体温能充电！可穿戴设备告别“续航焦虑”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31253.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

体温能充电！可穿戴设备告别“续航焦虑”。文赵宇彤 智能手表、智能眼镜、智能耳机、智能戒指……随着智能化脚步的加快，五花八门的智能穿戴设备也卷出了新花样，不管硬件升级，还是设计上新，都面临着共同的痛点：续航。 一没电就歇菜，续航问题成了智能穿戴设备绕不开的魔咒。怎样能让智能穿戴设备好用又耐用？不少科学家绞尽脑汁。 近日，澳大利亚昆士兰科技大学教授陈志刚团队开发出一种灵活的超薄柔性热电薄膜，可以将人体热量转化为电能，甚至有望取代电池，为可穿戴设备提供源源不断的电力支持。相关研究成果发表于《科学》。



这项研究也得到了审稿人的高度认可。这是柔性热电和印刷电子领域的重大进展，我相信这项工作将在科学界和工业界引起巨大轰动。

搭建随身发电站

简单来说，这就像一个随身的小型发电站，利用人体和环境的温差发电，而不再依赖电池或外部充电器。陈志刚说，这项技术也能用于智能手机和电脑芯片的散热。 想象一下，未来的智能手环不仅能实时监测健康数据，还能通过人体热量持续供电，无需频繁充电，摆脱续航焦虑。

其实，在探索如何利用温差发电的领域里，热电效应不是一个新鲜事物，早已在太空探测、核能转换、废热回收和太阳能发电等各种领域大显身手。然而，随着可穿戴电子产品的兴起，对热电装置提出了更高要求：灵活、柔性、高效且具有商业化的潜力。



陈志刚团队照片（受访者供图）

传统的热电材料通常是脆性的，无法满足可穿戴设备的需求。陈志刚告诉《中国科学报》，以无机热电材料为例，被广泛应用于能量转换和热能管理领域，其中碲化铋（Bi2Te3）基材料作为室温区域最好的热电材料，其内部晶体结构由共价键或离子键连接，但层与层之间则由较弱的范华德力粘在一起，容易在外力作用下裂开，不仅影响了材料的机械性能，而且复杂且耗能的制备过程限制了大规模应用的潜力。 此外，热电装置的效率和性能受到多重因素影响。此前研究中，热电装置的性能往往不够理想，尤其是在低温环境下，难以有效地转换能量。陈志刚举了个例子，如果把热电装置比作小型的能量转换工厂，必须要有足够的温差作为燃料，促进热能向电能的转换。不光如此，热电材料本身性能也至关重要——热电优值（ZT值）越高，意味着热电转换效率越高。 因此，怎样让无机材料在保持高热电性能的同时，兼具柔性特性，以满足可穿戴设备小巧便携、无感佩戴的必然要求？陈志刚团队开始了漫长探索。

跨学科找到新解法

可穿戴设备的快速发展对柔性热电材料提出了巨大需求，我们在五年前就关注这一领域，努力在性能、柔性和成本之间寻找平衡。陈志刚说。 为了让碲化铋的层状结构更柔韧灵活，研究团队尝试了很多种不同的材料作为黏合剂，又测试了不同的退火工艺，但结果总是差了那么点火候。在反复尝试中，陈志刚意识到，也许跨学科合作能破解这一难题。 只有通过跨学科合作，引入不同领域的专家和技术，才能形成全面的研究体系。陈志刚说，他们分别同材料化学、物理与工

程学以及化学与表征技术等领域的专家携手合作，不仅开发了新型热电材料，还和物理学家一同深入研究了界面效应和量子限制效应对薄膜性能的影响。同时，与化学家通过原子力显微镜（AFM）、透射电子显微镜（TEM）和X射线衍射（XRD）等表征手段，深入细致分析了薄膜的微观结构和性能关系。 这是个不小的工程量。在合作过程中，我们通过多轮实验攻克了一个个技术难题。陈志刚说，通过材料模拟和理论预测，团队设计了一系列高通量实验，反复探索不同成分、厚度和工艺参数的组合。
除了材料研发和工艺设计外，成本也成了摆在陈志刚团队面前的难题。 传统的热电材料不仅性能不够理想，制造工艺也十分复杂，且高昂的成本极大限制了规模化应用。陈志刚表示，要让柔性热电材料更大范围普及应用，降低成本是必须啃下的硬骨头。 经过材料开发、工艺优化、器件组装和性能测试四个阶段的漫长探索，陈志刚团队终于摸索到了解法。 他们通过溶剂热法，即便是高温高压条件下，溶剂中也能顺利形成纳米晶体，并结合丝网印刷和放电等离子烧结技术，不仅实现了大规模的薄膜生产，还能将薄膜加热到接近熔点，使颗粒紧密黏合在一起。以高性能近室温热电材料碲化铋为研究对象，团队成功实现了高柔性和高热电性能的薄膜制备。 特别是‘ 纳米黏结剂 ’Te纳米棒和放电等离子烧结的结合使用，不仅确保了薄膜内部晶体高取向性，还显著增强了材料的柔韧性和电性能。陈志刚兴奋地说，这也是研究取得突破的关键。

协作和坚持是关键

这个项目从材料开发到技术落地，每一步都充满了挑战和未知。回望五年来的攻关经历，陈志刚感慨，团队的坚持和协作是我们成功的关键。 在陈志刚回忆里，有一次团队所有成员连续加班两个多月，先是尝试了十多种不同材料的纳米黏结剂，后又进行了多轮实验的验证和测试。 尽管一开始的效果都不理想，但大家都没放弃。陈志刚回忆道，每次实验后，他都会嘱咐团队成员，一定要通过表征技术的方法尽可能收集材料的性能数据，进一步分析薄膜的热电性能，包括塞贝克系数、电导率和热导率等关键参数，这些都是评估材料热电转换效率的重要指标。接着再用机器学习算法分析实验数据，挖掘其中的关键变量和优化方向。 功夫不负有心人。通过多轮实验反复优化纳米结构设计，研究人员发现，通过添加Te棒状纳米结构作为黏合剂，能显著提高薄膜材料内部结构的紧密程度，同时还建立了能量过滤屏障，极大优化材料的热电性能。 我们创造了一种可打印的A4尺寸薄膜，它具有创纪录的高热电性能、卓越的灵活性、可扩展性和低成本，是目前最好的柔性热电材料之一。陈志刚骄傲地表示，经过1000次弯曲试验后，材料性能损失仅为5%，显示出极高的可靠性和柔韧性。
这场五年的马拉松终于有了成果。欣喜之余，陈志刚团队并没有停下脚步。
目前来看，材料的长期稳定性和在 极端环境下的表现还有待进一步研究。陈志刚说，接下来团队还将开展一系列深入研究，包括优化材料的耐久性，探索其在更复杂场景中的应用。 此外，我们也考虑将这项技术延伸到其他热电材料体系中，比如硒化银（Ag?Se）等，以实现更广泛的功能集成和应用场景。陈志刚说，这项技术在集成电路领域也有较大应用空间，我们希望将这项技术应用于低功耗器件的热管理，以实现高效、环保的电子制造。 相关论文链接：
https://www.science.org/doi/10.1126/science.ads5868
作者：赵宇彤 来源：科学网微信公众号

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发