



中国科学院合肥物质科学研究院

Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences

# 前沿科学进展简报

2017 年第 3 期（总第 5 期）

科研规划处

2017 年 7 月 16 日

## 本期主要内容

### 近期要闻

- 合肥研究院 2016 年安徽省科技奖励喜获丰收 4 项成果获一等奖

### 前沿进展

- 等离子体所在 EAST 高归一化比压长脉冲 H 模物理研究中取得重要进展
  - 等离子体所在离子回旋频段波与等离子体耦合方面取得新进展
  - 等离子体所在壁材料的等离子体辐照效应研究方面取得新进展
  - 智能所发现基于动态 SERS 最佳热点的定量检测毒品方法
  - 智能所利用激光诱导击穿光谱-电化学方法实现溶液中 Cr(VI) 的水下检测
  - 固体所在金属负膨胀材料研究方面展宽了 MVE 温度窗口
  - 固体所发现第四种晶相最密排列方式
  - 强磁场中心在拓扑磁斯格明子研究中获得新进展
  - 强磁场中心在静水压调控拓扑材料 ZrTe<sub>5</sub> 能带结构研究中取得新进展
  - 强磁场中心在析氢催化剂研究方面获得进展
- ### 2017 年第二季度 SCI 论文发表情况
- ### 2017 年第二季度研究院 NATURE INDEX 排名(中科院)

## 合肥研究院 2016 年安徽省科技奖励喜获丰收

### 4 项成果获一等奖

近日，安徽省人民政府发布的《安徽省人民政府关于 2016 年度安徽省科学技术奖励的决定》，对 179 项获奖成果（其中一等奖 19 项）的完成人进行了表彰，合肥研究院喜获丰收：5 项科研成果获安徽省科技奖励；其中 4 项科研成果获安徽省科学技术一等奖。

合肥研究院等离子体所万宝年等人完成的“托卡马克高约束等离子体中缓解边界局域模的新方法研究”和智能所刘锦淮等人完成的“面向环境痕量污染物的高活性敏感位点纳米传感原理与检测方法”成果分别获得安徽省自然科学一等奖，等离子体所宋云涛等人完成的“高载多元分流超导馈线系统关键技术与应用”及固体所韩福生等人完成的“高效吸能合金及其在航天器着陆缓冲机构中的应用”成果分别获得安徽省科技进步一等奖；另强磁场中心刘小宁等人完成的“20MW 高稳定度电源系统的设计和研制”成果获得安徽省科技进步二等奖。

据悉，2016 年度安徽省科学技术奖励评审委员会评选出重大科技成就奖 1 人；评选出安徽省自然科学奖 17 项，其中一等奖 5 项，二等奖 5 项，三等奖 7 项；评选出安徽科技进步奖 161 项，其中一等奖 14 项，二等奖 39 项，三等奖 108 项。

## 前沿进展

### 等离子体所在 EAST 高归一化比压长脉冲 H 模物理

#### 研究中取得重要进展

等离子体所 ITER 专项“长脉冲 H 模的实现及相关机理研究”项目组在 EAST 高归一化比压  $\beta_{N^*}$  长脉冲 H 模物理研究中取得重要进展。相关结果已经发表在 2017 年度国际核聚变领域重要期刊 Nuclear Fusion 上。

在 2016 年的 EAST 上单零钨偏滤器位形高  $\beta_{N^*}$  实验中，取得了重要进展：获得了稳定的 ( $t = 56$  tE) 具有 ITB 和 ETB 双输运垒的高  $\beta_{N^*}$  ( $=1.9$ ) 等离子体，芯部  $T_i \sim T_e = 2$  keV，中心安全因子  $q(0) \sim 1$ ，实验结果已经在第 7 届亚太等离子体输运组国际会议上报道 (X. Gao et al., APTWG2017 International Conference)，得到了日本著名科学家 T. Fujita 博士和国际同行的高度赞赏。

### 等离子体所在离子回旋频段波与等离子体耦合方面取得新进展

近日，等离子体所微波加热与电流驱动研究室离子回旋课题组在离子回旋频段波与等离子体耦合研究方面取得新进展，相关论文以 Experimental analysis of the ICRF waves coupling in EAST 为题发表在核聚变领域顶级期刊 Nuclear Fusion 杂志上。

离子回旋频段波与等离子体的耦合效率与诸多因素有关，国内外很多装置都进行

了相关的实验和理论研究，离子回旋耦合问题亦是 ITER 和未来聚变堆需要解决的关键问题之一。近年来，EAST 离子回旋课题组利用安装的阻抗测量系统，对 EAST 上离子回旋波与等离子体的耦合问题开展详细的理论分析和实验研究，研究表明，天线端口的等离子体密度及其梯度是决定离子回旋天线耦合阻抗的重要参数。减小外 gap、增加芯部等离子体密度、低环向模数以及天线端口充气等方法可以有效增加天线的耦合阻抗。同时研究了不同约束模式及 ELM 行为对离子回旋频段波耦合的影响。该项研究工作将有助于推动离子回旋频段波与等离子体边界相互作用物理机理的研究，为如何提高天线与等离子体耦合效率进而提高耦合功率提供有益参考。

## 等离子体所在壁材料的等离子体辐照效应研究方面取得新进展

等离子体所科研人员在低活化钢的氦等离子体辐照损伤研究方面取得新进展，相关成果已发表在核聚变领域的顶级期刊 Nuclear Fusion 上。

低活化钢在 ITER 的氦增殖实验包层模块 (TBM) 中将直接面对来自聚变等离子体的氦粒子，科研人员利用低能大束流直线等离子体装置产生氦等离子体对低活化钢开展了辐照实验。通过对辐照前后样品的微观形貌/成分表征，在国际上首次观察到低活化钢表面形成了氦辐照导致的须状钨富集结构，并结合材料基体上同时形成的孔洞以及阶梯状形貌，对低活化钢的氦等离子体辐照机理进行了深入的分析。研究人员还利用 EAST 超导托卡马克装置的材料与等离子体实验平台 (MAPES) 将氦辐照后的样品暴露于 EAST 氦等离子体，观察到了须状结构的坍塌行为。低活化钢是未来聚变堆包层的首选结构材料，在 ITER 和一些 DEMO 设计中暴露于聚变等离子体环境，该项研究对低活化钢的服役行为评估有重要参考价值。

## 智能所发现基于动态 SERS 最佳热点的定量检测毒品方法

智能所科研人员发现基于动态 SERS 最佳热点的定量检测方法，该方法采用最佳热点结合内标的办法，可实现对摇头丸 (MDMA)、 $\alpha$ -甲基色胺二盐酸盐 ( $\alpha$ -MT) 的定量检测。相关成果已发表在美国化学会 Analytical Chemistry 杂志上。

研究人员通过采用具有高灵敏性、较高重现性和稳定性的最佳热点，结合 4-mpy 作为内标分子，建立了一种简单新颖的定量检测方法。4-mpy 分子通过 Au-S 键吸附在金纳米颗粒表面，可以进一步有效地矫正外部环境的干扰。采用结晶紫作为模型分子，进行方法可行性验证。该方法对摇头丸 (MDMA)、 $\alpha$ -甲基色胺二盐酸盐 ( $\alpha$ -MT) 的检测浓度可达 10M、1.01M。该方法非常简单，不需要通过复杂的方法构筑均一的基底，采用溶胶的自然挥发构筑的三维最佳热点即可实现对物质的高重现性检测，同时最佳热点处电磁场得到巨大的增强，为定量检测提供了较高的灵敏性保障。

## 智能所利用激光诱导击穿光谱-电化学方法实现

### 溶液中 Cr (VI) 的水下检测

智能所和安光所科研人员从电化学、激光诱导击穿光谱 (LIBS) 检测水溶液中 Cr (VI) 存在的问题出发，通过将电化学方法与激光诱导击穿光谱 (LIBS) 联用并结合微区液体排空装置实现对水中微污染物 Cr (VI) 的原位水下检测。该工作在利用光谱-电化学方

法联用实现水下原位重金属离子的准确检测方面具有重要的科学意义，相关研究成果已发表在美国化学会《分析化学》上 (Analytical Chemistry)。

研究人员将微区液体排空装置、电吸附富集方法与传统 LIBS 结合实现溶液中 Cr(VI) 的原位水下检测。为了克服 LIBS 检测水样品时存在的一系列问题，研究者研发了微区液体排空装置，其工作原理为：当系统采集 LIBS 信号时，通过引入气流使得仪器的激光传输通道和等离子体激发与收集腔内的溶液排出，以在这两个区域及电极表面形成短暂的空气环境，借此避免激光传输过程中能量的损耗、等离子体激化点处的溶液溅射等来自周围水环境的干扰问题，提高光谱信号的稳定性。该研究成果还可以扩展到原位定量检测水环境中其他带电离子污染物方面。

## 固体所在金属负膨胀材料研究方面展宽了 MVE 温度窗口

固体所科研人员在金属负热膨胀 (Negative thermal expansion, NTE) 材料研究方面取得了系列进展，相关研究结果发表在 *Comp. Sci. Tech.*、*Scripta Mater.*、*Appl. Phys. Lett.* 等国际期刊上，申请中国发明专利两项。

温度变化时，不同构件的非协调热膨胀会导致系统功能性变差甚至失效，最终导致构件丧失原本设计的精度，如何有效控制材料的热膨胀系数是解决上述问题的关键。反钙钛矿结构化合物  $ANMn_3$  (A=Ag、Ga、Zn 等) 在反铁磁-顺磁相变时产生晶格体积的陡然收缩，即具有磁容积效应 (Magnetovolume effect, MVE)。课题组从  $ANMn_3$  中反铁磁序的阻挫特性出发，选择具有不同 MVE 温度的母体化合物，利用 Mn 元素部分地替代 A 位元素，引入与反铁磁相竞争的铁磁序，扰动并且延缓反铁磁序的有序化进程，展宽了 MVE 温度窗口，获得了多个面向不同温区的 NTE 新材料。该研究对于精确调控反钙钛矿结构 NTE 材料的工作温区、探索基于磁容积效应的新型 NTE 材料具有指导意义。

## 固体所发现第四种晶相最密排列方式

固体所科研人员在金属纳米团簇结构研究中取得重要进展：发现了一种新的晶相最密排列方式，相关研究结果以 *The fourth crystallographic closest packing unveiled in the gold nanocluster* 为题发表在 *Nature communications* 上。

金属纳米团簇可看作超小的金属纳米粒子 (对金纳米团簇来说，尺寸一般小于 3 纳米)，由于其特殊的尺寸范围、确定的组成结构、独特的物理化学性能及潜在应用前景吸引了广大科研工作者的兴趣，尤其是团簇的内部结构 (即单个团簇中各个原子的排列、键合方式) 一直是人们关注的焦点。科研人员围绕金纳米团簇的结构开展了系统研究，并取得了一系列重要进展：首次证实金属纳米团簇 (粒子) 中存在类似于有机分子一样的“结构同分异构”现象，揭示两个“结构同分异构体”在催化性能、稳定性、光学性能等方面存在显著差异；揭示金纳米团簇中 18 电子超原子结构的存在以及金纳米团簇的结构影响金的化合价等；发现了荧光金纳米团簇 Au<sub>24</sub> 与荧光相关联的两个结构特征；通过高温诱导的配体交换方法，在金纳米团簇表面引入硫原子，首次合成了一种新的金属纳米团簇—Au<sub>60</sub>S<sub>6</sub>(SCH<sub>2</sub>Ph)<sub>36</sub>，并通过单晶 X-射线衍射解析了其结构。

## 强磁场中心在拓扑磁斯格明子研究中获得新进展

强磁场科学中心研究人员在磁斯格明子研究领域获得新进展：通过洛伦茨电镜的方法给出了纳米薄膜样品在倾斜磁场下的相图，并探讨了其稳定机制；在国际上首次利用电子全息技术观测到几何受限体系下单个磁斯格明子的形貌变化。相关研究成果发表在国际著名期刊《纳米快报》(Nano Letters) 和《自然通信》(Nature Communications) 上。

研究人员发现：在一定厚度薄膜中，倾斜外磁场在特定的温度区间(如在远低于磁相变温度的椎形态和斯格明子态的边界附近)出现磁斯格明子的稳定性反常增强的现象，其解释了磁斯格明子晶格存在的复杂性，为理解磁斯格明子的稳定存在条件提供了新思路；研究人员还以金属螺旋磁体 FeGe 为具体研究对象，发展出了一套完整的纳米样品制备加工新方法，先后实现了在纳米条带和纳米盘受限几何下单个磁斯格明子的实空间观察及电探测。在前期研究的基础上，课题组通过与德国尤利西研究中心在纳米磁性材料的显微表征以及理论模拟方面开展合作，详细研究了 FeGe 楔形纳米条带中斯格明子的成核及演化行为。通过透射电子显微镜的电子全息模式，发现斯格明子在几何受限的情况下可以通过改变它的大小和椭偏率而稳定出现在宽度渐变的纳米条带中。结果表明在几何受限体系中斯格明子的形貌具有高度可调性，这一发现修正了人们以前普遍认为的磁斯格明子的尺寸具有“刚性”不可调性的认识，有助于构建斯格明子基存储器件。

## 强磁场中心在静水压调控拓扑材料 ZrTe5

### 能带结构研究中取得新进展

强磁场中心科研人员在静水压调控拓扑材料 ZrTe5 能带结构研究中取得重要进展。相关研究结果以 Disruption of the Accidental Dirac Semimetal State in ZrTe5 under Hydrostatic Pressure 为题在美国物理学会期刊 Physical Review Letters 上发表。

压力是调节晶格参数最为有效的方法。利用活塞式压力包，研究人员对 ZrTe5 电子态在 0~2.5GPa 压力区间的演化进行了深入研究。实验发现，磁场方向沿着晶体 b 轴方向时，ZrTe5 的磁阻随着压力的增加会迅速地减小。此外，当压力高于 2GPa 时，ZrTe5 的量子振荡相位会由拓扑非平庸变为拓扑平庸。这表明静水压破坏了 ZrTe5 的“偶然”狄拉克半金属态。另一方面，磁场方向沿着晶体 c 轴时，ZrTe5 磁阻与量子震荡几乎不受到静水压的影响。对不同磁场方向的量子振荡分析结果显示，伴随着狄拉克半金属态的消失，ZrTe5 费米面由各向异性极强的准二维结构演变成各向同性的三维结构。这一结果有力地支持了 ZrTe5 的狄拉克锥具有准二维特点。该工作对于理解 ZrTe5“偶然”狄拉克半金属态具有重要意义。

## 强磁场中心在析氢催化剂研究方面获得进展

强磁场中心科研人员提出了将少量的贵金属钌与过渡金属钴合金化来提升钴催化活性的思想，并设计出了一种以金属有机框架化合物为前驱体来制备氮掺杂的类石墨烯层包裹合金内核复合结构的工艺，制备的复合纳米结构作为碱性析氢电催化剂显示出与贵金属可比的析氢性能。相关研究成果发表在国际著名期刊的 Nature Communications 上。

该课题组用贵金属钌掺杂的钴氰酸钴类普鲁士蓝作为前驱物在惰性气氛中焙烧一

步法制备了氮掺杂的类石墨烯层包覆钴钌合金纳米粒子，催化剂中钌只占 3.58wt.%。这种方法能够将氮掺杂的石墨烯层原位包覆在合金表面上，保护合金内核以提升稳定性。作为碱性析氢电催化剂，在电流密度为 10mA/cm<sup>2</sup> 时其过电位仅为 28mV，显示出与 20% 的商用铂碳电催化剂可比的电催化析氢性能。

## 2017 年第二季度 SCI 论文发表情况

表 1 2017 年 SCI 论文发表情况

单位 \ 分区	一区	二区	其他	合计
安徽光机所	2	3	15	20
等离子体所	10	8	25	43
合肥智能所	7	2	--	9
固体物理所	12	23	3	38
强磁场中心	3	5	2	10
先进制造所	2	--	--	2
医学物理中心	1	3	2	6
技术生物所	2	1	1	4
核安全所	1	1	9	11
应用技术所	8	4	5	17
合计	48	50	62	160

## 2017 年第二季度研究院 NATURE INDEX 排名（中科院）

排序	研究所	AC	FC	WFC
1	化学研究所	386	122.66	122.66
2	上海有机化学研究所	228	107.06	107.06
3	大连化学物理研究所	117	69.34	69.34
4	物理研究所	279	69.21	69.08
5	福建物质结构研究所	112	68.92	68.92
6	长春应用化学研究所	127	65.28	65.28
7	上海生命科学研究院	161	52.39	52.39
8	国家纳米科学中心	126	40.13	40.13
9	理化技术研究所	78	36.62	36.62
10	合肥物质科学研究院	156	31.6	31.6
11	高能物理研究所	246	40.86	30.29
12	国家天文台	329	103.83	24.23
13	上海药物研究所	57	22.17	22.17
14	生物物理研究所	92	20.29	20.29
15	宁波材料技术与工程研究所	39	20.12	20.12