,应用于生物传感。此外,与智能微纳材料结合可实现环境变化快速响应,开发智能响应薄膜、自清洁材料及可降解柔性传感器等高分子复合材料;与生物传感系统结合则可检测生物分子及酶活性,拓展监控应用。

3 生物医学

3.1 聚氨酯不仅能显示人体的各种生理信号

而且可以检测细胞内的变化情况和血液中细胞所释放的信号物质,从而实现对细胞功能状态的监测。聚氨酯可用于人体内血流成像及生物医学成像中。还可以在表皮中检测其血管舒张情况,来帮助判读人体内血压的高低。以及用于脑部中贴附在脑袋上在外部就能接受到脑电波的变化等一连串人体生理变化参数。

3.2 聚氨酯可通过光散射实现对肿瘤的探测

且灵敏度高、成本低、易操作等特点使其具有较好的发展前景。且由于其低压驱动,可以做成纳米探针之类,在减少病人在肿瘤探测中所受的伤害。

3.3 聚氨酯可用于体内成像并检测人体内循环血细胞的变化情况

其检测灵敏度比荧光染料高很多。可用于活组织内

部结构成像及病理生理研究,利用其良好特性制作了用于活组织内部结构探测的微型光纤传感器。在纳米级尺寸内可实现对目标分子的定位和成像能力,从而降低了对手术中组织切除后进行检测时所需操作复杂程度,这可使现代医学高速发展,也有利于人类社会对于生命的延续。

4 能量转化与存储

发光二极管:随着器件体积的减小,发光二极管会受到电子和空穴传输的限制^[10]。因此在显示领域中需对器件进行改进,以实现像素发光强度的调控和器件显示色彩的控制。如在管中加入能级小的半导体材料,但是半导体的性质,就算是使用最小能级材料,也比直接使用离子导体所需电压高的多^[11]。但是 Jeong 等人研究在有机发光二极管中加入平滑层,使其在低压中也能发出较强的光亮,但是其材料易于平滑层材料复合交联形细小突刺,不适合用于人体^[12]。

4.1 电池在太阳能电池领域中

可将其与导电发光聚氨酯结合来构建高效可逆太阳能电池体系。这不仅用于太阳能的光捕捉,又因聚氨酯柔性使其不用固定与房顶,这就区别与太阳能电池。聚氨酯可以直接放置于房子的阳面由于其透明性也不会遮挡阳光,这样节省出安装太阳能电池的房屋空间。

4.2 导电发光聚氨酯在热电堆及其他领域的应用

热电堆:导电发光聚氨酯可嵌入热电堆材料,构建热电堆传感器与器件。耐高温聚氨酯种类丰富,但透明聚氨酯在高温下易变为不透明,影响发光效率。太阳能电池:导电发光聚氨酯可利用普通阳光实现高效能量转换与存储,提升转换效率为研究热点。太阳能光电板:通过光致发蓝光特性,导电发光聚氨酯可提高太阳能电池能量转换效率,应用于化学能转换与能量存储,或作为柔性传感器材料,展现潜在价值。有机太阳能电池:凭借优异导电性与柔韧性,导电发光聚氨酯可与有机半导体结合,构建柔性有机太阳能电池,已实现实际应用。超级电容器:超级电容器因高功率密度、快速充放电及长寿命等优势,广泛应用于能量存储、生物医学、水处理及无线通信等领域。然而,其循环稳定性差、功率密度低及充放电时间长等不足限制应用。离子通道器件:导电发光聚氨酯可用于构建高性能离子液体基传感器,凭借优异导电性与易制备特性,制备高灵敏度离子传感

器,检测水中离子含量。

电化学检测应用:导电发光聚氨酯基于电化学发光(ECL)机制,形成双电子层,适配交流电提高导电速率。但在电化学检测,尤其生物检测领域,面临检测限低、信噪比低等问题。与石墨烯复合可制备高灵敏度、优异电化学性能的柔性传感器^[13],提升电化学特性是其应用的关键挑战。

5 总结及展望

本文对于聚氨酯在现代的应用以及其存在的缺点进行了讲述,聚氨酯在日常生活中几乎无处不在,将其改进使其成为在各个领域中热门材料,是目前关于聚氨酯的一个热烈讨论话题。对于生物医学来说,最重要的就是其良好的生物相容性,这使得对比于其他金属发光材料来说就是一个天然优势,并且其柔韧性好为其未来发展提供良好的性质。对于聚氨酯在未来的展望就是,希望可以作为生物电的接收器,能够更好更便利帮助人类。

参考文献

- [1]Jin Han Kwon, Yong Min Kim, and Hong Chul Moon. Porous Ion Gel: A Versatile Ionotronic Sensory Platform for High-Performance, Wearable Ionoskins with Electrical and Optical Dual Output. ACS Nano 2021 15 (9), 15132-15141. DOI: 10.1021/acsnano.1c05570.
- [2]姜鹏飞. 含氟二胺对透明聚酰亚胺薄膜性能的影响[D]. 华中科技大学, 2013.
- [3]席慧敏, 钱坤, 俞科静, 等. 基于二硫键和氢键的自修复聚氨酯弹性体的制备、改性及其应用研究[J/O L]. 化工进展: 1-11[2023-01-13]. DOI: 10.16085/j.issn.1000-6613. 2022-0743.
- [4]Schlingman, Kory, et al. "25 Years of Light-Emitting Electrochemical Cells: A Flexible and Stretchable Perspective." Advanced Materials 33.21 (2021): 2006863.
- [5]冯刚, 郑凯, 李燕芳. 无色透明聚酰亚胺薄膜专利技术热点[J]. 中国塑料, 2019, 33(04): 120-125. DOI: 10.19491/j.issn.1001-9278. 2019. 04. 021.

[6]Oh, Hwan, et al. "Voltage-tunable multicolor, sub-1.5 V, flexible electrochromic devices based on ion gels." ACS Applied Materials & Interfaces 9.8 (2017): 7658-7665.

[7]杨木泉, 张洪峰, 厉蕾, 等. 耐高温无色透明聚酰亚胺/SiO₂ 纳米复合薄膜的合成及性能研究[J]. 绝缘材料, 2017, 50(10): 1-5.

[8]楚雪梅, 赵惠, 张秀芹等. 电致发光纺织品的制备及应用研究进展[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2022, 42(03): 108-116. DOI: 10.16454/j.cnki.issn.1001-0564. 2022. 03. 011.

[9]郭素文, 杨伟峰, 胡云浩等. 硫化锌电致发光材料在智能可穿戴领域研究进展[J]. 发光学报, 2022, 43(05): 796-806.

[10]Kory Schlingman, Yiting Chen, R. Stephen Carmichael, and Tricia Breen Carmichael. 25 Years of Light-Emitting Electrochemical Cells: A Flexible and Stretchable Perspective. ADVANCED MATERIALS 2021 April 14, DOI: 10.1002/adma.202006863.

[11]李文连. 有机 EL 和 LED 与无机 EL 和 LED 发光机制的异同[J]. 液晶与显示, 2001(01): 33-37.

[12]Eun Gyo Jeong, Yongmin Jeon, Seok Ho Cho and Kyung Cheol Choi. Textile-based washable polymer solar cells for optoelectronic modules: toward self-powered smart clothing. Energy & Environmental Science 2019 Jan 18, DOI: 10.1039/C8EE03271H.

[13]Huang, Xian, et al. "Materials and designs for wireless epidermal sensors of hydration and strain." Advanced Functional Materials 24.25 (2014): 3846-3854.

作者简介: 1. 姓名: 邓治豪, 性别: 男, 单位: 福建省福州市闽侯县福建师范大学(旗山校区), 单位省市: 福建省福州市, 邮编: 350000 2. 民族: 汉, 籍贯(省+市): 福建三明市, 研究方向: 纳米材料