

# “多层复合真空装饰镀的颜色精准控制技术”成果登记公示信息

成果名称:	多层复合真空装饰镀的颜色精准控制技术
完成单位:	深圳市黄金屋真空科技有限公司
完成人员:	胡冀,周家维,康华栋,钱晓林,徐冲,姚彬,侯显强,陈浪,王静晓,樊朝霞,胡薇,张惠
研究起止日期:	2023-04-03 至 2025-08-29
主要应用行业:	制造业
高新技术领域:	新材料
评价单位:	深圳市科技成果转化促进会
评价日期:	2025-10-29
成果简介:	<p><b>【课题来源与背景】</b></p> <p>高端手表、首饰、箱包、高尔夫球具等金属装饰件，其表面镀层不仅需具备丰富的色彩和光泽以满足美学需求，更需承受日常使用中的磨损、汗液腐蚀以及特定环境的侵蚀。传统真空镀膜技术存在两大痛点：一是色彩调控能力有限，金色系颜色不够丰富，紫蓝色等特殊色调又难以实现均匀稳定的效果，镀层成本较高，且复杂工件易产生色差；二是镀层的综合防护性能不足，尤其在苛刻环境中易发生点蚀、褪色或剥落，影响产品寿命和外观。</p> <p>本项目基于市场需求与行业技术缺口，立项研发集色彩创新、性能增强、环境适应性于一体的高端真空镀膜整体解决方案。</p> <p><b>【技术原理及性能指标】</b></p> <p>本项目的核心技术原理是基于等离子体物理、表面工程学及电化学，通过多层复合镀层结构设计、等离子体精准调控及机械-电化学协同作用，在原子/分子层面实现对镀层成分、结构与性能的精确控制，最终达成装饰性、功能性及环境适应性的高度统</p>

一。

性能指标：

- 1、耐磨次数：大于 10000 次，镀层无穿透性磨损；
- 2、震动耐磨损：大于 48 小时，镀层无剥落或裂纹；
- 3、耐盐雾测试：72 小时，镀层无起泡、锈蚀或剥落；
- 4、抗氯水测试：72 小时，镀层点蚀现象基本消除；
- 5、人工汗测试：72 小时，镀层无变色或脱落；
- 6、色彩稳定性：金色玫瑰金色差别 E 值 < 1，紫罗兰等彩色差别 E 值 < 2；

7、恒温恒湿：试验温度：55±1℃、试验湿度：92+3/-2%R、测试时间：168H，镀层无褪色、氧化或开裂；

8、高温淬火测试：200℃环境 30 分钟，放入冷水 2 分钟，骤冷后无龟裂或剥离。

#### 【技术的创造性与先进性】

1、首创了“Ti-Al-N-O-C”五元素梯度真空镀膜工艺，突破了传统 PVD 镀膜以 TiN、TiCN 等单一或双元素为主的局限，在国际上首次系统性地提出并实现了在单一真空周期内，通过精准控制反应气氛，连续制备具有“TiAlN-TiAlNO<sub>x</sub>-TiAlNCO”梯度结构的五元素复合装饰性镀层。该工艺不仅成功实现了传统方法难以获得的稳定、均匀的紫罗兰色系，拓宽了装饰镀膜的色域，而且通过元素梯度设计，使镀层兼具高硬度、强结合力和优异的耐腐蚀性，实现了装饰性与功能性的完美统一。

2、首创“多靶共溅射原位合金化”真空镀膜技术，突破传统装饰镀膜依赖预制合金靶材的技术局限。通过金、钢、镍、铜

四组独立靶材的电流精确调控，在工件表面实现原子级合金合成，将镀膜过程从“材料转移”提升为“表面冶金”，首次在单一真空周期内制备出成分精确可控的 0.5N 金色镀层，摆脱了对昂贵合金靶材的依赖，成本降低，且通过氮气反应掺杂使镀层显微硬度达到 450HV，进一步耐磨性提升。

3、研制了靶基距在线精确可调的真空镀膜设备，设计了基于对称连杆机构的靶座同步驱动系统，通过外部电机控制，即可实现真空室内两个对称靶座的相向或相背移动，从而在镀膜过程中或批次间快速、精确地调整靶基距。极大提升了镀膜设备的柔性化和智能化水平，一台设备可适应多种不同形状尺寸的工件，显著提高了设备利用率和镀膜质量一致性。模块化设计使得靶料回收和设备维护变得异常简便，降低了运行成本，体现了绿色制造理念。

**【技术的成熟程度，适用范围和安全性】**

项目主要应用于高端钟表、时尚首饰、箱包、高尔夫球具等领域的金属件表面装饰与防护。镀层通过严格的人工汗测试和有毒有害物质限量控制，确保了手表、首饰等贴身物品的安全性，降低了消费者过敏风险。项目完成了“Ti-Al-N-O-C”五元素梯度真空镀膜工艺、“多靶共溅射原位合金化”真空镀膜技术以及靶基距在线精确可调的真空镀膜设备的研究，形成了自主知识产权，获得授权发明专利“一种金属装饰件的镀膜方法”、“一种箱包扣件的 0.5N 金表面装饰膜的制作工艺”，实用新型专利“一种靶基距可调的真空镀膜设备”“一种真空镀膜机的抽真空系统”“一种镀膜设备电镀工装”；制定企业标准《真空电镀作业规程》

（Q/HJW 03-2023）、《氮化钛掺金膜》（Q/HJW 01-2023）。

**【应用情况及存在的问题】**

在实际应用中，该技术已实现初步的市场推广与应用。用户反馈显示，产品在泳池氯水等苛刻环境中表现稳定，满足了现代生活对耐用性和美学的双重需求。成果实现产业化应用以来，取得良好经济效益，已获得销售收入 4503.96 万元，利润 217.46 万元，目前销售量处于增长状态，已逐渐成为客户心中的标杆产品。

其独特的多层防护体系设计，能够有效防止氯水、盐雾等腐蚀性物质对镀层的侵蚀，极大地提升了表面处理的防护能力。这项技术具备出色的耐腐蚀性、色彩多样性和膜厚均匀性，应用于高端时尚产品以及运动器具等高价值产品时，切实发挥有效作用。它切实降低了产品在使用过程中的故障率，为高端产品提供了更加可靠的质量保障，有力提升了产品的市场竞争力。具备良好的色彩多样性和膜厚均匀性。在保证高耐腐蚀性的同时，精准调控的色彩效果满足了外观需求，使产品更加美观、时尚。对于高端时尚产品以及运动器具制造商而言，这种色彩多样性和膜厚均匀性尤为重要，有助于提升产品的市场竞争力和品牌价值。

**【历年获奖情况】**

2024 年通过深圳市专精特新中小企业认定

2023 年通过国家高新技术企业复审

2003 年获得深圳市科学技术进步奖二等奖