



新加坡国立大学Advancd Energy Materials:具有超高离子塞贝克系数和热电性能的柔性准固态离子液体凝胶



材料人
08-02 09:08

引言

地球上的热能很丰富，然而很大一部分热能都以废热的形式散发到环境中，显然收集并利用废热对于实现可持续发展具有重要意义。目前已有包括有机朗肯循环、热电化学电池以及热电发电机等技术可将热量转化为电能，但是只有热电发电机技术才能有效利用低等级的热量。热电发电机的热电转换效率取决于热电材料的优值系数（**ZT**）。电子导体类热电材料往往具有高导电性，但他们的塞贝克系数通常远小于 1 mV K^{-1} 。此外，基于电子导体的热电系统较为复杂，显著提高了制造和维护成本，使得利用电子导体来收集热量是一个巨大的挑战。与电子导体相比，以往离子导体由于热电转换较差而受到关注较少。虽然离子导体的塞贝克系数可以比电子导体高几个数量级，但离子导体的**ZT**值通常小于0.1，主要是由于其较低的离子电导率。因此，探索具有高塞贝克系数和高**ZT**值的材料对于实现高效、低成本的热电转换是极其重要的。

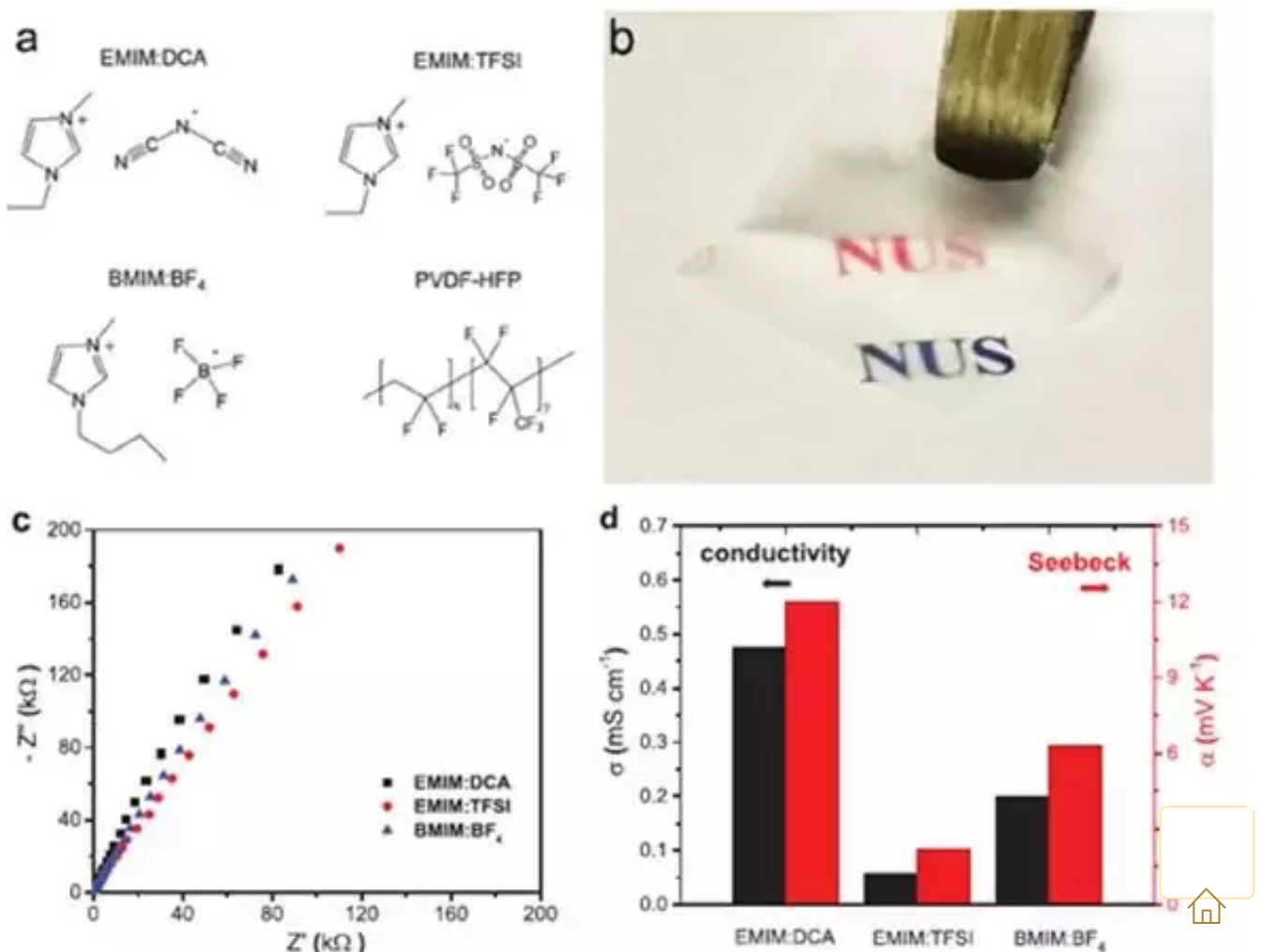
近日，新加坡国立大学欧阳建勇教授（通讯作者）课题：道了由聚（偏二氟乙烯共六氟丙烯）（PVDF-HFP）制得的环



我来说两句

高离子塞贝克系数 (26.1 mV K^{-1})、高离子电导率 (6.7 mS cm^{-1}) 和低热导率 ($0.176 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$)。这是迄今为止在电子和离子热电材料中观察到的最高的塞贝克系数。研究表明, 超高塞贝克系数与PVDF-HFP和离子液体之间的离子-偶极相互作用有关。此外, 该离子凝胶在离子型热电电容器中的应用也被证明可以将间歇性热量转换为电能。该成果以题为"**Flexible Quasi-Solid State Ionogels with Remarkable Seebeck Coefficient and High Thermoelectric Properties**"发表在国际著名期刊**Advanced Energy Materials**上。

图1 离子液体的化学结构及离子液体凝胶的热电表征



我说两句

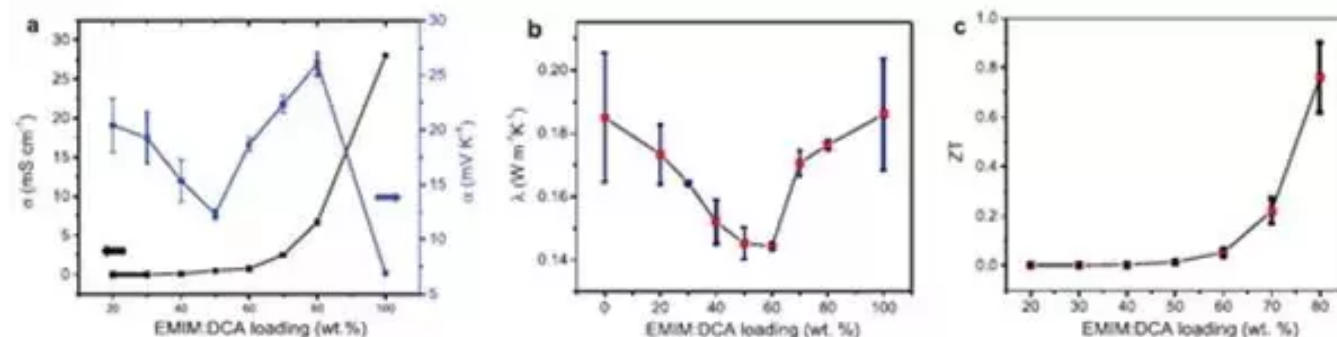
(a) 离子液体的化学结构（EMIM:DCA、EMIM:TFSI、BMIM:BF₄和聚合物PVDF-HFP）；

(b) EMIM:DCA/PVDF-HFP离子液体凝胶（EMIM:DCA负载量为50 wt%）薄膜照片；

(c) EMIM:DCA、EMIM:TFSI和BMIM: BF₄负载量为50 wt%的离子液体凝胶的阻抗图；

(d) EMIM:DCA、EMIM:TFSI和BMIM: BF₄负载量为50 wt%的离子液体凝胶的离子电导率和离子塞贝克系数。

2 离子液体凝胶性质与离子液体含量的关系



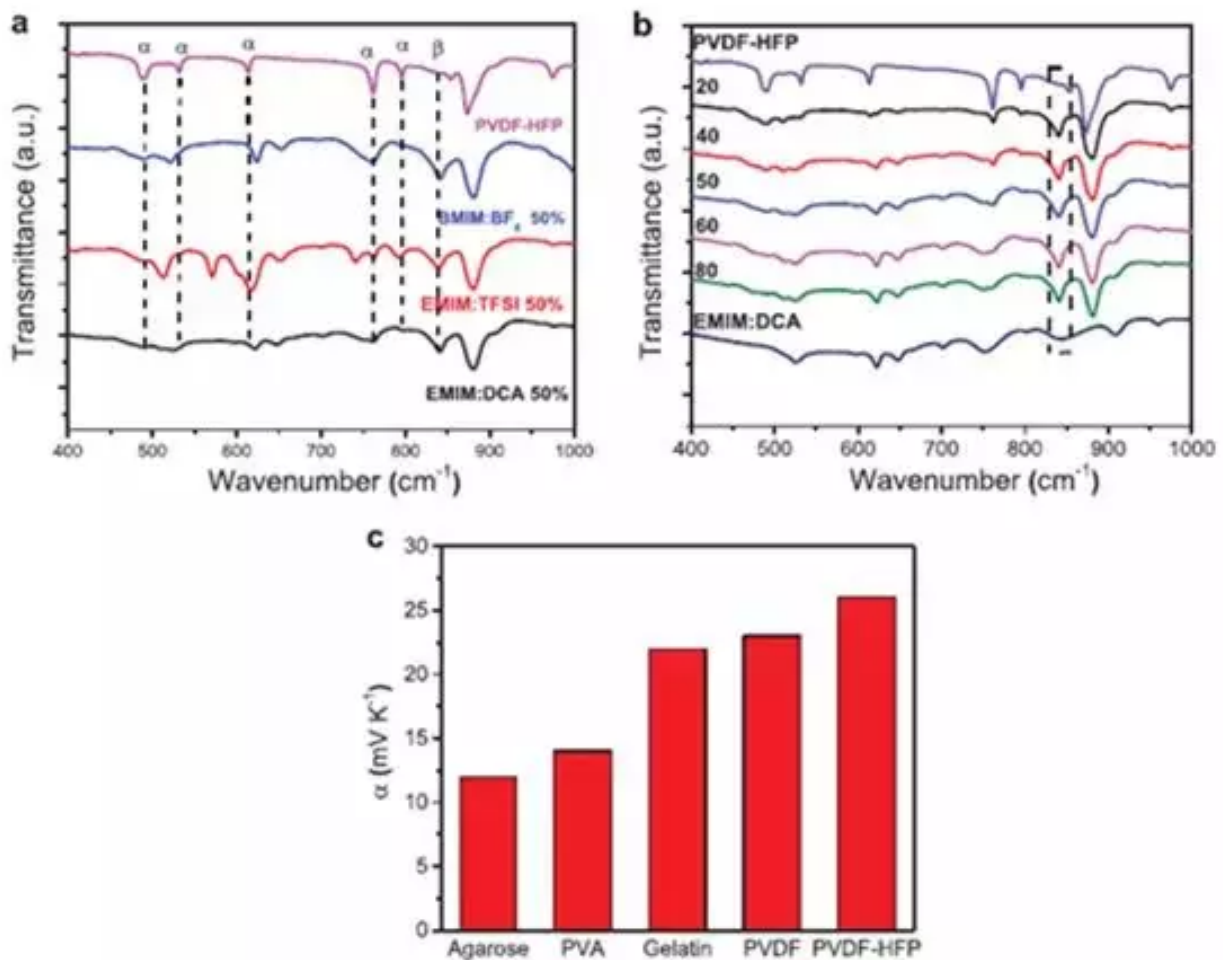
(a) 离子电导率和离子塞贝克系数与离子液体凝胶中EMIM:DCA负载量的关系图；

(b) 热导率与离子液体凝胶中EMIM:DCA负载量的关系图；

(c) 热电优值与离子液体凝胶中EMIM:DCA负载量的关系图。



我来说两句

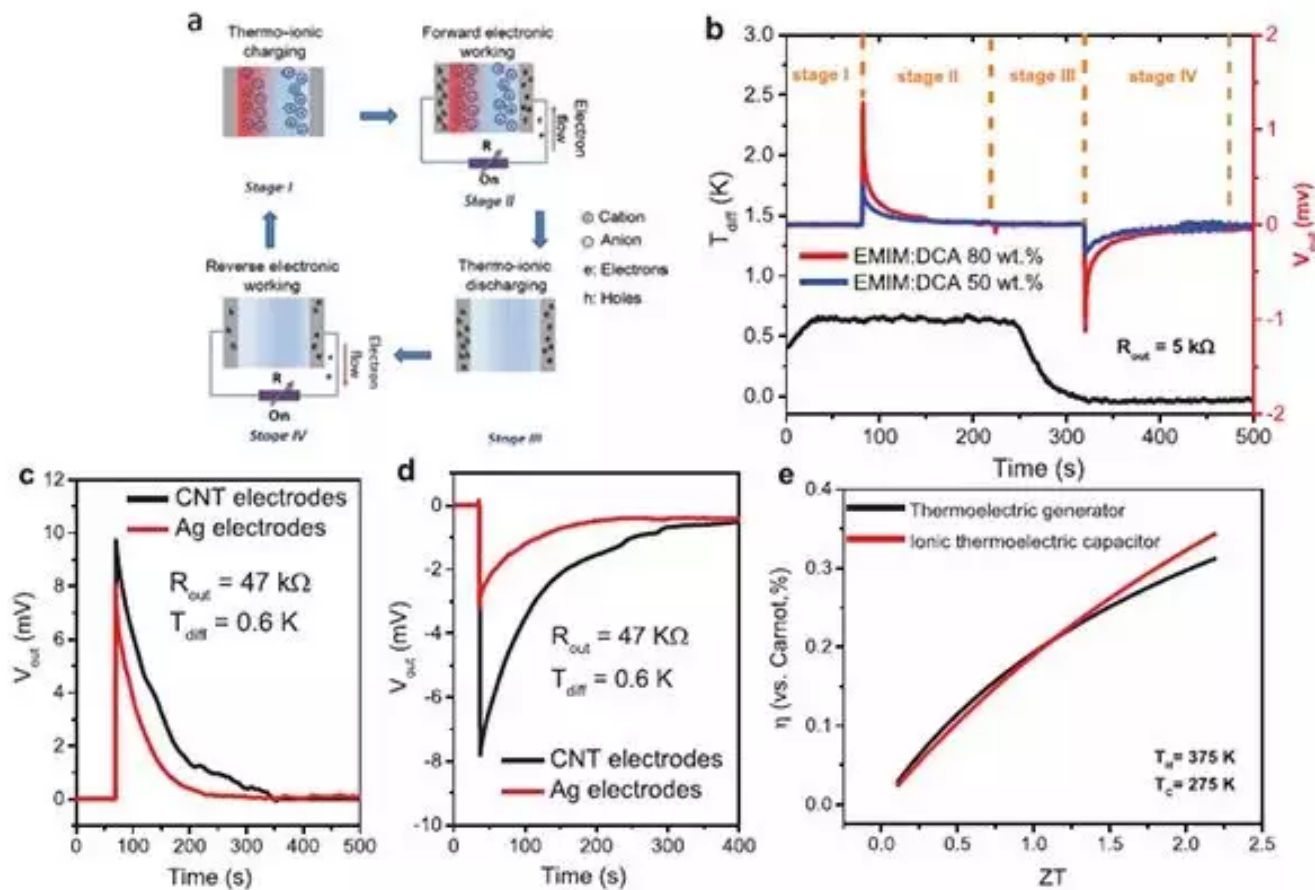


- (a) PVDF-HFP和含有不同离子液体的凝胶的FTIR透射光谱；
- (b) PVDF-HFP、EMIM:DCA和不同负载量的PVDF-HFP/EMIM:DCA离子凝胶的FTIR透射光谱；
- (c) 在各种聚合物中负载具有80wt% EMIM: DCA得到离子凝胶的离子塞贝克系数。

图4 离子型热电电容器工作原理及性能测试



我来说两句



(a) 离子型热电电容器工作原理的示意图；

(b) 利用50 wt%和80wt%IL负载量的EMIM:DCA/PVDF-HFP离子凝胶和银电极连接离子热电容器和外部负荷的电压曲线；

(c) 使用银或单壁碳纳米管电极连接离子热电容器和外部负荷在正压工作时的电压曲线；

(d) 使用银或单壁碳纳米管电极连接离子热电容器和外部负荷在负压工作时的电压曲线；

(e) 假设高温处为375 K、低温处为275 K，传统热电发电离子热电容器相对于优值系数的热电转换效率。



我来说两句

小结

本文中，作者报道了由EMIM:DCA和PVDF-HFP制得的准固态离子液体凝胶，其可以表现出超高的塞贝克系数（可高达 26.1 mV K^{-1} ），高离子塞贝克系数归因于离子-离子相互作用以及离子和PVDF-HFP之间的相互作用。此外，该离子凝胶可具有 6.7 mS cm^{-1} 的高离子电导率和 $0.176 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ 的低导热率。因此，其热电优值可以高达0.75。研究还表明，离子液体凝胶可用于离子热电电容器中进行热电转换。

文献链接：Flexible Quasi-Solid State Ionogels with Remarkable Seebeck Coefficient and High Thermoelectric Properties (Adv. Energy Mater., 2019, DOI: 10.1002/aenm.201901085)

团队介绍

新加坡国立大学欧阳建勇团队长期致力于柔性电子材料的研究。主要领域涵盖导电高分子，有机电子热电材料，离子热电材料，可穿戴电子材料与器件，生物电子学，有机太阳能电池，染料敏化太阳能电池以及无机-有机钙钛矿太阳能器件等。

团队发明了许多提高材料和器件性能的方法。主要成果包括多次刷新可加工导电高分子的电导率和热电性能的世界记录，到了在电子与离子热电材料的世界最高塞贝克系数，观察生物相容导电高分子的世界最高电导率，发明了可以在水中工作



我来说两句

的应变传感器，和用碳纳米管，石墨烯或是碳纳米管与石墨烯的复合物作为对电极的染料敏化太阳能电池效率的世界记录。

1. Hanlin Cheng, Xu He, Zeng Fan, Jianyong Ouyang*, Flexible Quasi-Solid State Ionogels with Remarkable Seebeck Coefficient and High Thermoelectric Properties, Advanced Energy Materials 2019, 9, 1901085.
2. Hao He, Lei Zhang, Xin Guan, Hanlin Cheng, Xixia Liu, Suzhu Yu, Jun Wei, Jianyong Ouyang*, Biocompatible conductive polymers with high conductivity and high stretchability, ACS Applied Materials & Interfaces, 2019, 11, 26185.
3. Pengcheng Li, Yuzhe Wang, Ujjaval Gupta, Jun Liu, Lei Zhang, Donghe Du, Choon Chiang Foo, Jianyong Ouyang*, Jian Zhu*, Transparent soft robots for effective camouflage, Advanced Functional Materials, 2019, 29, 1901908.
4. B. Tee* and Jianyong Ouyang*, Soft Electronically Functional Polymeric Composite Materials for A Flexible and Stretchable Digital Future, Advanced Materials, 2018, 30, 1802560.



5. Zeng Fan, Donghe Du, Xin Guan, and Jianyong Ouyang*,



我来说两句

Arising from Significant Seebeck Coefficient Enhancement by Ion Accumulation on Surface, Nano Energy, 2018, 51, 481.

6. Zhimeng Yu, Bichen Li, and Jianyong Ouyang*, Metal Ion/Dendrimer Complexes with Tunable Work Functions in a Wide Range and Their Application as Electron- and Hole-Transport Materials of Non-Fullerene Organic Solar Cells, Adv. Funct. Mater. 2018, 28, 1802554.
7. Bichen Li, Furkan Isikgor, Hikmet Coskun, and Jianyong Ouyang*, Methylammonium Iodide Effect on the Supersaturation and Interfacial Energy of the Crystallization of Methylammonium Lead Triiodide Single Crystals, Angewandte Chemie International Edition, 2017, 56, 16073.
8. Zeng Fan, Pengcheng Li, Donghe Du and Jianyong Ouyang*, Significantly Enhanced Thermoelectric Properties Of PEDOT:PSS Films through Sequential Post Treatments with Common Acids and Bases, Advanced Energy Materials, 2017, 7, 1602116.
9. Jingjing Chang, Zhenhua Lin, Hai Zhu, Furkan Isik, Qing-Hua Xu, Chunfu Zhang, Yue Hao, Jianyong Ouyang*. Enhancing the Photovoltaic Performance of



我来说两句

the Perovskite Layer with Alkali Metal Ions, Journal of Materials Chemistry A, 2016, 4, 16546.

10. K. Sun, Z. Xiao, S. Lu, W. Zajaczkowski, W. Pisula, E. Hanssen, J. White, R. Williamson, J. Subbiah, J. Ouyang*, A. Holmes, W. Wong*, and D. Jones*, "A molecular nematic liquid crystalline material for high-performance thick-film organic photovoltaics", Nat. Commun. 2015, 6, 6013.
11. Y. Xia, K. Sun, and J. Ouyang*, Solution-Processed Metallic Conducting Polymer Films as Transparent Electrode of Optoelectronic Devices, Adv. Mater. 2012, 24, 2436-2440.
12. Yijie Xia, Kuan Sun and Jianyong Ouyang*, Highly Conductive Poly(3,4-ethylenedioxythiophene):Poly(styrene sulfonate) Films Treated with an Amphiphilic Fluoro Compound as the Transparent Electrode of Polymer Solar Cells, Energy & Environmental Science, 2012, 5, 5325-5332.

Hanlin Cheng, Xu He, Zeng Fan, Jianyong Ouyang*, Flexible Quasi-Solid State Ionogels with Remarkable Seebeck Coefficient and High Thermoelectric Properties, Advanced Energy Materials 2019. 9. 1901085.



我来说两句

Hao He, Lei Zhang, Xin Guan, Hanlin Cheng, Xixia Liu, Suzhu Yu, Jun Wei, Jianyong Ouyang*, Biocompatible conductive polymers with high conductivity and high stretchability, ACS Applied Materials & Interfaces, 2019, 11, 26185.

Pengcheng Li, Yuzhe Wang, Ujjaval Gupta, Jun Liu, Lei Zhang, Donghe Du, Choon Chiang Foo, Jianyong Ouyang*, Jian Zhu*, Transparent soft robots for effective camouflage, Advanced Functional Materials, 2019, 29, 1901908.

B. Tee* and Jianyong Ouyang*, Soft Electronically Functional Polymeric Composite Materials for A Flexible and Stretchable Digital Future, Advanced Materials, 2018, 30, 1802560.

Zeng Fan, Donghe Du, Xin Guan, and Jianyong Ouyang*, Polymer Films with Ultrahigh Thermoelectric Properties Arising from Significant Seebeck Coefficient Enhancement by Ion Accumulation on Surface, Nano Energy, 2018, 51, 481.

Zhimeng Yu, Bichen Li, and Jianyong Ouyang*, Metal Ion/Dendrimer Complexes with Tunable Work Functions in a Wide Range and Their Application as Electron- and Hole-Transport Materials of Non-Fullerene Organic Solar Cells, Adv. Funct. Mater. 2018, 28, 1802554.



我来说两句

Bichen Li, Furkan Isikgor, Hikmet Coskun, and Jianyong Ouyang*, Methylammonium Iodide Effect on the Supersaturation and Interfacial Energy of the Crystallization of Methylammonium Lead Triiodide Single Crystals, Angewandte Chemie International Edition, 2017, 56, 16073.

Zeng Fan, Pengcheng Li, Donghe Du and Jianyong Ouyang*, Significantly Enhanced Thermoelectric Properties Of PEDOT:PSS Films through Sequential Post Treatments with Common Acids and Bases, Advanced Energy Materials, 2017, 7, 1602116.

Jingjing Chang, Zhenhua Lin, Hai Zhu, Furkan Isikgor, Qing-Hua Xu, Chunfu Zhang, Yue Hao, Jianyong Ouyang*, Enhancing the Photovoltaic Performance of Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells by Doping the Perovskite Layer with Alkali Metal Ions, Journal of Materials Chemistry A, 2016, 4, 16546.

K. Sun, Z. Xiao, S. Lu, W. Zajaczkowski, W. Pisula, E. Hanssen, J. White, R. Williamson, J. Subbiah, J. Ouyang*, A. Holmes, W. Wong*, and D. Jones*, "A molecular nematic liquid crystalline material for high-performance thick-film organic photovoltaics", Nat. Commun. 2015, 6, 6013.



Y. Xia. K. Sun. and J. Ouyang*. Solution-Processed Metallic



我来说两句

Optoelectronic Devices, Adv. Mater. 2012, 24, 2436-2440.

Yijie Xia, Kuan Sun and Jianyong Ouyang*, Highly Conductive Poly(3,4-ethylenedioxythiophene):Poly(styrene sulfonate) Films Treated with an Amphiphilic Fluoro Compound as the Transparent Electrode of Polymer Solar Cells, Energy & Environmental Science, 2012, 5, 5325-5332.

本文由biotech供稿。

cailiaorenvip

声明：该文观点仅代表作者本人，搜狐号系信息发布平台，搜狐仅提供信息存储空间服务。



Great Fares To Fly Premium

Our Best Online Fares. Inclusive Of Complimentary Meals & Baggage Allowance.



分享到



我来说两句

体内有癌，腿部先知，腿部若出现两个信号，提示癌症已经到访

医学原创故... 前天23:14 261.5万+



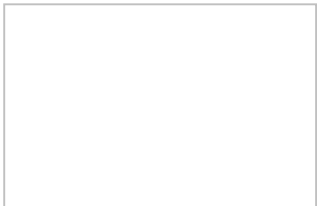
夫妻“行事”过早结束只是“不爽”？警告：4个危害，可别不当回事

漫说健康 昨天06:06 149.5万+



寿命短的男人，常有五个坏习惯，45岁开始，希望你一个都不要有

医学原创故... 昨天20:44 71.4万+



Great Fares To Fly Premium

广告 Malaysia Airlines



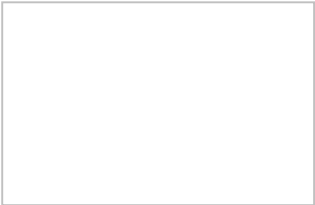
天天吃一颗煮鸡蛋，身体会收获多种好处，但煮鸡蛋时，别犯这种错

王思露营养... 18小时前 21.1万+



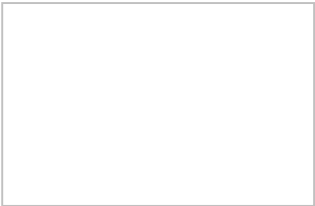
我来说两句

药师方健 昨天18:26 82.3万+



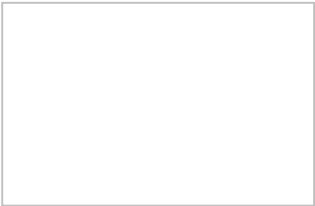
80岁李双江近况曝光，两个儿子处境遭遇令人感叹！

缘聚有心人 前天00:58 21.4万+



五种隔夜菜，即便放在冰箱里，也要扔掉，它们的危害不仅仅是致癌

医学原创故... 昨天20:46 63.6万+



Kitchen & Bath Stores

广告 Cosentino UK

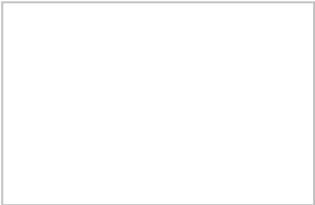


50岁是寿命决定期，无论男女，长寿还是短命，就看这六种表现

医学原创故... 14小时前 30.6万+

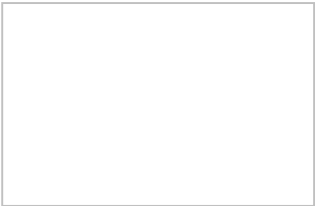


我来说两句



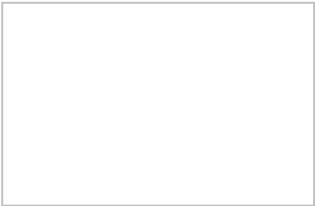
虎纠头条 前天20:13 182.8万+

癌症的元凶终于找到了，远离癌症，五个部位最好每年体检一次



医学原创故... 前天23:10 18.9万+

血栓是拖出来的，医生提醒，腿部若有三个表现，请及时疏通血管



医学原创故... 昨天20:49 32.2万+



Luxury Hokkaido Tours

广告 hokkaido-sightseeing.com

查出HPV阳性先别慌，多吃4种食物有助于转阴

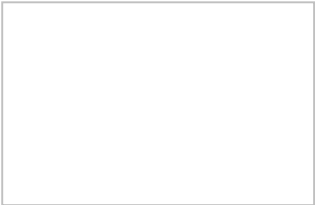


江汉热线网 昨天14:08 7.4万



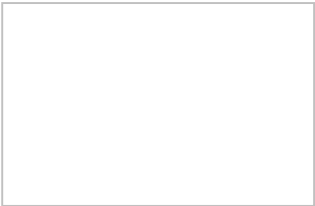
我来说两句

口腔君 19小时前 655



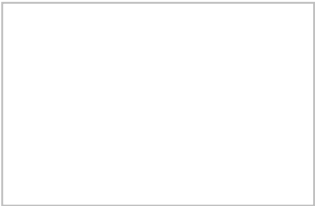
梦中那些虚掩的门 文/诗梦江南

诗梦江南 19小时前 5819



声带息肉有哪些治疗方法？

十剂堂 24小时前 957



Luxury Hokkaido Tours

广告 hokkaido-sightseeing.com

趁热吃不养胃反伤胃！！

王萍 6小时前 4.8万



我来说两句



三尺巷 昨天06:00 1.4万

肝火旺？医生提醒：这5种食物是败肝火的“利器”，你不妨试试！



漫说健康 5小时前 3.1万

20款最走心的教师节贺卡，动手做起来，别把爱藏在心里哦~



好幼师 前天19:30 924

狐大医 | 两类人不适合登山！秋游登山最好避开早晚



搜狐健康 3小时前 51.4万+



我来说两句



医讯直通车 18小时前 1.9万

降准来了！一图看懂将如何影响你的财富



第一财经 11小时前 7万

狐大医 | 周末啦！医生教你如何科学做家务，回家试试去



搜狐健康 21小时前 48.5万+



夫妻性生活，最多能到多少岁？这个答案，恐怕让不少人无法接受

漫说健康 6天前 672.4万+



我来说两句

宝宝护士 2019.8.30 568.9万+



姚晨说：我都几年没有性生活了，我的卵巢怎么可能会癌变呢



郭医生小课... 2019.8.28 1709.3万+

把关爱传递给好朋友；把健康传播给每个人！您一定是个善良的人。



深圳老郎中 2019.8.24 3079

摸摸能让胸变大？性生活对乳房这么多好处，医生：但前提知道这些

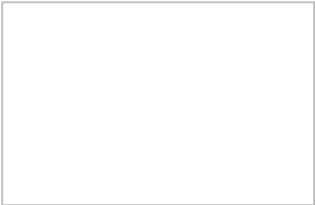


叮当快药 2019.8.29 208.3万+



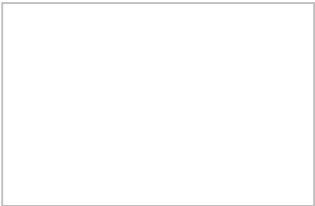
我来说两句

第一健康 2019.8.10 1606.9万+



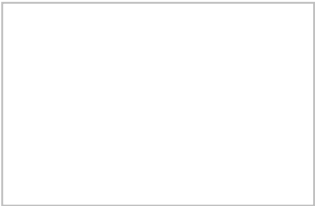
“性文化”最开放的日本，为何艾滋病率这么低？只因这4点做得好

漫说健康 2019.8.31 401.6万+



宣御医共享中医平台医生经纪人训练营02期成功举办！

佰年君 2019.8.13 7244



命比较“短”的男人，大多有这3个特征，希望你一个也没有

灵素阁 3天前 88.7万+



我来说两句



本地服务



高薪工作



优质房产



家电维修



二手好货



家政服务



放心搬家



热租房源



二手好车



萌宠专区

网站地图

- [首页](#)[新闻](#)[财经](#)[体育](#)[娱乐](#)[军事](#)
- [汽车](#)[房产](#)[图库](#)[小说](#)[历史](#)[科技](#)

用户反馈 · 合作

Copyright © 2019 Sohu All Rights Reserved

搜狐公司 版权所有



我来说两句