

NUS欧阳建勇教授团队专访|提高PEDOT:PSS的可拉伸性和热电性能

Original AMR AMR材料研究述评 Today

点击蓝字  关注我们

10月16日，新加坡国立大学材料科学与工程系欧阳建勇教授的AMR述评文章“Enhancements in the Mechanical Stretchability and Thermoelectric Properties of PEDOT:PSS for Flexible Electronics Applications”正式在线发表。我们邀请了作者团队为我们简介论文要点，分享PEDOT:PSS的研究故事，欢迎有问题的读者给小编留言或直接联系作者。

作者简介

欧阳建勇，新加坡国立大学材料科学与工程系的副教授。他分别在北京清华大学，中国科学院化学研究所和日本分子科学研究所获得了学士，硕士和博士学位。在加入新加坡国立大学之前，他曾在日本北陆先端科学技术大学院大学担任助理教授和在加利福尼亚大学洛杉矶分校（UCLA）做博士后。他的主要研究成果包括发现了电荷转移复合物的电荷排序，发明了世界上第一个（聚合物/纳米离子）忆阻存储器，世界上第一个（离子/电子）混合热电转换器和世界上第一个可粘附的本征导电聚合物，发明了多种方法来提高导电聚合物的电导率和热电性能和离子导体的热电性能并多次刷新了可溶液加工的导电聚合物的电导率，聚合物和离子导体的热电性能的世界记录，等等。主要奖励包括Distinguished Award for Novel Materials and Their Synthesis by International Union of Pure and Applied Chemistry & Organization Committee of Novel Materials and Their Synthesis，NUS Young Investigator, 日本天田科学技术奖，和中国科学院院长奖学金特别奖。

1 请简要描述一下这篇Account所介绍的研究及其研究背景。

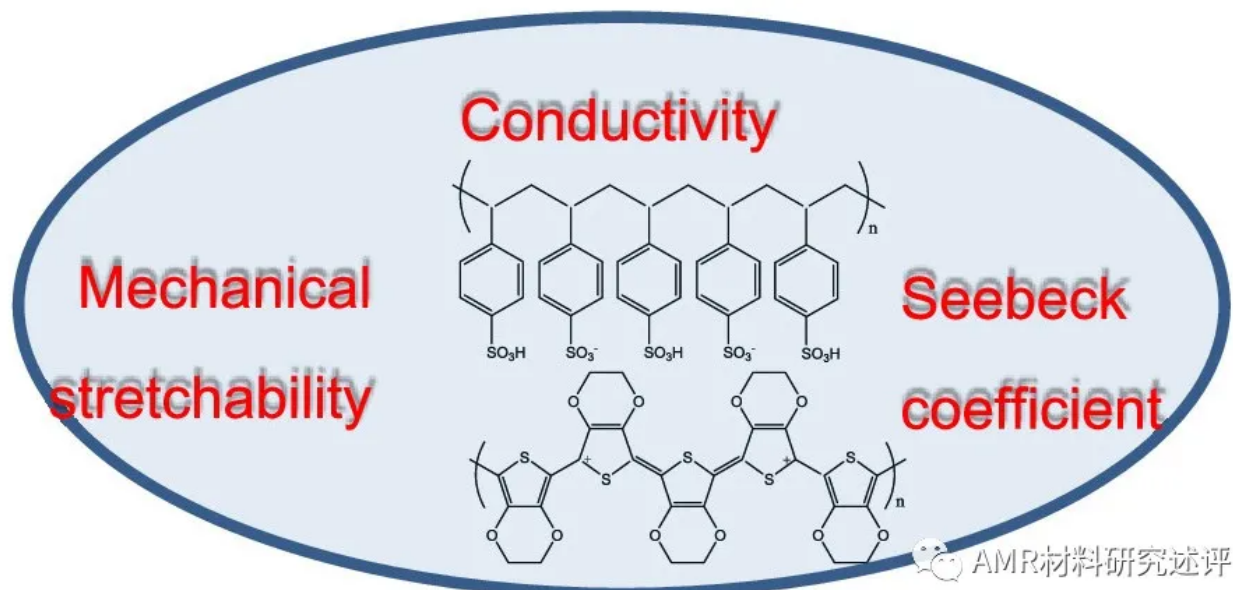
自从本征导电高聚合物在上个世纪70年代被发现后，由于它们具有塑料和金属的一些优越性能，比如机械柔性，容易通过化学反应合成和高电导率等等，所以它们得到了极大的关注。发现导电高分子的三位科学家也在2000年得到了诺贝尔化学奖。但是在许多应用中导电聚合物的一些性能必须进一步提高。

本征导电聚合物由于具有高机械柔性，因而在柔性电子设备和系统中会有很重要的应用。其中聚（3,4-乙撑二氧噻吩）:聚苯乙烯磺酸盐（PEDOT:PSS）尤其重要，因为它可以分散在水或极性有机溶剂中，而大多数导电聚合物由于不能加热融化也不能在溶液中分散以至于难以加工。此外，PEDOT:PSS还具有在可见光范围内具有高透明度，出色的热稳定性，高电导率和生物相容性的优点，所以它可以在许多领域中具有重要应用。比如在电子器件和设备，包括发光二极管，太阳能电池和光

所以它可以在许多领域中找到广泛应用，比如用于透明电极，包括太阳能电池，太阳能电池/LED光电探测器之类的光电器件，以及包括电池和超级电容器等的储能设备。本文介绍了提高PEDOT:PSS的可拉伸性和热电性能的一些方法。

由于PEDOT:PSS具有刚性的共轭主链，其可拉伸性很低，所以不是可拉伸导体。可拉伸导体对于可拉伸电子系统至关重要，因此提高PEDOT:PSS的可拉伸性能有很重要的意义。主要有两类方法来提高PEDOT:PSS的可拉伸性：（1）通过与软聚合物或弹性体共混，（2）用增塑剂进行增塑。我们加入与水性聚氨酯（WPU）来形成可拉伸的PEDOT:PSS共混物。我们也展示了它们在可伸展电磁屏蔽，可伸展热疗和软机器人柔顺电极中的应用。我们还发现具有生物相容性且在室温下为固体的D-山梨醇可以用作PEDOT:PSS的增塑剂。它可以将PEDOT:PSS的电导率提高到 $>1000\text{ S/cm}$ ，同时将断裂伸长率提高到 $>60\%$ 。我们也提出了D-山梨醇对于PEDOT:PSS的增塑机理。由于共轭主链和阳离子与阴离子间的库伦作用力，导电高分子的塑化机理会传统的聚合物有很大不同。

具有高热电性能的PEDOT:PSS可用于柔性热电发电机。高热电性能要求高电导率和高塞贝克系数，但是电导率和塞贝克系数是相互依存的。PEDOT:PSS的热电特性可以通过去掺杂或能量过滤来增强。我们发现通过酸和碱的连续处理，可以提高PEDOT:PSS的功率因子到 $332\text{ }\mu\text{W}/(\text{mK}^2)$ ，这是到2018年热电高聚物的世界记录。酸处理可以提高PEDOT:PSS的电导率，而碱处理可以去掺杂而提高塞贝克系数。我们也研究了用碱去掺杂和还原剂去掺杂对PEDOT:PSS的塞贝克系数的影响，发现通过碱去掺杂比通过还原剂去掺杂对提高塞贝克系数更有效。我们进一步的研究发现，在酸和碱处理过的PEDOT:PSS膜上涂覆一层离子液体可以将塞贝克系数提高到 $70\text{ }\mu\text{V/K}$ ，功率因子提高到 $750\text{ }\mu\text{W}/(\text{mK}^2)$ ，优值（ZT）可以达到0.75。这个ZT值可与最佳无机热电材料在室温下的ZT值相媲美。此外，我们发现涂覆具有高固有偶极矩的两性离子Rodamine 101也可以提高PEDOT:PSS的塞贝克系数。由于塞贝克系数的提高与PEDOT:PSS功函数的减小相一致，因此，对于PEDOT:PSS塞贝克系数的Rodamine 101效应，我们提出了表面能量过滤的机制。



2 能否谈谈您选择Accounts of Materials Research的理由？

许多材料包括导电聚合物都是通过化学反应得到。它们的化学结构，组成，分子量和微观结构都对这些材料的性能和应用产生很大影响。对于材料科学工作者，了解一些化学知识对于发展新材料，开发新的材料加工方法和提高材料性能都有很大的帮助。许多化学工作者对材料科学和技术的发展起到了很重要的推动作用。ACS是一个享有很高的国际声誉的出版机构，并且发行很多很有影响力的学

术杂志。Accounts of Materials Research给材料科学和化学工作者提供了一个很好的平台。因此，我很高兴这个工作能够发表在这个杂志。

3 您理解中的Account 应该是什么样的？和一般的综述文章有何不同？

我理解的**Account更加强调某个实验室对某个领域或是某个方向的独到的理解**，然后在此理解的基础上得到的重要的研究结果。因此，它虽然不像一般综述文章那样很广，但是Account会**更加独特，更加专一也更加创新**。读者可以从一本综述文章对某个领域有全面的了解，包括不同实验室对一个现象的不同理解，而**从Account则可以了解到某一个实验室的研究思路和从理解到研究发现的一个历程，这样可以启发读者怎样去思考问题和怎样从假设到设计实验。**

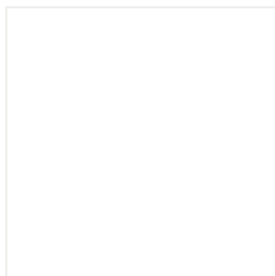
4 有其他想与读者分享的研究故事和花絮吗？

做科研最重要的是要有原创性，而不是文章数量。做一个科研项目时，应该对该项目的基础知识有深入的理解。根据自己对于基础知识的理解，提出自己独特的假设，就有可能得到与文献里不同的结果。因此，对于创新**最重要的是自己的理解，而不是简单跟随**有名的科学家或是实验室的理解。**有自己的假设后，保持开放的头脑是很重要的。**我从来都是要求自己实验室的成员在设计实验时，一是要找到证据证明自己的假设是对的。但是在证明假设正确的时候，我们有时候可能会有意或是无意地忽略一些因素，就可能会得到一些片面的结论。因此，我会要求实验室成员同时要考虑是不是也可以找到证据证明自己的假设是错误的。**如果正反两方面的考虑都与结论符合，我们就可以得到更加合理的结论。**我们可以根据实验结果来修改假设，而不是先有结论然后忽略一些证据而只挑与结论一致的证据。在证明自己的假设是错误的時候，就会对课题有更深入的理解，甚至会得到一些意想不到的结果，而**意想不到的结果有时会更有意义和更高的原创性。**

我在这里分享两个自己研究中的小花絮。我在2006年加入新加坡国立大学后，继续发明了一些提高PEDOT:PSS电导率的一些方法。但是早期最高的电导率也就只能达到200 S/cm左右，这个电导率对于很多应用来说是太低了。当时很多人都认为这可能是PEDOT:PSS电导率的极值了，不可能再提高了。甚至有人很友好地提醒我不要再在这个方向努力了。但是我不愿意放弃，因为如果可以把电导率再提高一个数量级的话这个材料就可以有很好的前景。终于，我们发现用硫酸处理可以大幅提高PEDOT:PSS电导率，在2012年报导了高于3000 S/cm的电导率，并且第一次发现了它的金属行为。这不但吸引了许多其他的工作者，也扩大了PEDOT:PSS在各方面的应用。因此，我们**做科研时不要轻易放弃，要有自己的梦想。有时候是“山穷水尽疑无路，柳暗花明又一村”。**

另一个故事是我们**做科研时要从多个角度来思考问题**。在十多年前我们研究PEDOT:PSS时，我们考虑把它用于电催化，计划把 H_2PtCl_6 还原后在PEDOT:PSS膜的表面沉积Pt的纳米颗粒来研究它们的电催化性能。但是我们现在发现在这个过程中PEDOT:PSS的电导率提高了。当时我们从不同的角度思考了可能的原因，提出了两个关于电导率提高的不同假设：（1） H_2PtCl_6 在溶液中可以离解出铂和氯离子，这些离子可能可以提高PEDOT:PSS的电导率；（2） H_2PtCl_6 也可以离解出氢离子，因此我们可以假设酸可以提高PEDOT:PSS的电导率。最后，根据这两个假设的实验结果表明盐或是酸都可以提高PEDOT:PSS的电导率，这样一来我们就开发了两个不同的方法来提高PEDOT:PSS的电导率。



扫码阅读欧阳建勇教授团队的精彩Account文章：

Enhancements in the Mechanical Stretchability and Thermoelectric Properties of PEDOT:PSS for Flexible Electronics Applications
Hao He and Jianyong Ouyang*

原文链接：

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/accountsmr.0c00021>

投稿指南

目前Accounts of Materials Research的投稿主要基于编辑团队的邀请。如您有意投稿，请先按照Author Guidelines的要求准备并投递proposal，编辑团队会对您的proposal进行评审。如果proposal被接受，我们将向您发送投稿邀请。扫码阅读作者指南，下载proposal form：

