

同行专家业内评价意见书编号：20250860052

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名：王怡雪

学号：22260359

申报工程师职称专业类别（领域）：生物与医药

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月19日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

掌握了外语、生物数学、管理学、生物学基础、化学基础、工程基础等知识。对生物与医药基础、生物与医药常用计算机应用软件、生物大分子结构与功能、药物递送系统、药物设计与蛋白质结构预测、基因工程原理、生物医药分离工程等相关知识基本掌握。能通过检索、阅读等手段，利用书本、媒体、期刊、计算机网络等各种途径，特别是计算机检索，获取本领域相关知识与信息，及时了解本领域的热点和发展动态并能在工作中有效地应用。能够运用高等工程数学、生物学、化学、计算机技术、工程学、生物工程原理与技术等方面的专业知识解决生物与医药领域相关的产品研发、工程设计、应用研究、项目组织立项等方面实际问题的能力。本领域工程硕士具备一定的组织协调与交流沟通能力；具有良好的团队合作意识，具备有效利用、协调整合与配置相关资源的能力；能够有效组织与本领域相关的各类项目的策划与实施，并解决实施过程中所遇到的各种工程技术问题。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

随着全球能源和环境危机日益严重，光伏电池应运而生，多地陆续建立了太阳能发电站。开发新型高效多功能光伏面板自清洁涂层意义重大。已知二氧化硅微粒具有出色的机械强度，但是由于它表面只有亲水的羟基，基团过于单一导致二氧化硅微粒的表面特性十分单一，极大程度上限制了二氧化硅微粒的应用。因此对二氧化硅微粒表面进行了接枝改性，为其接枝了KH560和HTS，制得了具有两亲性的改性二氧化硅微粒 $mSiO_2$ ，接枝使二氧化硅微粒可以与其他大部分的基团反应，大大拓宽了二氧化硅微粒的应用领域，再将其与制备得到的聚硅氧烷及流平剂硅油复合，得到高透明超耐磨防污涂层。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

解决案例名称：用于器械防护的高透明超耐磨涂层的制备

工程背景和现状：高透明超耐磨涂层是医疗器械、精密光学及消费电子等领域的关键防护材料，需在保持高透光率($>90\%$)的同时，兼具极端耐磨性(磨损率 $<10^{-7}$

$mm^3/N \cdot m$)与生物/化学稳定性。本文系统综述此类涂层的材料设计策略、制备技术及性能优化机制，重点解析透明性与耐磨性的协同强化路径，涵盖纳米复合设计、表面工程与自修复功能集成等前沿方向，并探讨其在医疗内窥镜、折叠屏手机及航天光学窗口等场景的产业化应用挑战。

工程实施过程：受荷叶表面自清洁效应的启发，利用仿生学原理在降低涂层表面能的同时构建微纳米粗糙结构，以提高涂层的疏水性，然而这种方法并不适用于高透明自清洁涂层。由Rayleigh散射及Mie散射理论可知，要实现良好的透光性，除了要保证光学表面材料透光性外，表面粗糙度需小于光的波长。当粗糙度大于100

nm时，光的散射显著增强，因此微米级的粗糙度不能实现透光，这意味着透光自清洁涂层难以通过提高表面粗糙度提高疏水性，必须在优异的光学透明性与疏水性间取得平衡。含氟物质由于其低的表面张力而通常被选取对材料表面进行修饰，尽管所得到的样品疏水性能提高，但是含氟物质的存在会对环境有着潜在的威胁，造成臭氧层空洞，所以用价格较为便宜、环保的无氟材料作为修饰剂来降低表面能。然而，虽然疏水材料在日常生活中的应用非常的常见，但是在制备和应用中遇到的困难也是存在很多的，所制备出来的疏水材料具有工艺复杂、机械性能差、制备成本高、耐候性差等缺点。聚合物/无机纳米复合材料在光学、化工和生物学等诸多领域备受人们关注。颗粒与聚合物形成的复合材料既可以发挥颗粒和聚合物

的各自作用同时也可体现它们在整个材料中的协同作用。将无机纳米颗粒填充在聚合物内部时进行复合改性时，不仅可以增强聚合物的强度也会提高材料的韧性。此外，通过控制颗粒的添加量和粒径在粗糙度和光学性能上找到一个较好的契合点，使涂层既有较高的疏水性又有良好的透光性，由于无机纳米颗粒的添加构成的复合材料使涂层具有一定的耐磨性能。本案例通过改性无机纳米颗粒，使得无机纳米颗粒表面接枝上具有活性的反应基团，在无机纳米颗粒与聚硅氧烷及流平剂之间构建牢固的化学键使三者紧紧连接。微观上粒子的聚集连接使得涂层表面维持较低的粗糙度，其中聚硅氧烷及流平剂主要提供涂层的低表面能以及无机纳米颗粒的表面键合，无机纳米颗粒可以减少光的反射，从而使得涂层具有高的透光率。涂层中的有机硅单体通过加成反应形成Si-O-

Si键而与基底牢固连接为涂层提供了优异的耐磨性，同时独特的微结构和表面化学组成赋予涂层良好的透明性和抗菌自清洁能力。

实施效果及应用：受玉米叶的启发，将改性的二氧化硅与以硅桥(Si-O-

Si)连接的环氧有机硅预聚物及柔性有机硅长链通过化学键复合，得到了具有独特横纹结构的高透明超耐磨自清洁涂层；独特的横纹结构可以减少入射光的损失，提高入射光的透过率(520 nm处透光率=92.69%，涂敷HNP-3的光伏组件的光电转换效率高未涂敷光伏组件2.61%)，柔性长链和球状链条骨架以与“叶肉”“叶脉”类似的连接方式复合，通过提高涂层中改性二氧化硅的含量进一步提高了涂层的耐磨性(尖锐剪刀反复摩擦3000次依旧高透明)；此外，二氧化硅的添加还提高了涂层的热稳定性；该涂层制备简单，具有优异的耐候性(在365 nm 紫外线下连续照射30天依旧保持基本稳定)

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申 请时间等	刊物名称 /专利授权 或申请号等	本人 排名/ 总人 数	备注
Transparent, Anti-Fouling and Mechanically Stable Coating with Hybrid Architecture Inspired by Corn Bracts-Coating Strategy	TOP期刊	2025年01月06日	Advanced Functional Materials	1/10	
一种高透明超耐磨自清洁抗菌涂层的制备方法	发明专利申请	2024年03月12日	申请号：202311692001.2	2/5	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

无

（三）在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 83 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年（要求1年及以上） 考核成绩： 84 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！	
申报人签名：王怡雪	

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260359		姓名：王怡雪		性别：女		学院：工程师学院		专业：生物与医药				学制：2.5年			
毕业时最低应获：24.0学分				已获得：26.0学分				入学年月：2022-09				毕业年月：			
学位证书号：						毕业证书号：						授予学位：			
学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期		新时代中国特色社会主义思想理论与实践			2.0	89	公共学位课	2022-2023学年秋冬学期		高阶工程认知实践			3.0	87	专业学位课
2022-2023学年秋季学期		工程技术创新前沿			1.5	81	专业学位课	2022-2023学年冬季学期		产业技术发展前沿			1.5	86	专业学位课
2022-2023学年秋季学期		化学品设计与制造			2.0	91	专业学位课	2022-2023学年秋冬学期		研究生英语			2.0	85	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期		工程伦理			2.0	94	公共学位课	2022-2023学年春季学期		自然辩证法概论			1.0	75	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期		研究生论文写作指导			1.0	80	专业学位课	2022-2023学年春季学期		研究生英语基础技能			1.0	80	公共学位课
2022-2023学年冬季学期		化工制造安全与环境			2.0	86	专业选修课	2022-2023学年春夏学期		化学品制造技术进展			2.0	75	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期		数据分析的概率统计基础			3.0	67	专业选修课			硕士生读书报告			2.0	通过	

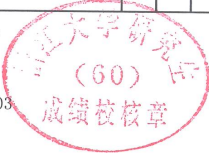
说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：

成绩校核人：张梦依

打印日期：2025-06-03



Transparent, Anti-Fouling and Mechanically Stable Coating with Hybrid Architecture Inspired by Corn Bracts-Coating Strategy

Yixue Wang, Rui Sun, Wei Zhao, Xinbo Lu, Weiqiang Xiao, Fandong Meng, Xiaoli Zhan, Jianguo Lu, Feng Gao,* and Qinghua Zhang*

In the quest for advanced coatings suitable for foldable electronics and photovoltaic systems, there is a pressing need for materials that combine transparency with durability. To address this, innovative special horizontal stripes transparent (SHT) coating is prepared by capillary gravity self-assembly methods. This coating is derived from the structural principles of corn bracts and is created through the crosslinking of epoxy hydrophobic modified SiO₂ with an epoxy organosilicon prepolymer, bridged by a double terminal amino polydimethylsiloxane. The special pattern of the surface makes the SHT coating more transparent than glass, and the special bionic structure is proven to be highly durable under extreme temperature fluctuations, withstanding tests from 150 to −20 °C over 192 h, and enduring 30 days of ultraviolet radiation exposure at 365 nm with an intensity of 30 W m^{−2}. Moreover, even after 3000 cycles of scissors abrasion, the SHT maintained its anti-fouling properties and mechanical resilience. It also demonstrated remarkable chemical stability across a range of solvents. The SHT coating can be easily applied to various flexible and rigid substrates using a brush, the SHT coating is poised to find broad applications in the realm of foldable optical devices.

1. Introduction

In today's increasingly severe energy and environmental crisis, the development of environmentally friendly and renewable new energy has become very urgent.^[1] Solar energy in new energy sources is widely considered due to its wide distribution and pollution-free nature.^[2–4] However, solar panels are prone to accumulating dust and water droplets on the surface in long-term outdoor environments.^[5] To ensure the efficient operation of the battery, it is necessary to keep the surface of the battery clean.^[6] Currently, rainwater erosion,^[7] manual cleaning,^[8] mechanical cleaning,^[9] and self-cleaning coatings^[10,11] is a common cleaning method. Among them, anti-fouling coatings are a more efficient, environmentally friendly, and cost-effective way.^[12]

Traditionally, inorganic materials were favored for their durability, but their brittleness and inflexibility posed challenges.^[13] To overcome these, sol-gel chemistry has emerged as a versatile technique for

crafting organic-inorganic hybrid coatings.^[14] This method allows for the nanoscale bonding of organic and inorganic entities, such as functionalized silanes and metal alkoxides, yet it faces limitations in thickness control and fabrication complexity.^[15] To address this, researchers have explored the synergy between sol-gel chemistry and photocatalytic cross-linking, offering a pathway to flexible, durable coatings.^[16]

To address this, researchers have explored the synergy between sol-gel chemistry and photocatalytic cross-linking, however, these often necessitate complex UV-based preparation processes, constraining their applicability.^[17,18] Recently, Zhang's team introduced a method employing epoxy-oligosiloxane nanoclusters and amine curing, yielding multifunctional, flexible hard coatings.^[19] This epoxy-amine reaction is advantageous for its controllable nature, side-stepping the need for UV initiation and offering scalability.^[20] Furthermore, the integration of inorganic fillers and polydimethylsiloxane into coatings has significantly enhanced their anti-fouling and anti-abrasion characteristics.^[21] Notably, Sun have shown that the addition of CaCO₃ nanoparticles to proton exchange membrane can significantly improve

Y. Wang, R. Sun, W. Zhao, F. Meng, X. Zhan, F. Gao, Q. Zhang
College of Chemical and Biological Engineering
Zhejiang University
Zhejiang Provincial Key Laboratory of Advanced Chemical Engineering
Manufacture Technology
Hangzhou 310027, China
E-mail: feng_gao@zju.edu.cn; qhzhong@zju.edu.cn

Y. Wang, F. Meng, X. Zhan, F. Gao, Q. Zhang
Institute of Zhejiang University-Quzhou
Zhejiang Provincial Innovation Center of Advanced Chemicals Technology
Quzhou 324000, China

X. Lu, W. Xiao
Zhejiang China Tobacco Industry Co., Ltd
Hangzhou 310027, China

J. Lu
School of Materials Science and Engineering
Zhejiang University
Hangzhou 310027, China

 The ORCID identification number(s) for the author(s) of this article can be found under <https://doi.org/10.1002/adfm.202418795>

DOI: 10.1002/adfm.202418795



(21) 申请号 202311692001.2

(22) 申请日 2023.12.11

(71) 申请人 浙江大学

地址 310030 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 张庆华 王怡雪 高峰 詹晓力
孟凡栋

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33240

专利代理师 朱月芬

(51) Int.Cl.

C09D 183/06 (2006.01)

C09D 183/08 (2006.01)

C09D 7/62 (2018.01)

C09D 5/14 (2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种高透明超耐磨自清洁抗菌涂层的制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高透明超耐磨自清洁抗菌涂层及其制备方法。本发明下步骤：(1) 在容器中加入醇类溶剂、共溶剂、催化剂、无机纳米颗粒混合均匀，后加入硅烷改性剂反应后，过滤洗涤干燥得到改性无机纳米颗粒。(2) 向容器中加入醇类溶剂、共溶剂、改性无机纳米颗粒、硅烷偶联剂、抗菌有机硅单体混合均匀，后加入催化剂过滤洗涤，干燥得到接枝无机纳米颗粒的聚硅氧烷。(3) 将掺杂无机纳米颗粒的聚硅氧烷和流平剂分别或混合溶于有机溶剂中，待掺杂无机纳米颗粒的聚硅氧烷和流平剂完全溶解后，得到高透明耐磨自清洁抗菌涂料。(4) 将高透明耐磨自清洁抗菌涂料分步或一步法擦涂在基底上。本发明制备的透明耐磨涂层具有良好的自清洁和抗菌效果。

