



44 个废口罩造出 1 台发电机

■本报记者 张双虎

“动了！”看到电流表的数字跳动了一下，中国科学院北京纳米能源与系统研究所博士后梁茜（现为首都师范大学教师）放下心来。尽管最初只有几微安的微弱电流，但梁茜确信，以废弃口罩为原料制造摩擦纳米发电机（TENG）的思路可行。

两年前，中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士、蒋涛青年研究员团队开始进行废弃口罩材料摩擦发电性能测试。

通过高压脉冲杀菌和材料改性技术，研究团队用 44 个废弃口罩，制备出完整的摩擦纳米发电机。该发电机在波浪驱动下实现了 18.22 瓦每立方米的峰值功率密度，并成功点亮 LCD 屏幕。相关研究近日在线发表于《先进功能材料》。

从垃圾桶“捞出”的灵感

2022 年，梁茜在中国科学院北京纳米能源与系统研究所从事博士后研究。

一天，她听到办公楼保洁员抱怨：“现在垃圾真多，都是口罩。”她环视办公室一圈，发现确实如此，桌上、柜角、垃圾桶里，一次性口罩随处可见。

“我们一直在做 TENG 相关研究，经常测试不同材料，看哪种材料发电效果更好。”梁茜说，“我当时就想，口罩也是一种高分子材料，能不能把它用到摩擦纳米发电中？”

脑中冒出这样的想法时，梁茜对口罩的了解并不多。为此她特意查阅了资料，发现口罩的主要材料是聚丙烯（PP）。但在摩擦纳米发电机中，此前多以市售或合成聚合物，如聚二甲硅氧烷、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚丙烯、聚四氟乙烯等为主，很少涉及聚丙烯材料。

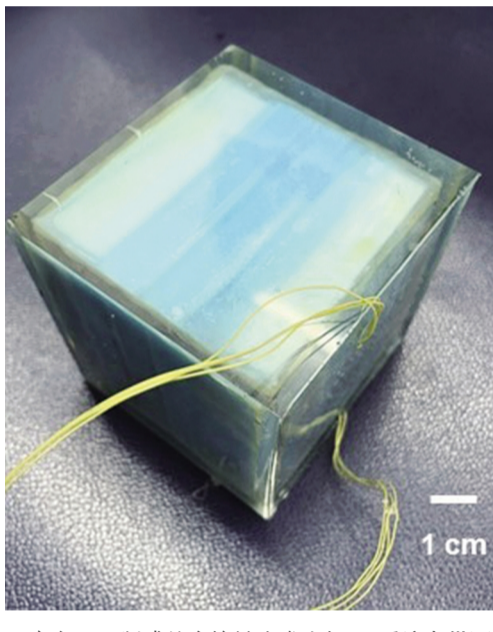
“因为聚丙烯的‘摩擦电负性’并不好，但我们还是想先测一下，看看这种材料到底怎样。”梁茜说。

于是研究人员对口罩进行拆解分类，发现其主要部件是 3 层聚丙烯纤维薄膜。摩擦纳米发电测试结果显示，3 层薄膜都有电流输出。进一步的研究发现，废弃口罩材料还有许多独特的性能，如良好的疏水性、较高的表面电阻、较大的表面积、通过摩擦极易产生大量静电荷等。

“这些特性与 TENG 材料选择规则不谋而合。”梁茜说，“因此我们决定开展深入研究，看能否进行材料改性优化。”

废口罩发电机点亮 LCD 屏

“用废弃一次性医用口罩为原料制造摩擦纳米发电机，既能有效回收口罩材料，减少环境污染，又实现了环境可再生能源的收集。”中



用废弃口罩制成的摩擦纳米发电机。受访者供图

国科学院北京纳米能源与系统研究所青年研究员蒋涛告诉《中国科学报》。

废物利用的目标虽好，但口罩并非理想的发电材料，真正实现起来存在很多棘手的问题。

口罩使用过程中会受到污染，有可能沾染病毒和口腔细菌。而其制成的摩擦纳米发电机要投放在大海中使用，如果病菌杀灭得不彻底，后续可能会带来环境问题。

刚开始，研究人员并未想好用什么方法杀菌。团队成员刘志荣主修生物技术，对生物材料和器械消毒灭菌非常熟悉，她提议试试高压电杀菌。

“高压电杀菌通过高压电环境破坏微生物细胞结构和功能，实现产品杀菌。该方法在酒类、奶类等液体杀菌方面的应用已非常成熟。”刘志荣说。

“我们研究的就是纳米发电，操控起电来得得心应手。”团队成员韩凯说，“更重要的是，高压电杀菌不接触口罩薄膜，不会影响薄膜表面形态。而 PP 是种‘驻极体’材料，高压电杀菌的同时能对它进行‘极化’，提升其摩擦起电性能。”

虽然制造“脉冲高压”费了一些周折，但团队最终通过串联耐高压晶体管等方式，研制出 6000 伏脉冲高压的消杀装置，顺利完成了杀菌任务。

一个问题解决了，新问题接踵而至。

摩擦纳米发电器件外壳要具有一定强度，利用口罩制作“板材”需要让口罩“支棱”起来。

于是，研究人员将十几层口罩叠放在一起，通过液压机冲压方式增加“板材”厚度和硬度。但对摩擦纳米发电机的核心“介电层”来说，单层口罩薄膜的厚度过厚。如何将单层口罩薄膜变薄成为一个新问题。

“单层口罩薄膜其实已经很薄了，再将其撕成两三层说起来容易，操作起来效果却并不理想。”梁茜说。

这时，用液压机冲压“板材”的过程给梁茜带来了新启示：如果将单层口罩薄膜放在液压机下冲压，是不是就能将口罩薄膜“压成”理想的厚度？这个“反其道而行之”的方法果然有效。实验结果表明，冲压能降低薄膜厚度，显著提升摩擦纳米发电机的输出性能。

最终，团队用 44 个废弃口罩制造出一台摩擦纳米发电机。该发电机为边长 7 厘米的立方体，内部并联 64 个发电单元，外形和魔方类似。

目前，研究团队通过实验室的“造波装置”，在波浪驱动下实现了 18.22 瓦每立方米的峰值功率密度，并成功为 LCD 屏幕和温度计供电。

九成材料来自废口罩

新冠疫情暴发后，废弃口罩数量飞速增长。有统计分析指出，2020 年全球共生产约 520 亿个口罩，其中约 15.6 亿个因处理不当流入海洋。

“虽然疫情已经过去，但大家戴口罩的习惯已经形成，一次性医用口罩逐步成为人们的日常必需品。”梁茜说，“目前一次性口罩的回收方法主要有机械回收、化学改性和化学降解。这些方法没有考虑口罩的结构和材料特性，而且实施过程附加值低、能耗高、可控性差。”

“将废弃材料回收利用方法与零碳能源转化技术有机结合起来，可为清洁与可持续的能源供应提供新思路。”蒋涛说，“因此，该研究有望在大规模海洋蓝色能源开发领域发挥重要作用，为‘双碳’目标实现作贡献。”

目前，基于废弃口罩的摩擦纳米发电研究还处于实验室研究阶段。实验中，单个摩擦纳米发电机已经可以驱动温度计、点亮液晶屏幕。如果将多组摩擦纳米发电机并联，有点亮海上航标灯的潜力。

“废弃口罩的发电性能虽然不是特别理想，但使用废弃材料的造价非常低，同时还解决了环境问题。”梁茜说，“目前，一个摩擦纳米发电机中约 90% 的材料由回收口罩制成。下一步，我们考虑将口罩中的金属‘鼻梁条’制成电极、电线等，进一步提高口罩的回收利用率。”

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adfm.202409422>

新研究揭示人卵纺锤体组装机制

本报讯（见习记者江庆龄）复旦大学教授王磊、研究员桑庆、副研究员武田宇团队联合上海交通大学医学院附属国际和平妇幼保健院主任医师李文团队，揭示了人类卵母细胞纺锤体双极化机制，明确了 3 个关键蛋白在纺锤体双极化中的作用，为生殖障碍疾病的研究与治疗提供了重要的解释视角与理论支持。相关研究近日发表于《科学》。

全球不孕不育率持续上升，如今已接近 15%~20%，成为仅次于癌症、心脑血管疾病的人类第三大健康问题。据统计，全球有 6000 万~8000 万对夫妇面临不孕之苦，有数百万人进行试管婴儿治疗，但临床中时常遇到卵子、授精及胚胎发育异常的情况，人们对这些异常背后的原因及机制所知甚少。

10 多年前，王磊团队提出研究假设——遗传因素可能是导致人卵成熟与发育异常的重要原因之一。随后，团队陆续发现了 20 余个人类卵子成熟障碍的致病基因并明确了机制。他们发现人卵中存在一种独特的微管组织中

心——huoMTOC，破解了纺锤体组装的启动环节。

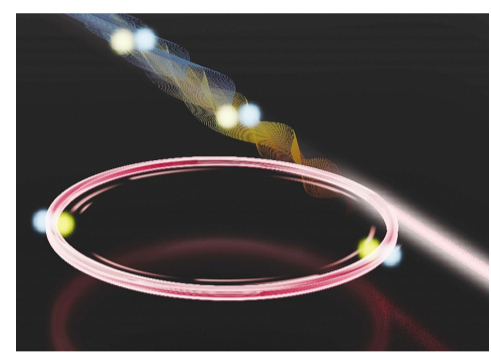
在此次发表的研究中，团队发现，人卵纺锤体微管聚合启动后会经历一个较长的“多极纺锤体”阶段，而后才形成双极纺锤体。研究团队进一步筛选到 3 种调控纺锤体双极化的关键蛋白，并在临床多个卵子和胚胎发育异常患者中，鉴定到编码这些关键蛋白的基因存在突变，从而揭示了人卵纺锤体双极化的独特生理病理机制。

在王磊看来，只有了解清楚疾病发生的机制，才能设计出有效的治疗策略。目前，团队正积极探索可以逆转由基因突变引起的纺锤体双极化异常的治疗策略。

“我们对人卵纺锤体组装的了解处于初级阶段，许多细节有待探索。比如纺锤体组装完成后如何移动、如何排出第一极体等，都尚不明确。”王磊表示。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.ado1022>

集成量子光源获得新突破



基于微腔的光子产生示意图。研究团队供图

本报讯（记者刁雯蕙）深圳国际量子研究院研究员刘骏秋团队，基于可工业级量产的超低损耗氮化硅波导，在集成量子光源构建方面取得新进展。他们利用超高品质因子微腔，使该集成光源产生光子对的线宽达到原子跃迁线宽级，且亮度为迄今硅集成光学平台的最高纪录。相关研究成果近日发表于《物理评论快报》。

集成光学是一项利用光子集成电路实现光信号的合成、处理和探测的技术。近年来，基于光芯片的光量子信息处理逐步进入人们的视野。相关研究大多基于目前主流的商用硅光平台，但硅波导超过每厘米 1 分贝的损耗严重限制了其开展“光子级”实验的能力。

氮化硅材料的引入为这一应用场景提供了极佳的解决方案。此前，刘骏秋团队实现了

超低损耗氮化硅集成光学技术的“工业级大规模量产”转化，基于 6 英寸晶圆，成功得到厚度超 800 纳米、光损耗低至每厘米 0.02 分贝的氮化硅光芯片，良率接近 100%。

近年来，有关超低损耗氮化硅波导用于芯片量子信息调控的研究尚未有实质性进展。对此，刘骏秋团队从窄线宽量子光源的构建切入，设计加工出高品质微腔，其本征品质因子超过 10^7 。通过腔内自发四波混频，研究团队制备出线宽低至 25.9 兆赫兹的光子对。这是芯片集成窄线宽量子光源首次达到原子跃迁线宽级。与此同时，由于微腔带来的非线性效应增强，该光源亮度达到 $1.17 \times 10^4 \text{ Hz/mW}^2/\text{GHz}$ ，为目前硅集成光源最高纪录。

基于此光源构建的预报单光子源二阶关联低至 0.0037，能量-时间纠缠态干涉可见度达到 0.973，均达到目前芯片集成同类光源最优水平。

该集成量子光源的线宽与诸多原子跃迁线宽匹配，使得片上紧凑高效的光子-原子界面构建成为可能，对基于量子中继器的量子互联网大规模部署具有重要意义。

此外，该研究通过实验展示了工业级量产超低损耗氮化硅波导在集成光子调控方面的巨大潜力，为大规模集成光子信息调控的发展奠定了基础。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.083803>



8 月 27 日，elecon2024 深圳国际电子展在深圳会展中心（福田）开幕。此次展会上超过 400 家优质展商展示了嵌入式 AI、存储技术、汽车芯片元件、智能传感器、RISC-V、chiplet、SiC/GaN、TGV 玻璃基板等一系列热门技术与生态。

展会期间将举办 20 多场专业论坛会议，涵盖 AI PC、智能传感器、新能源汽车电子、化合物半导体、数字电源、FPGA 生态、工业 AI 智能化、电子元器件供应链发展趋势、系统级封装 SIP 等多个主题。

图为观众在了解参展商展品。中新社记者陈文/摄 图片来源：视觉中国

蓝舌病在欧洲 6 国迅速蔓延



本报讯 蓝舌病是一种使牛、羊患病甚至死亡的病毒性疾病。自去年在荷兰重新出现后，这种疾病目前正在欧洲西北部迅速传播，而 3 种新研发的疫苗似乎无法阻止它。

据《科学》报道，这种由昆虫叮咬传播的高毒性疾病首先在荷兰农场暴发，此后在德国、比利时、法国、卢森堡和丹麦引发了疫情。

荷兰瓦赫宁根大学及研究中心分子病毒学家 Piet van Rijn 说：“尽管接种了疫苗，但蓝舌病发展得非常快。”德国弗里德里希·洛弗勒研究所兽医病毒学家 Martin Beer 则称其为“即将到来的海啸”。

由蓝舌病毒株 BTV-3 造成的经济损失尚未统计，但可能达到数亿欧元。致病病毒变体的来源尚不清楚，但很明显，气候变化使其更容易越冬并迅速传播。“它不会消失的。”美国科罗拉多州立大学兽医病毒学家 Christie Mayo 说。

蓝舌病最早于 18 世纪在南非的绵羊身上被发现。蓝舌病毒(BTV)不感染人类，但会使许多反刍动物患病，其中对绵羊的危害最大。症状包括发烧、下颌和口腔肿胀、蓝舌、出血和流产。

全世界至少有 29 种 BTV 毒株，其中大多数由库蠓传播。在平静无风的天气里，这些昆虫

可以在几天内飞行几公里。而在强劲的顺风中，它们可以飞行数百公里。此外，患病动物的运输可能助长病毒的传播。

欧洲西北部直到 2006 年 8 月才出现蓝舌病，当时荷兰暴发了一种名为 BTV-8 的病毒。第二年夏天，这种病毒在欧洲广泛传播，但一种新的高效疫苗在 2008 年终结了疫情。但仅在荷兰一地，牲畜损失、检测和疫苗接种费用就高达约 2 亿欧元。

2023 年 9 月，一个不明来源的新型 BTV-3 变种在荷兰出现，并在短短两个月内传遍了该国。近 6000 个荷兰农场受影响，数万只绵羊死亡，死亡率高达 75%，比 BTV-8 暴发程度严重 10 倍以上。“这是一场灾难。”荷兰乌得勒支大学兽医学专家 Margit Groenewelt 说，“其对农民产生的影响，是我兽医生涯中见过的最严重的。”当冬季来临时，疫情暂时平息，大多数数在土壤中产卵后死亡。

今年，包括德国勃林格格翰公司在内的 3 家公司迅速研发应对库蠓卷土重来的疫苗。这 3 种疫苗都含有灭活的 BTV-3 和一种刺激免疫系统的佐剂。对一小群健康动物进行的实验室测试表明，它们可以很好地或完全防止死亡，但不能完全预防感染。

然而，农民们发现实际结果令人失望。许多接种疫苗的绵羊还是生病或死亡了。

但勃林格格翰公司的一位发言人表示，该公司尚未收到“任何确诊的无效病例”，其疫苗“达到了预期效果，如果健康动物在接触病毒前至少 3 周接种疫苗，它确实能预防临床症状



一只患有由 BTV-8 病毒株引起的蓝舌病的羊正在接受治疗。图片来源：GETTY IMAGES

和死亡”。

Van Rijn 和其他人建议农民在第一次给羊接种疫苗后 4 到 5 周注射第二剂疫苗，以增强保护作用。但是 Groenewelt 说，许多农民已经对 BTV-3 疫苗失去了信心。

法国 ANSES 动物健康实验室病毒学家 Stéphan Zientara 说，提高这种疫苗效力的一种方法是增加每剂中灭活病毒的数量，但这样做会增加成本。另一种方法是寻找能引发更强免疫反应的 BTV-3 变体。

BTV-3 可能会继续传播。Zientara 说，从长远来看，BTV-3 的毒性可能会降低，就像法国的 BTV-4 和 BTV-8 一样。在那之前，尽管疫苗接种有缺点，但仍是关键。“我们已经走投无路了，会尽最大努力使用现有的疫苗。”（文乐乐）

全球首次！医生头戴空间计算装备做手术

本报讯（见习记者江庆龄）在上海交通大学医学院附属仁济医院手术室内，医生们头戴最先进的空间计算装备，正在进行一台高难度的胃癌手术。内镜下，肿瘤切除定位、腹腔内的吻合器切割位置、机器人机械臂的食管胃底牵拉在医生的同一视野下呈现。

头戴式空间计算装备作为一种医疗设备，已不是天方夜谭。仁济医院胃肠外科执行主任张子臻团队联合相关技术人员，用空间计算技术解决了手术中的问题。

张子臻带领团队，通过一系列复杂环境下的压力测试，将手术机器人和全高清电子内镜影像信号低延迟地输入空间计算设备。手术时，手术台边的每一位医生都会头戴空间计算装备，而手术机器人和全高清电子内镜影像信号可被同一个装备接收。在这个设备的帮助下，医生可以在高清晰、低延迟、多机位、无差别的场景中进行手术，从而最大程度保证手术的精确性和安全性。

近期，张子臻团队利用这套装备完成了一例手术。患者在术后第一天就可以下床活动，第二天消化道恢复通气、拔除胃管，术后第七



头戴式空间计算设备。上海交通大学医学院附属仁济医院供图

天顺利出院，腹部伤口仅 5 厘米。张子臻表示，这是在全球范围内首次报道用此方法实施全胃切除术。