

# 人工微结构与量子调控协同创新中心 简报



## 中心新闻

- 02 复旦-南大“人工微结构与量子调控协同创新中心”合作讨论会顺利举行
- 04 复旦物理系“人工微结构与量子调控协同创新中心”参与名单出炉

## 科学简报

- 05 中心成员封东来教授课题组在铁基超导电子结构研究方面取得新突破
- 06 电子关联效应对铁基超导体的反铁磁关联的影响
- 07 材料逆向设计及具有优异光学性质的新硅相的预言
- 08 Fe/Ni/Cu(001)薄膜中的手性磁有序结构

### news & views

co-workers<sup>1</sup>, which reported inkjet printing deposition of organic semiconductor single crystals on a Si substrate as the encapsulating agent. Although even higher charge mobility was reported in that case, the methodology was more complex, the crystallization was lengthy, and crystals suffered from poor control over the alignment as compared with the present reports.

Nevertheless, one could envisage further promising developments by merging these technologies together. The molecular design offered by Kim and collaborators<sup>2</sup> could be implemented in combination with the method based on fluid flow control, with the hope that the alignment and transport benefits of the two methods will also combine. Moreover, the address approach may be applicable to both alignment and transport, which are currently fairly high, although it is not an issue for the deposition of semiconductor films on highly stable inorganic (SiO<sub>2</sub>) dielectric surfaces, it may be a serious hurdle for processing on organic substrates, as required for flexible optoelectronic devices. To this

end, it would be really impressive from the viewpoint of organic TFT technology if highly oriented films could be demonstrated on plastic substrates.

Another challenging goal is the realization of dense arrays of microencapsulated TFTs on a single substrate. The simplest circuit envisaged for sensing operations based on addressing non-volatile memories would require around 100 TFTs per square centimetre, whereas for the simplest display the number would increase to over 5000 TFT cm<sup>-2</sup>. If hundreds of thousands of aligned organic films could be deposited over large areas with great registration, as necessary for multicolor-based devices, exponential opportunities for display and circuitry could be opened up. At this stage, the techniques based<sup>3</sup> on the new polymers designed by Kim's team (before their film deposition) is conceptually similar to inkjet coating and on the encapsulating agent used by Chubbey<sup>4</sup> and co-workers are probably closer to this target, and already approach the processing standards of semiconductor industry. But the work of this and colleagues might push the work of this and colleagues right back to the starting point of performance to the limit.

Thus, if studies building on these works demonstrate the possibility of advancing the control of crystal morphology further – and the combination of these independent approaches would be an interesting way to reach this goal – the broad commercialization of solution-processed organic optoelectronic devices could be made possible.

Atomic facilities in the Department of Chemistry, Northeastern University, 210088 Meishan Road, Fuzhou, Jiangsu 210024, China, and Infineon Corporation 8600 Leoben Avenue, Walnut, Illinois 60097, USA.  
E-mail: z.fuchs@infineon.com

- References  
1. Kim et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
2. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
3. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
4. Chubbey et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
5. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
6. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
7. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
8. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
9. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.  
10. Kim, H. et al. *ACS Nano* 2012, 6, 10000–10004.

Published online 27 June 2013

### SUPERCONDUCTIVITY

## Fewer atoms, more information

A complete understanding of the mechanism underlying high-temperature superconductivity is notoriously elusive. The growing body of evidence suggesting that monolayer iron selenide superconducts up to 65 K indicates it may become an ideal model system for testing theoretical ideas.

Sergey Borisenko

The wonder of resistance-free conductivity never quite leaves even the most seasoned of experts in superconductivity. As yet, however, no material has been found to conduct electricity 'for free', and in fact it is not even established if the best known associated with electrical resistance can be avoided at room temperature. The highest superconducting temperature (T<sub>c</sub>) was usually achieved by optimizing the number of electrons and the distance between atoms. In superconductors, T<sub>c</sub> reaches its maximum in a complex compound containing five different elements, and/or considerable hydrostatic pressure. Now, as new separate Chinese collaborations report in Nature Materials, a much simpler way to tune the concentration of electrons and the size of the unit cell is demonstrated for

iron-based superconductors<sup>1</sup>. In doing so, the two teams – led by Xiaoming Chen and Douglas Feng, respectively – were able to study the behavior of the electrons in an almost ideal model setting, and confirm earlier indications of a record-high T<sub>c</sub> of 65 K for an iron-based superconductor<sup>2</sup>. Perhaps the most intriguingly, the object of their studies was just a single monolayer of iron selenide (FeTe) deposited on structure-insulated Si(111).

Determining whether such a system is superconducting or magnetic, and perhaps understanding how the electronic conditions that lead to these states change, requires an altogether different approach. The hallmark of the superconducting state – and a key signature of the charge theory for low-temperature superconductors – is a tiny gap in the single-electron energy. This gap can be determined experimentally from the kinetic energy of photoelectrons using Einstein's law of photoelectricity. The magnetic state, which often heralds the superconducting state in a material's phase diagram, is characterized by an alternant, so-called antiferromagnetic, arrangement of magnetic moments. This gives rise to distinct sets of atomic planes causing electrons to diffract and charge

## 中心新闻

## 复旦大学---南京大学

## “人工微结构与量子调控协同创新中心”合作讨论会顺利举行



2013 年 5 月 13 日，南京大学物理学院邢定钰院士、李建新院长等 4 位老师来到复旦大学物理系，和复旦大学物理系沈健主任，封东来教授，周磊教授，资剑教授等一起，就与复旦物理系联合申请“人工微结构与量子调控协同创新中心”合作意向进行了小范围讨论。

这次申请由南京大学牵头，五校（南大，复旦，科大，浙大，上交）及一院（中科院合肥物质科学研究院）联合申请，共同努力。在讨论会上，南大物理学院的邢院士和李院长首先详细介绍了南大以往的申请经验，分析了这次南方五校联合申请的巨大优势。而后由南大科技处的姜田处长就目前教育部对于 2011 协同中心申请的相关动向做了简单介绍。

2011 协同中心的《指导计划》共分为 4 个大部分：1、关于研究领域（比 973 宽泛）。2、关于中标总数（总数，每年个数，每种类型个数）。3、关于目标体系（考核方式）。4、关于退出机制（考核未通过者，除零）。专项资助最多连续 2 轮，共 8 年。《指导计划》在 2013 年 5 月份定下初稿，预计 7 月份教育部将召开央属高校咨询会，8 月份定稿。其中量子调控与凝聚态物理是《指导计划》中提到的重点发展领域。我们协同中心的申请需要密切关注并体现出国家需求，特别是建成有国际影响的学术高地。具体内

涵包括：国际科学研究高地，培养新兴学科，向世界前五瞄准；国际人才汇聚之地；拔尖创新青年人才的培养摇篮；以及活跃的学术交流园地。

围绕此次联合申请的五个具体方面，包括申请亮点、中心规模、成果归属、中心国际化、近期准备，两校教师们进行了热烈的讨论。

### （一）关于申请亮点

沈健教授表示将会推荐复旦物理系最优秀的科研力量参与到协同中心的工作，认为当务之急需要发掘协同中心不同于其他院校申请的亮点，寻求容易为评审接受和瞩目的切入点，寻求评委的支持和肯定。需要在“原创性”上做文章，慎重考虑具体落实在哪几个点上，在哪几个方向上追求领先地位。制定 4 年统一的发展规划，确定研究方向，每个方向组织专门人员进行讨论，确定 1-2 个具体问题开展合作研究。同时，体制机制要争取实现细化，成果表述扎实（如科研成效，人才培养成效，人才引进成效等）。资剑教授认为研究范围不宜过分保守，作为下一代信息技术基础的量子调控，可围绕该研究方向多加考虑。封东来教授提出考虑某领域世界前 5 作为目标。

### （二）关于中心规模

参会老师们一致认为：协同中心整体人数规模应当控制在 200 人以内，体量适中。尽量精简，最优配置是 160-180 之间。注重科研人员的研究领域需要和申请领域密切相关。注重模拟运行中边界清晰，人员边界清晰，政策边界清晰。建议五校各自列出参与名单，由牵头的南大根据研究能力和方向，进行人员增减和协调。

### （三）关于成果归属

通过协商和签订相关协议，对加入到协同中心的科研人员进行考核，加入协同中心的科研人员所发表论文署名第一单位如何确定尚需要五校协商，尽量兼顾学校和系部工作业绩。

### （四）关于中心国际化

建议吸收非五校内部的，个人性质，在国际上某领域领先的优秀学者参与到中心工作，从而体现中心的国际化。但是，必须提倡适度国际化。

### （五）关于近期准备

两校老师一致认为 6 月份左右适合公布当前形势和任务，各校拟定协同中心参与名单，尽早提交南京大学，并在 6 月中召开五校联合讨论会，联合讨论会可考虑按研究方向分小组进行。

本次讨论会论点清晰，各位教授发言热烈，在许多问题上达成了一致，为 6 月五校联合讨论会的顺利召开奠定了良好的合作基础。



## 中心新闻

### 复旦大学物理系

#### “人工微结构与量子调控协同创新中心”参与名单出炉

2013 年 5 月 13 日，南京大学物理学院邢定钰院士、李建新院长等 4 位老师来到复旦大学物理系，和复旦大学物理系沈健主任，封东来教授等多位老师一起，就与复旦物理系联合申请“人工微结构与量子调控协同创新中心”合作意向，举行了讨论会。

讨论会上，关于协同中心的人员规模和组成，以及协调原则双方达成了一致：协同中心整体人数规模应当控制在 200 人以内，体量适中。尽量精简，最优配置是 160-180 之间。注重科研人员的研究领域需要和申请领域密切相关。

会后，根据讨论会上的建议，根据复旦大学物理系老师们的研究领域和个人意愿，初步拟定了以沈健教授，封东来教授为首的协同中心参与名单初稿。

该名单充分考虑协同中心的申请内容，严格把关参与教授的研究领域，涵盖了多位 973 首席，美国 APS Fellow，国家杰出青年等资深教授，并且，将与中心研究工作密切相关的多位青年千人学者等物理系新生力量也加入其中。可以说，复旦物理系的中坚力量全部投入了此次协同中心的申请工作中。





## 科学简报

## 中心成员封东来教授课题组铁基超导电子结构研究取得新的突破

从 2008 年铁基超导发现到今天,寻找具有更高超导转变温度的超导材料和理解高温超导电性的产生机理是科学家追寻的梦想。FeSe 是铁基超导体里结构最简单的材料,但因为缺少高质量单晶材料,对其电子结构的研究却是极为匮乏。最近,清华大学薛其坤院士研究组和中科院物理所周兴江研究员研究组利用 STM 和 ARPES 发现,在 SrTiO<sub>3</sub> 衬底上生长的单层 FeSe 薄膜,具有铁基超导体里最大的超导能隙,并可能对应着高达 65K 的超导转变温度记录。对 FeSe 电子结构的深入研究,对进一步理解铁基超导体的超导机理,以及如何提高材料的超导转变温度,有着极为重要的意义,因此引起了全球科学家的研究兴趣。

复旦大学物理系封东来教授研究组的博士生谭世勇等利用分子束外延 (MBE) 设备,成功的在 SrTiO<sub>3</sub> 衬底上生长出了高质量的 FeSe 单晶薄膜,并利用原位的 ARPES 技术,对其电子结构进行了深入系统的研究。首先,我们通过原位生长并测量得到了单层 FeSe 薄膜的电子结构和超导能隙,证实了单层 FeSe 中存在超过 65K 超导转变温度的迹象。而且,我们通过 ARPES 表征 SrTiO<sub>3</sub> 衬底在 FeSe 生长过程中电子结构的演化过程,发现 SrTiO<sub>3</sub> 衬底在 FeSe 生长前的高温退火处理过程中由于大量氧空位的形成,导致了大量的富余电子。当单层 FeSe 在 SrTiO<sub>3</sub> 衬底上附着生长时, SrTiO<sub>3</sub> 中的电子转移给了 FeSe,并对 FeSe 进行了电子掺杂。我们的研究结果解释了单层 FeSe 处于深度电子掺杂态的起源,对理论构建单层 FeSe 的超导机制模型具有重要的作用。

此外,我们还系统地研究了 FeSe 电子结构随着薄膜厚度的演变过程。逐层生长并原位测量了 FeSe 薄膜的电子结构,发现在厚度大于 2 原子层的所有 FeSe 薄膜中,在相应的特征温度以下,存在着自旋密度波。这是实验上第一次从电子结构的角度证实了 FeSe 同其他铁砷类铁基超导体一样,存在着自旋密度波,理论预言结果吻合。研究还发现,在 SrTiO<sub>3</sub> 衬底上生长的 FeSe 薄膜,由于晶格的失配造成 FeSe 薄膜存在着较大的拉伸应变,这种应变随着薄膜厚度的增加而减小,相应的 FeSe 薄膜的晶格常数从单层的 3.90Å 逐渐弛豫到 FeSe 的体的晶格 3.77Å。在大于 35 原子层的 FeSe 薄膜中,其晶格常数和电子结构不再变化,并代表了体的 FeSe 的性质。我们的结果第一次给出了体的 FeSe 的电子结构,与能带计算结果十分吻合。

## ARTICLES

PUBLISHED ONLINE 26 MAY 2013 | DOI:10.1038/NMAT3654

nature  
materialsInterface-induced superconductivity and strain-dependent spin density waves in FeSe/SrTiO<sub>3</sub> thin filmsShiyong Tan<sup>1,2</sup>, Yan Zhang<sup>1</sup>, Miao Xia<sup>1</sup>, Zirong Ye<sup>1</sup>, Fei Chen<sup>1</sup>, Xin Xie<sup>1</sup>, Rui Peng<sup>1</sup>, Difei Xu<sup>1</sup>, Qin Fan<sup>1</sup>, Haichao Xu<sup>1</sup>, Juan Jiang<sup>2</sup>, Tong Zhang<sup>2</sup>, Xinchun Lai<sup>2</sup>, Tao Xiang<sup>2</sup>, Jiangping Hu<sup>2</sup>, Binping Xie<sup>1</sup> and Donglai Feng<sup>1\*</sup>

The record superconducting transition temperature ( $T_c$ ) for the iron-based high-temperature superconductors (Fe-HTS) has long been 56 K. Recently, in single-layer FeSe films grown on SrTiO<sub>3</sub> substrates, indications of a new record of 65 K have been reported. Using *in situ* photoemission measurements, we substantiate the presence of spin density waves (SDWs) in FeSe films—a key ingredient of Fe-HTS that was missed in FeSe before—and we find that this weakens with increased thickness or reduced strain. We demonstrate that the superconductivity occurs when the electrons transferred from the oxygen-vacant substrate suppress the otherwise pronounced SDWs in single-layer FeSe. Beyond providing a comprehensive understanding of FeSe films and directions to further enhance its  $T_c$ , we map out the phase diagram of FeSe as a function of lattice constant, which contains all the essential physics of Fe-HTS. With the simplest structure, cleanest composition and single tuning parameter, monolayer FeSe is an ideal system for testing theories of Fe-HTS.

Iron selenide (FeSe) is structurally the most simple example of an iron-based high-temperature superconductor (Fe-HTS). The  $T_c$  of bulk FeSe is only about 8 K (ref. 1), however, it increases up to 37 K under pressure<sup>2</sup>. Theoretically, a collinear 2 × 1 SDW order similar to that in the iron pnictides was predicted to be present in this material (ref. 3). However, partly owing to the lack of high-quality single crystals, such SDW order has not previously been found in FeSe or its closely related compounds, and little is known about its electronic structure. Only spin fluctuations around the SDW wave vector were found in Fe(FeSe) by inelastic neutron scattering<sup>4</sup>. The magnetic structure in its closest sibling compound, FeTe, is incommensurate<sup>5</sup>, different from the SDW order observed in the iron pnictides.

Recently, in single-layer FeSe thin films grown on SrTiO<sub>3</sub> (STO) substrates by molecular-beam epitaxy (MBE), both scanning tunnelling spectroscopy and angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) experiments have observed the largest superconducting gap in Fe-HTS (ref. 6,7), which probably closes at 65 K (ref. 8). Although further transport measurements are needed to confirm whether the long-standing 56 K record of  $T_c$  has been broken, the remarkable properties of FeSe film, such as the role of the substrate and the superconducting mechanism, call for further exploration<sup>9</sup>.

We have grown FeSe thin films layer by layer on STO substrates using MBE as described in the Methods, transferring the substrates back and forth between the MBE chamber and the ARPES chamber under ultrahigh vacuum to enable the continuous *in situ* growth and measurement of the electronic structure as a function of thickness. The electronic structures of FeSe thin films are presented in Fig. 1. Because the photoemission intensity at the Fermi energy ( $E_F$ ) represents the Fermi surface, one finds that the Fermi surface

of the 1 ML (monolayer) FeSe film is composed of four electron Fermi pockets at the zone corners (Fig. 1a,i). It is similar to the Fermi surface of K<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>-Se<sub>2</sub> (ref. 10), except that the small electron pocket around (0, 0, π) in K<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>-Se<sub>2</sub> is absent here. Figure 1d shows the temperature dependence of the symmetrized photoemission spectrum taken at a Fermi crossing on the Fermi surface around  $M_2$ , where the closing of the gap is indicated by the filling up of the states at  $E_F$ . The measured superconducting gap (~15 meV at 23 K) is larger than all the other known bulk iron-based superconductors, closing at a higher temperature of about 60 ± 3 K (Fig. 1d,e), thus confirming the previous *ex situ* ARPES measurement<sup>6</sup>. This suggests a new record high  $T_c$  for Fe-HTS, assuming it is not a pseudo-gap.

Intiguingly, the Fermi surface topology changes dramatically for the 2 ML film (Fig. 1a(i)). One not only observes the Fermi surface of the 1 ML film, but also a new 'cross'-like Fermi surface at the zone corner. Some spectral weight also appears at the zone centre. When the third FeSe layer is grown, the 1 ML Fermi surface is hardly detected. As shown in Fig. 1a–c, the electronic structures of multilayer FeSe films are qualitatively similar, but with subtle differences. The spectral weight at the zone centre is contributed by several hole-like bands. They do not cross  $E_F$  in the 2 ML film; with increased thickness, they become stronger and cross  $E_F$ , and the hole pocket area increases slightly. The band structure near  $M_2$  is rather complicated, with several bands crossing to give four small electron pockets that make the cross shape. Such small pockets have been observed in BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> (ref. 11) and EuFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> (ref. 12) in the SDW state. The low-energy electron diffraction (LEED) pattern in Fig. 1f shows that there are no noticeable lattice or charge superstructures, thus the complicated electronic structure is not due to some band folding by charge ordering.

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Surface Physics, Department of Physics, and Advanced Materials Laboratory, Fudan University, Shanghai 200433, China; <sup>2</sup>China Academy of Engineering Physics, Mianyang, 623900, Sichuan, China; <sup>3</sup>Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 10090, China. \*e-mail: dfeng@fudan.edu.cn

根据以上的实验结果，我们给出了 FeSe 随着晶格常数演变的相图，将铁砷类超导体和铁硒类超导体统一起来。根据相图，我们推测如果能在比 SrTiO<sub>3</sub>O 晶格常数更大的衬底上生长单层 FeSe，并能够对其进行适度的电子掺杂的话，有可能进一步提高其超导转变温度。

我们的研究表明在 FeSe 是一种最简单、最纯净的铁基超导体，但其仅仅随着掺杂和晶格常数的变化即表现出了丰富的磁性和超导现象。对提高材料的超导转变温度，理解铁基超导材料的机理，以及理论模型的构建和检验，均具有重要的意义。

该研究结果已在 Nature Materials 上作为 Article 在线发表，并被同一期的 News and Views 文章加以评述。具体参见：<http://www.nature.com/nmat/journal/vaop/ncurrent/full/nmat3654.html>，<http://www.nature.com/nmat/journal/vaop/ncurrent/full/nmat3683.html>。

## 科学简报

### 电子关联效应对铁基超导体的反铁磁关联的影响

高温超导电性自 1986 年被发现以来，一直是凝聚态研究的热点问题。由于高温超导电性总是出现在长程反铁磁序的基态附近，因此反铁磁激发一直被认为和高温超导配对有密切的关系。中子有磁矩，因此是研究磁激发的非常理想的手段，20 多年以来，中子散射为我们理解高温超导体的磁结构和磁激发起到了非常重要的作用。早期的研究表明，铜氧化物高温超导体的母体化合物是反铁磁的莫特绝缘体，只有在其绝缘态的母体中通过不等价位的化学取代引入电荷（例如在 La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> 母体中用 Sr<sup>2+</sup>取代 La<sup>3+</sup>可以引入一个空穴），母体的长程的反铁磁序会被压制，然后超导电性出现。而 2008 年新发现的铁砷基高温超导体的母体化合物则是反铁磁的半金属，这说明铁基超导体的电子关联强度要弱于强关联的铜氧化物超导体，而强于传统的反铁磁金属。这种中等电子关联强度的铁基超导体呈现出异常丰富的电子相图，其超导电性不但可以通过在母体中进行不等价位化学掺杂引入电荷获得，还可以通过等价位的化学取代获得。等价位的化学取代不引入净电荷，区别于传统的获得高温超导电性的方法，因此研究这种掺杂与磁性的关系，对于全面的理解铁基超导机理有重要的意义。

2013 年 4 月，复旦大学物理系赵俊研究组与加州大学伯克利分校物理系 Robert Birgeneau 研究组、普度大学 Jiangping Hu 研究组、以及美国橡树岭国家实验室和美国国家标准局中子散射中心的研究人员合作，用中子散射手段研究了一系列等价位掺杂铁基超导体 Ba(Fe<sub>1-x</sub>Ru<sub>x</sub>)<sub>2</sub>As<sub>2</sub> 的反铁磁激发和超导电性与掺杂量的关系。Ba(Fe<sub>1-x</sub>Ru<sub>x</sub>)<sub>2</sub>As<sub>2</sub> 是一种典型的等价位掺杂铁基超导体，其中 Ru<sup>2+</sup>的最外层电子结构与 Fe<sup>2+</sup>类似，因而 Ru 的掺杂不会在体系中引入净电荷。我们的研究发现，随着 Ru 的掺杂这个体系的超导态的反铁磁自旋激发谱产生了一个较大的超导自旋能隙，而自旋能隙之上的中子-自旋共振峰的强度则被显著

的削弱了；而在正常态，其反铁磁关联也明显的弱于电荷掺杂的铁基超导体。通过与理论计算以及能带测量的数据进行比较，我们提出 Ru 掺杂导致的电子关联性减弱是造成体系的反铁磁关联减弱的原因。我们还提出中子-自旋共振峰可能不是唯一的可以产生超导配对的自旋激发模式。因此，相关的研究提出了一种新的调制铁基超导体磁性的方法，对我们深入全面的理解铁基超导体的相图有重要意义。相关的文章已经发表在 2013 年 4 月份的 *Physical Review Letters* 上。

## 科学简报

### 材料逆向设计及具有优异光学性质的新硅相的预言

目前市场上大部分太阳能器件都是利用金刚石型硅制造的。然而，金刚石硅具有间接能隙，而且其直接能隙很大，因而硅的光吸收性能不太好。人们希望设计基于硅的直接能隙材料用于吸收太阳能。其中一个可能的方法是使用准稳定的直接能隙硅材料。

为了寻找直接能隙硅材料，我们发展了基于粒子群算法的预言特定能带结构的逆向设计方法，并用 Fortran 语言程序实现了该功能。在我们的算法里，我们不对晶胞形状和原子位置作任何限制，这与之前只能处理固定晶格的合金体系不同。通过使用这个新算法，我们找到了一个具有准直接能隙的 Si<sub>20</sub> 新立方结构，其能隙约为 1.55 eV，与 Shockley-Queisser 预言的理想太阳能材料的最优能隙（约 1.5 eV）接近。计算表明新硅相的低能光吸收性能比金刚石硅或其它已知硅相好得多，因而它是理想的太阳能薄膜吸收材料。值得指出的是，我们的方法原理上可以用来预言任何具有特定性质的新材料。

我们的工作发表在 *Phys. Rev. Lett.* 110, 118702 (2013)，欢迎同行们的阅读和参考。





## 科学简报

### Fe/Ni/Cu(001)薄膜中的手性磁有序结构

磁畴和畴壁的自旋结构一直是纳米磁学研究的重要课题之一。一般来说, 如果薄膜磁矩在面内为 Néel 型畴壁; 磁矩在面外为 Bloch 型畴壁。实验上对前者研究较多, 而对后者的研究却很少, 因此研究薄膜磁矩在面外时的畴壁自旋结构就十分必要。此外, 畴壁处自旋旋转的手性也是一个值得研究的问题。通常人们认为左手手性和右手手性在能量上应该是简并的。而近年的研究发现, 当磁性材料本身的晶格结构 (如 B20 结构) 或薄膜界面存在对称破缺时, 自旋间的 Dzyaloshinskii-Moriya (DM) 相互作用会打破两种手性的能量简并, 从而诱导单一手性的磁有序结构, 这就引发了一个有意思的问题: 在磁性薄膜中, 能否利用界面对称性破缺导致的 D-M 相互作用调控畴壁处自旋旋转的手性。解答这一问题不仅有助于我们深入理解纳米磁结构的物理机制, 应用上对基于畴壁的自旋电子学器件的发展也有很大的促进作用。

2013 年 4 月, 复旦大学物理系吴义政研究组与劳伦兹-伯克利国家实验室电镜中心、韩国庆熙大学物理系以及加州大学伯克利分校物理系的研究组合作, 利用自旋极化低能电子显微镜观察了 Fe/Ni/Cu(001) 中磁畴的自旋结构。这是一个具有垂直各向异性的经典体系, 呈现条纹磁畴。该研究工作首次发现在室温下 Fe/Ni/Cu(001) 体系磁畴的畴壁为的 Néel 壁, 而不是通常人们认为的 Bloch 壁。更令人意外的是, 该 Néel 壁处自旋的旋转具有特定的手性。此手性由 Fe/Ni 薄膜的空间排列顺序决定, 即在 Fe/Ni/Cu(001) 中为右手手性, 而在 Ni/Fe/Cu(001) 中为左手手性。这种手性磁有序来源于由界面对称性破缺导致的 DM 相互作用。该研究成果提供了一种新的通过界面对称性调控过渡金属异质结构手性磁有序的方法, 为设计新奇的自旋电子学器件提供了新的思路。相关的文章已经发表在 2013 年 4 月份的 Physical Review Letters 上, 欢迎同行们的阅读和指导。



各位读者, 为了给各位提供更好的中心信息, 我们衷心希望您提供建议、感想或者投稿。您的来信寄往: 南京大学徐四 (Email: xusiju@126.com)。感谢您对《中心简报》电子杂志的大力支持。