



МАГНИТНОЕ ОБЩЕСТВО

Магнитное общество – МООСМ "Магнитное Общество" – самостоятельная творческая профессиональная общественная организация, объединяющая на добровольных началах специалистов, связанных с решением научных, научно-технических и производственных задач магнетизма. <http://magnetism.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

Гл. редактор: д.ф.-м.н. А.П. Пятаков

ТОМ 18

декабрь 2017 г.

№4

*Дорогие читатели!
Магнитное общество
поздравляет вас
с НОВЫМ 2018 ГОДОМ!*

2018



*В Новый год наш верный друг
Поздравляет всех вокруг.
Полный радости и сил,
Нас он в гости пригласил.
Год собаки, будь нам предан,
Принеси ты нам победы!*

Номер содержит обзор основных тенденций в современном магнетизме («Дорожная карта 2017»), отчет о прошедшей конференции IVCМ-2017, а также информацию по основным магнитным конференциям 2018 года.

НМММ-XXIII



С 30 июня по 5 июля 2018 года подсекция «Физика магнитных пленок и малых частиц» секции «Магнетизм» Научного Совета РАН «Физика конденсированных сред» совместно с Московским технологическим университетом (МИРЭА), физическим факультетом Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и Магнитным Обществом России (МАГО) будут проводить XXIII Международную конференцию «Новое в магнетизме и магнитных материалах» (НМММ-XXIII).

Заседания конференции будут проводиться в здании Московского технологического университета (МИРЭА). Председатель оргкомитета Академик РАН, Президент МИРЭА А.С. Сигов.

Программа конференции будет формироваться из приглашенных (30-45 минут), устных (15-20 минут) и стендовых докладов. Лучшие доклады будут опубликованы в журнале «Физика твердого тела», «Физика металлов и металловедение» и «Известия РАН. Серия физическая». Требования к оформлению докладов в трудах конференции и статей в журнале позже будут размещены на сайте конференции.

Электронные версии докладов (1 – 3 стр.) необходимо представить в Оргкомитет не позднее 26 марта 2018 г.

Подробную информацию о конференции НМММ-XXIII можно будет найти после 15 января 2018 года на сайте по адресу: <https://lomonosov-msu.ru/rus/event/4488/>.

МАГНИТИНФОРМ

Научно-техническая конференция по метрологическому обеспечению в области измерений магнитных характеристик магнитомягких и магнитотвердых материалов

С 23 по 24 октября 2017 г. в Екатеринбурге Уральский научно-исследовательский институт метрологии (ФГУП «УНИИМ») организовал и провел конференцию, целью которой являлось обсуждение современного состояния и актуальных проблем в области метрологического обеспечения измерений свойств магнитомягких и магнитотвердых материалов. Файл с решениями конференции прилагается в одном архиве с данным номером Бюллетеня.

5th International Conference of Asian Union of Magnetism Societies (IcAUMS 2018)

С 3 по 7 июня 2018 года на живописном острове Чеджу в Южной Корее пройдет 5-ая Международная конференция Азиатского союза магнитных обществ (в который с недавнего времени входит и МАГО).



Программа конференции предполагает заседания научных секций, совещания магнитных обществ, а также Летнюю школу по магнетизму для студентов.

Дедлайн подачи тезисов 31 января.

Сайт конференции: <http://www.icaums.org>

Спецвыпуск журнала «Advances in Condensed Matter Physics»

Объявлен набор статей в спецвыпуск под названием *Magnetic Properties of Multifunctional/Heterostructure Materials: Research Trends for Technological Applications*

Дедлайн подачи статей **23 февраля 2018**

Подробнее на странице:

<https://www.hindawi.com/journals/acmp/si/197874/cfp>

О международной балтийской конференции по магнетизму IBCM-2017

С 20 по 24 августа 2017 года на базе института физико-математических наук и информационных технологий Балтийского федерального университета им. И. Канта в Светлогорске (Калининградская область) во второй раз прошла Международная балтийская конференция по магнетизму – IBCM-2017. Организатором конференции выступила лаборатория новых магнитных материалов (<http://lnmm.ru/>) при финансовой поддержке РФФИ, а также Проекта «5 топ 100». Членами программного комитета выступили международные эксперты в области наномagnetизма, которые с 2016 года являются по совместительству сотрудниками БФУ – профессора Дино Фиорани (научный руководитель ЦКП и Михаэль Фарле (директор FunMagMa). Сборник статей по материалам конференции выйдет в начале 2018 года в журнале Journal of Magnetism and Magnetic Materials.

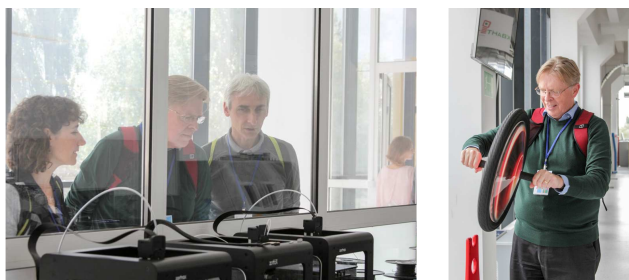
По сравнению с первой конференцией, проведенной в 2015 году, была расширена тематика конференции: в 2017 году фокус конференции был на функционализированные наноматериалы для приложений энергетики и биотехнологий. Увеличилось также число участников конференции (121 человек) и стран (18), из которых приехали гости, среди которых такие признанные ученые как Стюарт Паркин (S.S.P. Parkin, IBM), Оливер Гутфляйш (O. Gutfleisch, TU Darmstadt), Паоло Вавассори (P. Vavassori, IKERBASQUE), ЧеолГи Ким (CheolGi Kim, DGIST) др. (примечательно, что последние трое – авторы «Дорожной карты магнетизма-2017» – см. раздел «Актуально», — прим. ред.).



Участники IBCM-2017: http://lnmm.ru/ibcm_2017

Научными группами из ведущих зарубежных и российских университетов были представлены доклады о разработках и исследованиях в таких областях как: использование магнитных материалов в качестве возобновляемого и эффективного источника энергии; магнитофоретическая система для манипулирования положением клеток в пространстве; новые достижения в создании и использовании наночастиц для адресной доставки лекарств и улучшении качества изображений в магниторезонансной томографии; состояние и передовые методы в областях магнитофотоники и магнито-плазмоники и многие другие.

Место проведения конференции – г. Светлогорск является курортом с двухвековой историей. Кроме этого, гостям была предложена культурная программа: автобусный тур по Калининграду, экскурсия в янтарную шахту, поездка на Куршскую косу. Третий день конференции проходил в БФУ им. Канта, где участники конференции могли ознакомиться с технологическими возможностями и новейшим оборудованием научно-технологического парка «Фабрика».



а) экскурсия по «Фабрике» б) Q.Pankhurst и макроспин

Приглашаем читателей «Бюллетеня» принять участие в следующих конференциях IBCM!



Председатель IBCM-2017
зав. лабораторией новых магнитных материалов
В.В. Родионова
и редакция Бюллетеня

АКТУАЛЬНО

Дорожная карта магнетизма-2017

В журнале *Journal of Physics D: Applied Physics* была напечатана статья большого коллектива специалистов по магнетизму *Дорожная карта магнетизма 2017* [1], в которой отмечены основные тенденции в физике магнитных явлений и магнитных материалов. Думаем, что читателям Бюллетеня будет небезынтересно ознакомиться с ними.

1. Влияние атомарных ограничений на спиновые структуры (Atomic scale confinement effects in spin textures)

Выход на атомные масштабы – закономерный финал продолжавшегося все последние десятилетия процесса миниатюризации магнитных устройств. Пространственные ограничения влияют как на расположение атомов, так и на спин-зависимые электронные свойства, что позволяет изменять спиновые структуры в магнитных материалах без магнитных полей (рис.1).



Рис.1 Спиновая циклоида в двухатомном слое железа (показан оранжевым) искажается в атомарной близости от границ раздела слоя с пленкой кобальта (FM) и вакуумом (VAC).

2. Двумерные материалы (2D materials)

Графен, на первый взгляд, к магнетизму имеет мало отношения. Однако осажда на его поверхность атомы H, Au, Cu, или нанося двумерные материалы – дихалькогениды переходных

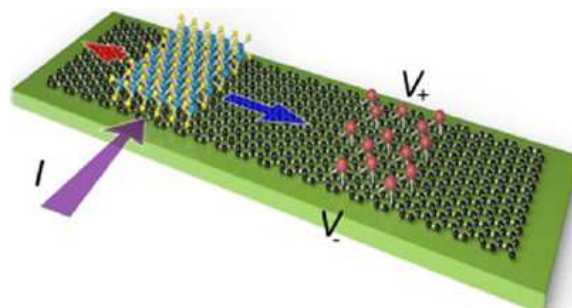


Рис.2 Функционализированный графен: ток I через монослой дихалькогенида вызывает спиновый ток (синяя стрелка), порождающий холловское напряжение в участке графена с осажденными атомами примеси.

металлов, в нем можно навести сильное спин-орбитальное взаимодействие (рис.2), что вкупе с большой длиной релаксации спина в графене (>30 нм) при комнатных температурах делает графен перспективным материалом спинтроники.

3. Магнитные материалы с искривленной геометрией (Magnetic materials with curved geometries)

Искривление поверхности двумерных материалов приводит к возникновению эффективных полей в электронной подсистеме. В случае магнетизма геометрические искажения могут проявляться в виде двух эффектов: дополнительного обменного взаимодействия типа Дзялошинского-Мории, а также эффективной магнитной анизотропии.

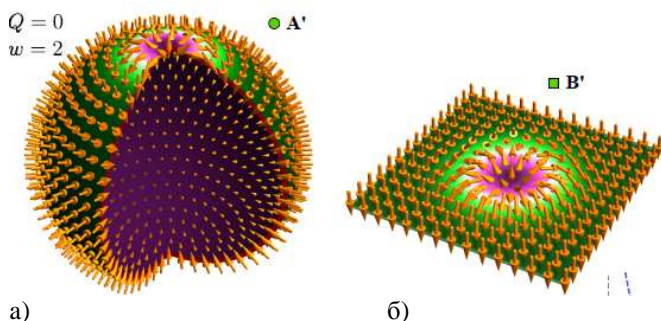


Рис.3 Кривизна и спиновые структуры а) скирмионное состояние на сфере б) соответствующая конфигурация на плоскости [2]

Магнитным структурам, образующимся на искривленных поверхностях, и их свойствам посвящен специальный обзор [3], мы же приведем наиболее яркий пример, имеющий прямое отношение к следующему разделу: стабилизация спиновой структуры скирмионного типа за счет кривизны сферы [2] (рис. 3).

4. Скирмионы и топологические дефекты в магнитных материалах (Skyrmion and topological defects in magnetic materials)

Магнитным скирмионам – особому типу топологических солитонов с радиально симметричной геометрией (рис. 3б) был посвящен специальный обзор в Бюллетене МАГО (т. 14, вып.3), отсылаем к нему читателей за подробной информацией.

5. Фазовые переходы первого рода и наноразмерное фазовое расслоение (First-order magnetic phase transition and nanoscale phase coexistence)

Современные методы визуализации магнитной структуры на субмикронном уровне (см. п. б) способствуют более глубокому пониманию фазовых переходов первого рода, сопровождающихся магнитокалорическими эффектами и аномалиями проводящих свойств. Характерным примером является сплав FeRh: если размеры островков фаз (рис.4а) соизмеримы с размерами образца, то температурный гистерезис становится асимметричным – резкий переход из ферромагнитного состояния в антиферромагнитное при охлаждении и растянутый обратный переход при нагреве (рис. 4б), что свидетельствует в пользу большей чувствительности антиферромагнитной фазы к механическим деформациям и дефектам.

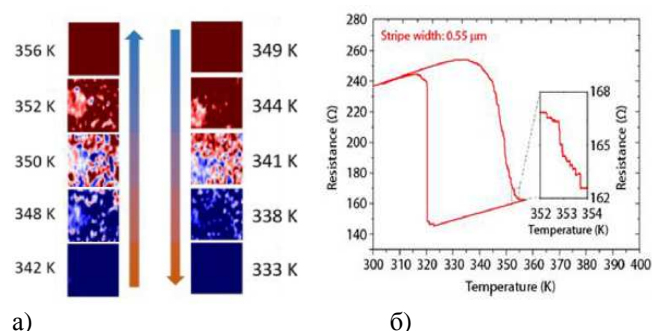


Рис.4 Фазовый переход в FeRh: а) рентгеновские фотографии ферромагнитной и антиферромагнитной фаз (соответственно красный и синий цвета), размер кадра 5 нм при нагреве и остывании; б) температурный гистерезис для ленты FeRh шириной 0,5 мкм, на вставке – под увеличением часть петли, снятая при нагреве [4]

6. Передовые методы исследования (Advanced Magnetic Characterization)

К таковым можно отнести рентгеновскую микроскопию, ставшую возможной с появлением когерентных рентгеновских источников, которая позволяет визуализировать субмикронные магнитные структуры (рис.4 а) с разрешением до 10 нм, методы зондовой микроскопии с атомарным разрешением: туннельная микроскопия поляризованных электронов и новая методика с сверхчувствительными зондами на азотно-замещенных вакансиях в алмазах [5]. Прогрессу в методах магнитооптического наблюдения посвящен отдельный следующий пункт.

7. Магнитооптика (Magneto-optics)

Второе рождение магнитооптики началось с использованием фемтосекундных лазеров: метод накачки-зондирования (pump-probe), в котором импульс подсветки следует с задержкой $10 \div 1000$ фс после импульса света, вызывающего магнитную динамику, позволяет изучать магнетизм с беспрецедентным временным разрешением (подробнее, см. обзор [6]).

8. Сверхбыстрый магнетизм (Ultrafast magnetization dynamics)

Изучение сверхбыстрой (субпикосекундной) спиновой динамики, в первую очередь, связывают с упомянутым выше методом накачки-зондирования, но в недавней работе [7] свет выполнял служебную роль ключа, позволяющего получать пикосекундные импульсы электрического тока, которые за счет термического воздействия перемагничивали участок пленки GdFeCo за время ~10 пс и с потерями энергии всего 4 фДж, что превосходит устройства спинтроники, действующие на эффекте передачи спинового момента (Spin Transfer Torque) на два порядка как по быстродействию, так и по энергоэффективности.

9. Магнитоплазмоника (magneto-plasmonics)

Преодолеть дифракционный предел для оптических методов воздействия и перейти к наномасштабам позволит плазмоника – область оптики, исследующая электромагнитные возбуждения на границе металла и диэлектрика, представляющие собой согласованные колебания электронной плазмы в металле и электромагнитного поля в диэлектрике.

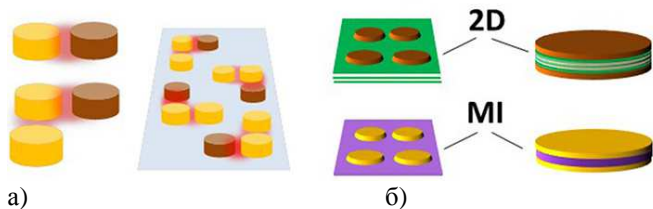


Рис.5 Магнитоплазмонные структуры: а) композиты из частиц благородных металлов и магнитных диэлектриков, взаимодействующих посредством ближнего поля б) слоистые структуры из магнитных и 2D материалов, а также частицы благородных металлов на подложках из магнитных диэлектриков (MI).

Магнитная плазмоника дает дополнительную возможность перестройки плазмонных свойств с помощью магнитного поля. Платой за это становятся дополнительные потери, так как металлы с малыми потерями, как правило, диамагнитны. Выходом из этого противоречия является использование композитов из ферромагнитных диэлектриков с благородными металлами и двумерными материалами (рис.5)

10. Магنونный транспорт (Magnonic transport)

Сходное название «магноника» носит дисциплина, изучающая другой тип волновых возбуждений в магнитных материалах – спиновые волны. Кванты этих возбуждений – магноны переносят не только энергию, но и спин.

Магнонный транспорт может быть двух видов: первый, баллистический, представляет собой спиновые волны в обычном понимании, второй же режим, диффузионный, реализуется при наличии градиента температуры и магнонной плотности (рис.6).

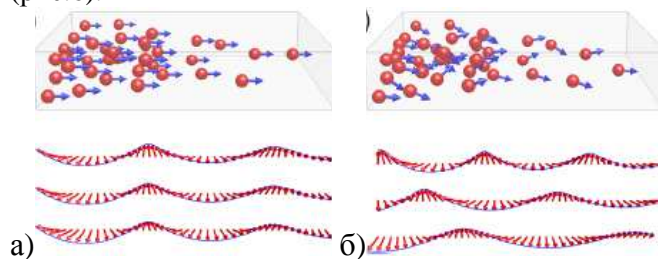


Рис.6 Магнонный транспорт: а) когерентный баллистический режим б) диффузионный режим с множеством мод.

Возможные применения магноники манят своим разнообразием: спиновый транспорт в спинтронике, однонаправленная передача тепла, магнонный эффект Джозефсона в магнонном конденсате и др.

11. Энергонезависимая память (Non-volatile memory)

Эта область намного ближе к современной индустрии, и ее успехи вполне осязаемы: магнитные жесткие диски, сенсоры на гигантском магнитосопротивлении. Задачи, стоящие перед исследователями – радикальное уменьшение энергетических потерь за счет полевого (а не токового) принципа управления намагниченностью с помощью использования магнитоэлектрических материалов и мультиферроиков, использование скирмионов в качестве блоков информации. Также есть ряд практических задач сопряжения спинтроники и магнитной памяти с полупроводниковой технологией.

12. Спинтроника антиферромагнетиков (antiferromagnetic spintronics)

Существуют несколько причин, по которым антиферромагнетики заслуживают отдельного пункта в дорожной карте:

- высокие частоты антиферромагнитного резонанса, позволяющего осуществлять переключение спинтронных устройств с терагерцовой частотой (при том, что диапазон частот традиционной спинтроники на ферромагнетиках ограничен несколькими гигагерцами);
- отсутствие поперечного сноса при движении скирмионов в антиферромагнетиках, что облегчает управление ими;
- многие антиферромагнетики являются мультиферроиками, что дает дополнительные

возможности управления с помощью электрического поля;
 - симметрия антиферромагнетиков допускает комбинированную РТ-четность, являющуюся необходимым условием существования линейного магнитоэлектрического эффекта, а также новых квазичастиц в магнетиках – безмассовых дираковских фермионов [8].

13. Магниты в энергосберегающих технологиях (Magnets for energy applications)

Тематика магнито жестких и магнито мягких материалов возвращает нас от высоких материй на землю с ее экологическими и геополитическими проблемами. Так, успешному внедрению соединения NdFeB в свое время сильно поспособствовали гражданские войны в Конго, спровоцировавшие кобальтовый кризис, а сейчас на повестке дня «редкоземельный кризис», связанный с китайской монополией.

Среди научных задач в этой области можно выделить разработку материалов с большой коэрцитивной силой, не содержащих редкие земли, а также изучение мультикалорических эффектов, возникающих под действием магнитных, упругих и электрических воздействий, что связано с назревшей революционной ситуацией в технологиях охлаждения: благодаря развитию экономик Китая и Индии энергопотребление холодильных установок в недалеком будущем превысит расходы на отопление остальной части мира, в то время как сами технологии охлаждения не менялись последние 150 лет.

14. Магнитофоретические технологии (Magnetophoretic technology)

«На десерт» составители дорожной карты припасли новую технологию капельной кибернетики, в которой читатель Бюллетеня узнает хорошо забытую старую схему памяти на цилиндрических магнитных доменах (рис. 7).

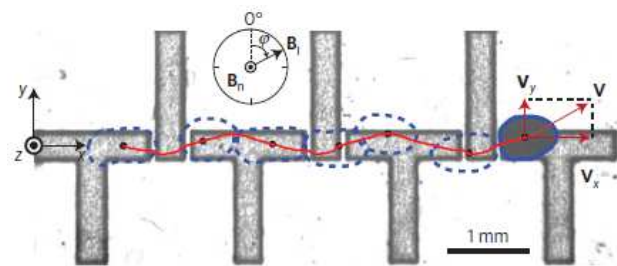


Рис. 7 Перемещение капельки жидкости с магнитными наночастицами во вращающемся магнитном поле [9].

Так же как и в памяти на ЦМД, переменное магнитное поле вызывает изменение конфигурации

полей рассеивания над “Т” и “Т”- образными элементами, сделанными из магнитомягкого материала, что приводит к пространственному перемещению минимума потенциальной энергии по траектории, показанной на рис.7. Только в данном случае в эту движущуюся потенциальную яму попадает не магнитный домен, а капелька магнитной жидкости или живая клетка, функционализированная магнитными наночастицами. Такой подход, который называют магнитофоретическим (не путать с магнитофорезом – одним из видов магнитной терапии), позволяет производить параллельные операции с большим количеством клеток или капель биологических жидкостей, реализуя технологию “lab on chip” – микробиологической лаборатории, уместящейся на одной микросхеме.

А.П. Пятаков

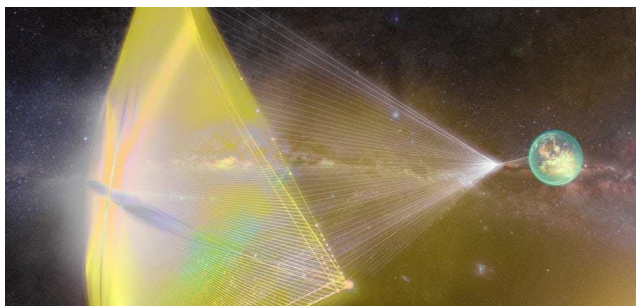
Литература

- [1] D. Sander *et al.*, “The 2017 Magnetism Roadmap,” *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 50, p. 363001, 2017.
- [2] V. P. Kravchuk *et al.*, “Topologically stable magnetization states on a spherical shell: Curvature-stabilized skyrmions,” *Phys. Rev. B*, vol. 94, no. 14, p. 144402, Oct. 2016.
- [3] R. Streubel *et al.*, “Magnetism in curved geometries,” *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 49, p. 363001, 2016.
- [4] V. Uhlíř, J. A. Arregi, and E. E. Fullerton, “Colossal magnetic phase transition asymmetry in mesoscale FeRh stripes,” *Nat. Commun.*, vol. 7, 2016.
- [5] I. Gross *et al.*, “Real-space imaging of non-collinear antiferromagnetic order with a single-spin magnetometer,” *Nature*, vol. 549, pp. 252–256, 2017.
- [6] А. М. Калашникова, А. В. Кимель, and Р. В. Писарев, “Сверхбыстрый оптомагнетизм,” *Успехи физических наук*, vol. 185, no. 10, pp. 1064–1076, 2015.
- [7] Y. Yang, R. B. Wilson, J. Gorchon, C.-H. Lambert, S. Salahuddin, and J. Bokor, “Ultrafast Magnetization Reversal by Picosecond Electrical Pulses,” *Sci. Adv.*, vol. 3, no. November, p. e1603117, 2017.
- [8] P. Tang, Q. Zhou, G. Xu, and S. C. Zhang, “Dirac fermions in an antiferromagnetic semimetal,” *Nat. Phys.*, vol. 12, no. 12, pp. 1100–1104, 2016.
- [9] G. Katsikis, J. S. Cybulski, and M. Prakash, “Synchronous universal droplet logic and control,” *Nat. Phys.*, 2015.

НОВОСТИ МИРОВОГО МАГНЕТИЗМА

Магнитный парашют для межзвездных путешествий

В прошлом году, в 55-ую годовщину полета Гагарина, Юрий Мильнер вместе Стивеном Хокингом и Марком Цукербергом анонсировали проект межзвездных путешествий *Breakthrough Starshot*, предполагающий посылку крошечных (~1 г) зондов к Альфе Центавра со скоростью ~20% от световой. Разгон зонда планируется осуществлять с помощью солнечного паруса и луча лазера.



Магнитный парашют для межзвездных перелетов программы Breakthrough Starshot

Однако ускорение - только половина задачи. Достигнув через несколько десятков лет соседней звездной системы, зонд рискует пролететь ее без остановки, если не позаботиться о системе торможения.

Профессор теоретической физики Клаудиус Грос из Университета Гёте, предлагает использовать для торможения магнитные паруса из сверхпроводящего материала. Заряженные частицы межзвездной среды будут отражаться магнитным полем незатухающих электротоков паруса, постепенно тормозя его продвижение.

Однако, как показывают оценки, при текущих технологиях, разворачивание парашюта необходимых размеров (~50 км) приведет к возрастанию веса зонда до 1 кг и, следовательно, растянет время путешествия в 60 раз.

22 ноября 2017/ Новостной сайт NewAtlas

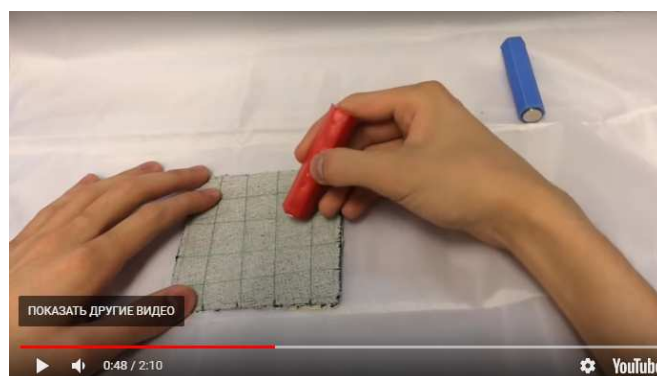
gizmag

Одежда с магнитной памятью

Ученые из Вашингтонского Университета в Сиэтле обнаружили, что коммерчески доступные проводящие нити обладают еще и свойством постоянных магнитов. Это значит, что из них можно изготавливать одежду и аксессуары, позволяющую хранить информацию, которая может быть считана стандартными датчиками смартфонов и других носимых устройств.



Если потерять северным или южным полюсом магнита участок ткани, сделанной из такой нити, то можно записать на ней бит двоичной информации – единицу или ноль.



«Рисование» полюсами на магнитной ткани

<https://youtu.be/xpQdfwcpJP8>

Такие браслеты можно использовать в качестве магнитных ключей в отеле. Кстати, подобно карточкам в отеле, они относительно легко размагничиваются. Тем не менее, информация устойчива к стресс-тестам, которые полупроводниковые чипы могут и не выдержать: машинная стирка или глажка утюгом.

31 октября 2017/ University of Washington News

UWNEWS

Конференции и школы по магнетизму и магнитным материалам 2018 года

Даты проведения (дедлайн)	Название конференции	Место проведения, (сумма оргвзноса)	Контактная информация
3-7 июня 2017 (31 января)	5th International Conference of Asian Union of Magnetism Societies (IcAUMS 2018)	Чеджу, Южная Корея	http://www.icaums.org
9-10 апреля 2018 (2 февраля)	Magnetism 2018	Манчестер, Великобритания	http://magnetism2018.iopconfs.org
16-20 сентября 2018 (2 февраля)	International Conference on Caloric Cooling Thermag VIII	Дармштадт, Германия	http://thermag2018.de
12-14 июня 2018 (10 февраля)	8th International Conference on Magnetism and Metallurgy	Дрезден, Германия (590 €)	http://tu-freiberg.de/fakult5/imf/institut/veranstaltungen/wmm-2018
26-30 августа 2018 (28 февраля)	The 25th International Workshop on Rare-Earth and Future Permanent Magnets and Their Applications	Пекин, КНР (~\$500)	http://www.repm2018.org
3-8 июня 2018 (1 марта)	International Symposium on Spin Waves	Санкт-Петербург	http://www.ioffe.ru/optics/SW2018
1-5 сентября 2018 (1 марта)	International Conference on Molecule-based Magnets – ICMM2018	Рио де Жанейро, Бразилия (~\$750)	http://www.icmm2018.com.br
16-20 июля 2018 (2 марта)	International Conference on Magnetism (ICM-2018)	Сан-Франциско, США	http://www.icm2018sf.org
24-27 июня 2018 (6 марта)	The IEEE International Conference on Microwave Magnetism	Эксетер, Великобритания	http://blogs.exeter.ac.uk/icmm2018
18-22 июня 2018 (7 марта)	International Conference on Magnetism and Spintronics, Sol-SkyMag 2018	Сан-Себастьян, Испания (420 €)	http://www.solskymag.es
22-26 мая 2018 (18 марта)	12th International Conference on the Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers	Копенгаген, Дания (450 €)	http://www.magneticmicrosphere.com
30 июня – 5 июля 2018 (26 марта)	«Новое в Магнетизме и Магнитных материалах» HMMM-XXIII	Москва (5000 руб)	https://lomonosov-msu.ru/rus/event/4488/
15-18 мая 2018 (1 апреля)	Spin Cavitronics (школа, Workshop)	Майнц, ФРГ (500 €)	https://www.spice.uni-mainz.de/spin-cavitronics-2018



Выпуск подготовлен при поддержке компании ООО «Полимагнит» — одного из ведущих поставщиков магнитных материалов и технологий на российском рынке. Сайт компании: <http://www.amtc.ru>

Редколлегия:

Главный редактор: А.П. Пятаков

Научные редакторы: М.П. Шорыгин, В.А. Сеин, А.М. Тишин

Худ. редактор и корректор: З.А. Пятакова

Информация для авторов: редакция Бюллетеня осуществляет быструю публикацию информации, представляющей значительный интерес для членов общества. Работы просьба присылать по электронному адресу редакции: bulletin.mago@gmail.com Редакция осуществляет рецензию полученных работ и оставляет за собой окончательное решение об их публикации в Бюллетене.

Электронный архив бюллетеня расположен на сайте: <http://www.amtc.ru/news/bulluten>