

Академик Олег Фиговский,

Президент IAI

ДОСТИЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

(По материалам статей «Технологические вызовы, сингулярность и реалии мировой науки (так что Россия?)», «Что делать или что не делать»).

<u>Содержание:</u>	стр.
1. Искусственный интеллект.	1
2. Запись и хранение данных.	1
3. Вооружения.	5
4. Новые материалы.	6
5. Источники питания.	6
6. Медицинская техника.	7
7. Генная инженерия.	7
8. 3D-печать.	8
9. Солнечные батареи.	12
10. Новые материалы.	12

1. Искусственный интеллект.

Слияние человека с искусственным интеллектом принесет людям пользу и улучшит качество их жизни, отметил футуролог Рэй Курцвейл во время выступления на фестивале SXSW в Остине. Люди перенесут свое сознание в облако и смогут «разгрузить» мозг. По мнению эксперта, это приведет к увеличению неокортекса – новых областей коры головного мозга, которые у человека отвечают за сенсорное восприятие, осознанное мышление, речь, способность к искусствам и чувство юмора. «Мы станем смешнее, музыкальные, сексуальнее. Мы станем воплощением собственных ценностей», – убежден футуролог. По его прогнозам, сингулярность наступит в 2029 году. Большинство экспертов считает, что уровень интеллекта машин и человека сравняется не раньше 2045 года – если это произойдет в принципе. Но Курцвейл настроен оптимистично – он уверен, что за слиянием человека с искусственным интеллектом будущее.

2. Запись и хранение данных.

Ученые под руководством профессора Карлоса Мерилеса (Carlos Meriles) из Городского колледжа Нью-Йорка предприняли попытку обойти ограничения на плотность записи данных, налагаемые пределом оптического разрешения и планарной природой современных дисков. Они предложили в качестве бита памяти использовать дефект в трёхмерной решётке алмаза, так называемый NV-центр. С помощью оптического микроскопа они смогли продемонстрировать чтение, запись и обнуление информации в алмазе с двумерной плотностью битов, сопоставимой с современной технологией DVD. Такой материал способен без ущерба выдерживать перезапись практически бесконечное количество раз и хранить данные (в темноте) как угодно долго. Также разработан способ расширения алмазного хранилища на три измерения без утери ранее записанных данных. Авторы продемонстрировали возможность с помощью особым образом скомпонованного многоцветного луча контролировать уникальную для этой системы спиновую степень свободы, а также преодолеть оптический дифракционный предел с использованием радиочастотных источников. Все это вместе позволит алмазному чипу превзойти по плотности записи Blu-ray в сотни тысяч раз. Как отмечает один из авторов Джейкоб Хэншоу (Jacob Henshaw), данная концептуальная работа показала, что алмазный чип даже на этой ранней стадии разработки конкурентоспособен по отношению к существующим решениям хранения данных, которые он даже превосходит по стабильности перезаписи. Дальнейшее совершенствование этой технологии сделает возможным создание сверхплотных накопителей, способных вмещать гигантские объёмы данных, генерируемые научными экспериментами, такими как моделирование гравитационных волн, реконструкция сложных биомолекул и симуляция изменений климата.

Одним из узких мест всех современных вычислительных систем является необходимость пересылки данных в микропроцессор для их последующей обработки и обратной пересылки результатов вычислений. Группа ученых их Технологического университета Нанянга, Сингапур, Ахенского университета RWTH, Германия, и Forschungszentrum Juelich, одного из крупнейших исследовательских центров в Европе, нашла способ заставить микросхемы памяти не только хранить данные, но и выполнять вычислительные операции, которые традиционно выполняются процессорами. Такой подход позволит хранить и обрабатывать данные в одном и том же месте, что приведет к росту вычислительной мощности, к увеличению энергоэффективности компьютеров и мобильных вычислительных систем, таких, как смартфоны и планшетные компьютеры. Универсальное устройство основано на технологии резистивной памяти с произвольным доступом (resistive switching random access memory, ReRAM). Производство данного вида памяти сейчас внедряется практически всеми ведущими чипмейкерами, такими, как SanDisk и Panasonic, и он является самым быстрым на сегодняшний день видом энергонезависимой памяти, которая вскоре станет доступна для широкого применения. Принципы, лежащие в основе нового универсального чипа, позволяют в теории реализовать обработку хранящихся в них данных любой степени сложности. Это позволит устранить отдельный микропроцессор, являющийся неизменным атрибутом любых цифровых устройств, что приведет к сокращению размеров и уменьшению веса этих устройств. При этом, скорость устройств, работающих на одинаковой тактовой частоте вырастет в 2 –2.5 раза по сравнению со скоростью устройств, имеющих отдельный микропроцессор. Причиной такого кардинального увеличения вычислительной мощности станет не только избавление от необходимости постоянной пересылки данных из памяти в микропроцессор и назад. Еще одним моментом является то, что ячейки резистивной памяти способны хранить в себе не один, а сразу два бита данных и принимать значения 0, 1, 2 и 3. Это, в свою очередь, позволит производить за один такт более сложные функции обработки данных, для выполнения которых традиционным процессорам будет требоваться несколько вычислительных циклов. Исследователи считают, что использование памяти ReRAM в качестве вычислительного устройства является более перспективным направлением, благодаря тому, что данный тип памяти уже практически готов к массовому производству. И уже сейчас исследовательская группа занимается поиском партнеров из промышленного сектора, которые могут взять на себя дальнейшую разработку и доработку данной технологии с целью доведения ее до вида конечного продукта.

Иллюстрируя то, что некоторые физические процессы протекают совсем по-другому на наноразмерном масштабе, ученые из Физико-технического института низких температур имени Б. И. Веркина Национальной Академии Наук Украины, Харьков, и Технологического университета Чалмерса, Швеция, создали удивительную наноэлектромеханическую систему. Элементы этой системы совершают механические движения за счет взаимодействия между электронами, но, в отличие от других подобных систем, для этого не требуется протекания электрического тока. Взаимодействия электрон-электрон в данной системе возникают между двумя «электронными» емкостями, имеющими различную температуру, а активный элемент системы –углеродная нанотрубка, начинает колебаться под воздействием протекающего через нее теплового потока. «Микроскопические устройства, которые являются комбинацией электроники и крошечной механики, микроэлектромеханические системы, MEMS (microelectromechanical systems), используются в настоящее время достаточно широко» – пишут исследователи. – «Датчики в наших смартфонах, которые определяют ускорение и ориентацию, являются этому хорошими примерами. Дальнейшее развитие данных технологий должно привести к замене микроэлементов наноэлементами и наша работа лежит именно в этой области, мы разрабатываем, моделируем и изучаем самые разные наноэлектромеханические устройства». Механизм, который заставляет работать новую наноэлектромеханическую систему, коренным образом отличается от механизма работы подобных систем, использующих электрический ток. Система состоит из углеродной нанотрубки, прикрепленной концами к двум электродам. Собственно каждый электрод состоит из двух частей, на стыке которых крепится конец углеродной нанотрубки. Часть электрода ниже нанотрубки действует как один электронный резервуар, а верхняя часть – как второй резервуар. Электроны, содержащиеся в обоих резервуарах, могут свободно перемещаться на нанотрубку и назад за счет эффекта квантового туннелирования. Однако, за счет использования специальных материалов, электроны в разных резервуарах имеют разное направление их вращения, спин, поэтому электрон из одного резервуара не может попасть во

второй, что исключает любую возможность переноса электрического заряда. Все начинает становиться интересным, когда между электронными резервуарами возникает температурный градиент. Когда «горячие» электроны из одного резервуара встречаются в нанотрубке с «холодными» электронами из второго резервуара, они начинают взаимодействовать, передавая тепло. Бывшие «холодные» электроны, получившие часть тепловой энергии, возвращаются в свой резервуар, а бывшие «горячие» – в свой. Протекающий за счет такого необычного механизма тепловой поток вынуждает деформироваться углеродную нанотрубку. При этом возникает своего рода обратная связь, деформация нанотрубки увеличивает эффективность туннелирования электронов в один из резервуаров и уменьшает эффективность туннелирования в другой. Именно за счет этой «обратной связи» возникают колебания нанотрубки, амплитуду и частоту которым можно регулировать, изменяя температурный градиент между электронными резервуарами. Данная система представляет собой простой наноразмерный тепловой двигатель, выполняющий функцию преобразования тепловой энергии в механическое движение. Удивительно то, что эффективность работы этого двигателя очень мало, всего на несколько процентов, зависит от величины температурного градиента, исследователи полагают, что основным ограничением производительности наноразмерного теплового двигателя является его геометрия и особенности структуры. «Если рассматривать такие тепловые двигатели в контексте какого-либо электронного устройства, то можно сразу увидеть массу областей их применения» – пишут исследователи, – «Тепло всегда присутствует в электронных схемах как побочный продукт, и если у нас получится использовать его часть с пользой, скажем для приведения в действие наноразмерных устройств, мы получим более эффективную и более функциональную электронику». Новая технология производства многофункциональных микрочипов, разработанная учеными Эксетерского университета, способна повысить скорость, эффективность и мощность компьютеров нового поколения.

Разработка английских ученых затрагивает производство оптоэлектронных материалов – устройств, выделяющих, обнаруживающих и управляющих светом, важных элементов в индустрии возобновляемой энергетики и цифровой безопасности. «Этот прорыв, как мы надеемся, приведет к революции в разработке жизненно важных новых материалов для компьютерной электроники. Исследование дает надежный фундамент для развития оптоэлектронных устройств нового поколения. Вдобавок, используемые материалы и методы обладают большим потенциалом для решения широкого спектра задач, недоступных современным устройствам», – говорит доктор Анна Балдычева. Команда ученых использовала микрофлюидальную технологию, множество крошечных каналов, чтобы управлять потоком и направлением движения жидкости. В данном случае в жидкости содержались хлопья оксида графена, которые смешивались между собой и создавали микрочип. Хотя хлопья оксида графена двухмерные, с помощью сложной оптической системы ученые создали из них трехмерные микросхемы, пишет EurekAlert. Исследователи сумели создать не только эффективную технологию, но и методологию ее применения в производстве микрочипов. «Нас очень взволновал открывшийся потенциал этого открытия, и мы с нетерпением ждем, куда же он приведет оптоэлектронику в будущем», – заявила профессор Моника Крейшун, соавтор статьи. Стэнфордские ученые продемонстрировали возможность массового производства микрочипов толщиной в несколько атомов, которые должны прийти на смену кремнию. Слой молибдена толщиной в один атом помещается между двумя слоями серы той же толщины. Такая структура прекрасно подходит на роль электрического переключателя, генерирующего «нули» и «единицы» двоичного кода. Способ выращивания тонких слоев золота на основе из монокристаллического кремния, разработанный учеными технического университета Миссури (Missouri S&T) позволит добиться значительного прогресса в технологиях гибкой электроники. После отделения этой фольги от кремния, уже её можно использовать как подложку для выращивания других электронных материалов. Как отмечает ведущий участник этой работы, доктор Джей Швитцер (Jay A. Switzer), большинство исследований в этом направлении было связано со схемами на полимерной основе, либо с составными устройствами из многих кристаллов. При этом, в обмен на гибкость органических полупроводников терялся высокий порядок, характерный для кремния. Наличие границ между упорядоченными областями существенно ухудшает эффективность электронных устройств. Рекомбинация электронов и дырок на таких границах превращает в тепло энергию, отнимая её от излучения светодиодов или от электричества, генерируемого солнечными панелями. «99,99% электроники совсем не случайно сделано из кремния – он отлично работа-

ет, образуя единый кристалл с идеально упорядоченными атомами. Но при этом он, как правило, не гнётся», – комментирует Швитцер. Использование в качестве затравки кристалла кремния позволило Швитцеру и его коллегами сохранить высокий порядок в выращиваемой фольге, а золото обеспечило ей высокую надёжность и гибкость. Электрическое сопротивление образца такой фольги не изменилось даже после того как её сгибали и разгибали 4 тыс. раз. Из-за очень малой толщины, составляющей около 7 нм, фольга практически прозрачна. Главная задача, с которой в конечном итоге удалось справиться учёным, было её отслоение от подложки – золото обычно очень хорошо сцепляется с кремнием. Добиться желаемого удалось с помощью фото-электрохимического окисления кремния: иницируемая светом каталитическая реакция заставляла фольгу самостоятельно сползать с поверхности кристалла. Швитцер утверждает, что их методом на одной кремниевой заготовке можно вырастить тысячи экземпляров фольги из золота или других металлов.

В рамках европейского исследовательского проекта Eurotapes разработана дешёвая и более эффективная сверхпроводящая лента, которая однажды сможет удвоить производительность ветряных турбин. Eurotapes изготовил 600 метров такой ленты, сообщил координатор проекта Ксавье Обрадорс. «Этот материал, оксид меди, похож на нить, которая проводит в 100 раз больше электричества, чем чистая медь. Из нее можно, к примеру, делать электрические кабели или генерировать гораздо более мощное магнитное поле», – сказал он. Когда ток проходит через проводник, такой как медь или серебро, часть его теряется в виде тепла, и с расстоянием эти потери возрастают. В сверхпроводимости электрическое сопротивление исчезает в некоторых металлах, когда их охлаждают до абсолютного нуля (-273 градусов по Цельсию). Однажды с помощью этого материала можно будет изготовить более мощные и легкие ветряные турбины, которые вдвое превзойдут по производительности нынешние, говорит координатор Eurotapes. Для достижения нулевой потери энергии кабель, заключенный в трубку, помещается в жидкий азот, но эта сложная и дорогая технология еще не дошла до стадии серийного производства. Пока энергетические компании проводят пилотные испытания. Eurotapes – это проект, объединяющий мировых лидеров в сфере полупроводников из девяти европейских стран: Австрии, Бельгии, Великобритании, Франции, Германии, Италии, Румынии, Словакии и Испании. Основное финансирование (20 млн евро) выделил Евросоюз. Цель проекта – найти такой материал, который станет сверхпроводником при комнатной температуре, что позволит осуществлять передачу энергии на большие расстояния с нулевыми потерями. Один из вариантов решения этой задачи предлагает Иван Бозовик и его команда из Национальной лаборатории в Брукхейвене (США). Ученые изучают купраты, вещества, состоящие из меди и кислорода. В соединении со стронцием и некоторыми другими элементами они проявляли свойства сверхпроводников, но не требовали экстремально низких температур, как обычные сверхпроводники. Группа ученых из Пенсильванского университета стала первой, кому удалось вырастить образцы нового уникального двухмерного материала, толщина которого равна трем атомам и который называется дителлурид вольфрама. В отличие от более изученных двухмерных материалов, дителлурид вольфрама обладает тем, что называется топологическим электронным состоянием. Это, в свою очередь, означает, что материал может обладать сразу несколькими различными электронными свойствами, а не одним, как другие материалы. Теория, определяющая то, что двухмерные материалы могут обладать топологическими электронными состояниями, была разработана не так давно Чарльзом Кэйном (Charles Kane) и Кристофером Х. Брауном (Christopher H. Browne), профессорами из Пенсильванского университета. И сейчас, после того, как группе профессора Джеймса Киккоа (James Kikkawa) удалось синтезировать первые образцы дителлурида вольфрама и измерить их свойства, эта теория получила практическое подтверждение. Новый материал был получен при помощи метода химического осаждения из паробразной фазы. Ученые использовали трубчатую печь, в которую был помещен вольфрамовый чип. Когда все это было нагрето до необходимой температуры, внутрь печи был закачан газ, содержащий атомы теллура. Дителлурид вольфрама очень быстро разрушается на открытом воздухе, но ученым удалось найти способ защитить его на время, достаточное для изучения его свойств. Первым открытием стало то, что новый материал растет кристаллами прямоугольной формы, а не треугольной, как некоторые другие материалы. «Поскольку дителлурид вольфрама имеет структуру, толщиной в три атома, отдельные его участки могут быть устроены немного по-разному» – пишут исследователи, – «Эти три атома могут быть смещены друг относительно друга на разные расстояния, и это оп-

ределяет разницу между свойствами отдельных участков материала». Еще одним из свойств дителлурида вольфрама есть то, что он является топологическим изолятором. Это, в свою очередь, означает, что любой электрический ток, текущий через материал, движется только по граничным слоям материала, а не по всему объему, как это происходит в обычных металлах. Это удивительное свойство можно использовать для управления распространением электрического тока, направляя его строго по заданному пути. В настоящее время ученые научились выращивать достаточно большие пленки дителлурида вольфрама, что позволит в ближайшем будущем более тщательно изучить все свойства материала. И, способность этого материала иметь сразу несколько свойств станет очень полезной для области квантовых вычислений, которые производятся на уровне отдельных атомов и субатомных частиц.

Специалисты из канадского Университета Британской Колумбии разработали гибкий тачскрин, который четко реагирует на касания даже будучи в согнутом или растянутом состоянии. Прототип устройства сделан компактным, однако его можно масштабировать. Некоторые компании сегодня занимаются разработкой гибких электронных устройств, в первую очередь планшетных компьютеров и смартфонов. Такие разработки, например, ведет корейская компания Samsung. Новые устройства будут оснащены гибкими полноцветными экранами, однако эти экраны сами по себе не могут воспринимать касания. За это отвечают тачскрины. Тачскрин, или сенсорный экран, представляет собой чувствительное к касаниям прозрачное стекло, устанавливаемое поверх обычного дисплея. Такие устройства используют несколько технологий распознавания касаний: от тензометрических и индукционных до емкостных и оптических. Новый сенсорный экран представляет собой прозрачный квадрат со сторонами пять сантиметров. Он выполнен из тонких слоев силиконового эластомера, между которыми расположена тонкая прослойка токопроводящего гидрогеля с добавлением хлорида лития. По углам экрана исследователи разместили четыре электрода. Считывание касаний в новом сенсоре производится при помощи замера изменений в сопротивлении между точкой, которой касается палец, и каждым из четырех электродов. Согласно утверждению исследователей, благодаря такой схеме им удалось избежать ошибочного восприятия растягивания и изгибания, при котором слой гидрогеля меняет толщину, в качестве касания. По мнению разработчиков, в первую очередь новый гибкий тачскрин можно будет использовать в новой гибкой электронике. Кроме того, такой сенсорный дисплей можно превратить в чувствительную «кожу» для новых роботов, что позволит существенно увеличить получаемый роботами объем данных об окружающем мире.

В декабре прошлого года японские ученые представили технологию изготовления «сверхгибких» прозрачных жидкокристаллических экранов. В своем изобретении разработчики использовали жидкие кристаллы, помещенные в ультратонкие полиимидные ячейки. Это позволило стабилизировать расположение кристаллов и избежать искажения изображения при сгибании. Большое внимание уделяется и новым оборонным технологиям.

3. Вооружения.

Американская компания Lockheed Martin провела успешные испытания нового боевого лазера, мощность которого по проекту составляет 60 киловатт. Как сообщает Defense Talk, во время испытаний измеренная мощность лазерного луча новой установки составила 58 киловатт. Состоявшиеся испытания были признаны завершающими в проекте разработки лазерного оружия, создаваемого по контракту Армии США. Лазерное оружие, как полагают американские военные, позволит эффективнее бороться с некоторыми типами целей, в первую очередь с беспилотными летательными аппаратами, минометными минами и снарядами, а также легкими самолетами и вертолетами противника. Кроме того, боевые лазеры помогут военным быстрее уничтожать обнаруженные мины и самодельные взрывные устройства. Основным преимуществом лазерного оружия военные считают «неограниченный» боезапас – установка может вести огонь до тех пор, пока она не перестанет получать энергию от генератора. Кроме того, стоимость одного выстрела из лазерной установки будет в несколько раз ниже стоимости выстрела из миномета или артиллерийского орудия. Разработанная Lockheed Martin установка работает по принципу спектрального совмещения волоконных лазеров. В таком оружии установлены несколько лазерных излучателей, лучи от которых передаются по оптическому волокну в специальное устройство совмещения. В итоге получается, что несколько маломощных излучателей позволяют получить на выходе луч высокой мощности. Технология, использован-

ная в новой установке, по данным Lockheed Martin, позволяет в среднем на 50 процентов сократить расход энергии по сравнению с твердотельными лазерами. Разработка новой установки велась Lockheed Martin по заказу Армии США с 2014 года. В 2015 году Lockheed Martin объявила, что технологии лазерного оружия уже в достаточной степени отработаны и надежны, и военные могут принять боевые лазеры на вооружение в любой момент. При этом в компании отметили, что боевые лазеры могут быть установлены практически на любую платформу, включая машину, корабль или самолет. Тогда речь шла о боевых лазерах мощностью от 15 до 30 киловатт. Более мощные системы все еще разрабатываются, причем их разработка сдерживается не столько технической стороной, сколько параллельными исследованиями в различных областях, включая атмосферное влияние.

После 15 лет кропотливых разработок израильская компания Urban Aeronautics наконец сумела создать действующую модель пассажирского беспилотника. «Воздушное такси» весит полторы тонны, и поступит на рынок в 2020 году. Первая модель получила название «Cormorant», что переводится как «Баклан». Она может поднимать груз до 500 килограмм и двигаться со скоростью 185 километров в час. Первый полностью автоматический полет состоялся в ноябре 2016 года. Полная стоимость проекта оценивается в 14 миллионов долларов. Компания Urban Aeronautics считает, что в первую очередь их беспилотники, использующие внутренние роторы, а не вертолетные винты, могли бы эвакуировать людей из враждебного окружения или давать вооруженным силам безопасный доступ в нужные места. – Представьте себе, что в городе была применена «грязная бомба» или химическое оружие, – говорит генеральный директор и основатель компании Рафи Йоэли. – Кто еще поможет эвакуировать людей кроме дронов? Компания была основана в Явне в 2001 году. Ее целью было создание беспилотника, который сможет перемещаться между зданиями, не рискуя перерубить лопастями линии электропередачи. Ну и кроме всего прочего, новый дрон просто сможет занять нишу так необходимого в густонаселенных городах воздушного такси. По размеру «Баклан» напоминает семейный автомобиль. Он с легкостью сможет взять на борт 2-3 человека. Во время ноябрьских испытаний разрешение на его использование пока не было получено – Управление федеральной авиации нашло какие-то мелкие неполадки в данных, поступающих с бортовых датчиков. Впрочем, Йоэли мало беспокоится о том, что кто-то из конкурентов может его опередить. В создании нового беспилотника было использовано 39 уникальных патентов, специально разработанных компанией. – Этот дрон может произвести революцию в некоторых аспектах ведения войны, например, в вопросе эвакуации солдат с поля боя,

4. Новые материалы.

Исследователям впервые удалось распечатать на 3D-принтере композитный материал на основе угольных нитей. Этот способ производства может сделать процесс создания материала дешевле и открыть новые возможности для использования углеродного волокна. Исследователи из Ливерморской национальной лаборатории стали первыми, кто смог распечатать на 3D-принтере композитный материал на основе угольных нитей. Это стало шагом к оптимизации создания легкого материала, который крепче, чем сталь. Углеродное волокно представляет собой легкий, но жесткий и прочный материал с высокой стойкостью к температуре. Это делает его актуальным для аэрокосмической, оборонной и автомобильной промышленности, а также для таких видов спорта, как серфинг и гонки на мотоциклах. 3D-печать открывает новые возможности для использования углеродного волокна. Полученный материал может быть использован для изготовления крыльев самолета, элементов спутника или терморегулирующей одежды.

5. Источники питания.

В Колледже (CCNY) при Городском университете Нью-Йорка (CUNY) создана новая высокоемкая перезаряжаемая батарея, использующая недорогой и безопасный материал – модифицированный диоксид марганца ($\delta\text{-MnO}_2$) или бернессит. В статье для журнала Nature Communications, разработчики этого устройства сообщили, что его главной особенностью является впервые достигнутое одновременное сочетание циклической стабильности с высокой емкостью на единицу площади (areal capacity). Второе качество позволяет размещать в корпусе батареи много электродов и имеет ключевое значение для построения практичных батарей для приложений энергетики, в частности, для аккумулялирования электроэнергии, генерируемой

солнечными и ветроэлектростанциями. Используемая авторами разновидность бернессита была запатентована инженерами компании Ford Motors в 80-х годах прошлого века, но реализовать его потенциал как электродного материала удалось только сейчас, после того как команда под управлением профессора Энергетического института CUNY, Санджоя Банерджи (Sanjoy Banerjee) оптимизировала его структуру, внедрением в кристаллическую решетку атомов меди. Это исследование осуществлялось при содействии Министерства энергетики США, выделившего на него грант через агентство поддержки продвинутых исследовательских проектов – ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy).

6. Медицинская техника.

Ученые снабдили крошечные наноракеты «тормозом» и рулем. Ученые из университета Неймегена (Radboud University), Нидерланды, нашли способ, позволяющий полностью контролировать движение наноракет, включив в них своего рода тормоза, которые реагируют на изменение температуры окружающей среды. Это позволяет наноракетам останавливаться, достигнув области с больными тканями, температура которых всегда немного выше температуры нормальных здоровых тканей. «Тормоза» наноракеты, представляют собой молекулы чувствительного к теплу полимера, размещенные на ее корпусе. Изменения температуры заставляют эти молекулы сжиматься или выгибаться, перекрывая доступ топлива, перекиси водорода в данном случае, к области поверхности, покрытой слоем катализатора. Чувствительность этих молекул достаточно высока, и они полностью перекрывают «подачу» топлива при температуре 35 градусов Цельсия и выше, что заставляет остановиться этот крошечный наномеханизм. В своих наноракетах исследователи из Нидерландов использовали высокоэффективный органический катализатор, расщепляющий перекись водорода на воду и кислород, поэтому такие наноракеты, оборудованные топливным «клапаном» способны перемещаться в воде даже при низкой концентрации растворенной в ней перекиси водорода. Рулем для наноракет выступает слабое внешнее магнитное поле, а исполнительным элементом этого механизма является крошечная никелевая частичка, выращенная в процессе самосборки корпуса наноракеты. «В будущем мы собираемся сделать еще более интересную вещь. Мы планируем заменить «тормоза», реагирующие на изменение температуры, тормозами, реагирующими на свет» – пишут исследователи, – «Это позволит нам регулировать скорость или полностью останавливать движение путем освещения нужного места светом лазера. Кроме этого мы планируем сделать корпуса наноракет из полностью биоразлагаемых материалов, которые исчезнут, не оставив в организме человека ни малейшего следа».

Два первых бионических протеза руки, созданные агентством перспективных оборонных разработок Пентагона (DARPA) совместно с американской компанией Mobius Bionics, передали Национальному военному медицинскому центру в Мэриленде. Разрабатывали эти протезы пять лет. Устройство назвали LUKE в честь Люка Скайуокера, одного из главных персонажей серии фильмов "Звездные войны", потерявшего руку в бою с Дартом Вейдером и получившим взамен высокотехнологичный протез. Также аббревиатура LUKE расшифровывается как Life Under Kinetic Evolution (жизнь при кинетической эволюции). Бионическая рука управляется электромиографическими электродами, с их помощью контроллер считывает сигналы мышц. Эти сигналы протез преобразовывает в одно из десяти возможных движений: подъем руки над головой, заведение ее за спину, подъем и опускание предметов с одновременным сгибанием локтя, захват и удержание предметов (причем даже хрупких, например, куриного яйца). Бионическая рука выполняет множество повседневных операций, например, с ее помощью можно почистить зубы или застегнуть молнию на одежде. Протез LUKE защищен от воды и пыли. Испытания устройства проводились более чем на ста людях на протяжении десяти тысяч часов. Пентагон планирует включить этот протез в медицинскую страховку для военнослужащих.

7. Генная инженерия.

Сальмонеллы – род неспороносных бактерий, имеющих форму палочек. Именно эти микроорганизмы становятся причиной более чем одного миллиона пищевых отравлений ежегодно, при этом около 400 человек при этом умирают. Команда исследователей из Университета Дьюка сумела генетически перепрограммировать сальмонеллы таким образом, чтобы они атаковали не желудочно-кишечный тракт человека, а агрессивные формы рака. Глиобластома – это вам

не шутки. Наиболее частая и агрессивная форма опухоли мозга ежегодно уносит жизни тысяч людей. Если диагноз глиобластома поставлен, пациент лишь в 10% случаев проживает до 5 лет, чаще всего жить ему остаётся не более 15 месяцев. Эта форма онкологии устойчива против химиотерапии и её практически невозможно победить радиотерапией. Как вы понимаете, хирургическое вмешательство здесь тоже не вариант. Если хотя бы одна клетка опухоли останется внутри мозга, она станет началом нового злокачественного образования. И вот тут-то на сцену выходит Сальмонелла энтерика или Сальмонелла кишечная. После нескольких генетических штрихов, внесённых учёными в её ДНК, бактерия превращается в ракету с самонаведением, которая целится напрямик в глиобластому. При этом подобная терапия практически безвредна для пациента. Учёные запрограммировали бактерию на постоянный дефицит аминокислот, известных как пурины. Так случилось, что опухоли пуринами набиты просто битком, поэтому и Сальмонелла слетается на них как пчёлы на мёд. После введения бактерий в мозг они проникают глубоко в опухоль, где начинают размножаться. Команда исследователей также запрограммировала Сальмонеллу на то, чтобы она производила два соединения: azurian и p53 – они активируют в клетках самоуничтожение, но лишь в том случае, когда среда содержит недостаточное количество кислорода, например, внутри опухоли. Таким незамысловатым образом бактерия пожирает клетки опухоли, а затем погибает от нехватки кислорода. Учёным пришлось отключить естественные токсины Сальмонеллы, чтобы она не спровоцировала активацию иммунитета человеческого организма и могла эффективно бороться с раком. После уничтожения опухоли от бактерий не остаётся никаких следов. Во время испытаний на лабораторных крысах 20% пациентов прожили 100 дней после уничтожения опухолей, это эквивалентно 10 годам человеческой жизни. Терапия позволит медикам в два раза увеличивать процент выживаемости пациентов, а также значительно продлить срок их жизни. Разумеется, успех лабораторных испытаний на грызунах – это ещё не вся победа, но начало положено неплохое. Пока учёные не сообщают, когда начнутся клинические испытания их методики лечения на людях. Но, надо полагать, случится это в ближайшие годы.

8. 3D-печать.

3D-печать металлом становится все более популярной. И это не удивляет: каждый металлический материал для печати предлагает уникальное сочетание практических и эстетических свойств для того, чтобы удовлетворить требования предъявляемые к различным продуктам, будь то прототипы, миниатюры, украшения, функциональные детали или даже кухонные принадлежности. Причины печатать металлами настолько веские, что 3D-печать металлами уже внедряется в серийное производство. На самом деле, некоторые 3D-печатные детали уже догнали, а какие-то и превзошли своими свойствами те, что производятся традиционными методами. Традиционное производство из металлов и пластиков очень расточительно – в авиационной промышленности, например, до 90% материалов уходит в отходы. Выход продукции, в некоторых отраслях, составляет не более 30%. 3D-печать металлами потребляет меньше энергии и сокращает количество отходов до минимума. Кроме того, готовое 3D-печатное изделие может быть до 60% легче, по сравнению с фрезерованной или литой деталью. Одна лишь авиационная промышленность сэкономит миллиарды долларов на топливе – за счет снижения веса конструкций. А ведь прочность и легкость нужны и в других отраслях. Да и экономичность тоже. Части реактивного двигателя GE's LEAP напечатаны в 3D на фабрике аддитивного производства AvioAero. В некоторых промышленных секторах уже используют металлические 3D-принтеры, сделав их неотъемлемой частью производственного процесса, о чем обычный потребитель может и не подозревать:

- Наиболее распространенным примером являются медицинские импланты и стоматологические коронки, мосты, протезы, которые уже считаются наиболее оптимальным вариантом для пациентов. Причина: Они могут быть быстрее и дешевле изготовлены на 3D-принтере и адаптированы к индивидуальным потребностям каждого пациента.
- Второй столь же часто встречающийся пример: ювелирное дело. Большинство крупных производителей постепенно переходит от 3D-печати форм и восковок к непосредственной 3D-печати металлом, а печать из титана позволяет ювелирам создавать изделия невозможного ранее дизайна.

- Кроме того, аэрокосмическая промышленность становится все более и более зависима от 3D-печатных металлических изделий. Ge-AvioAero в Италии – первая в мире полностью 3D-печатная фабрика, которая выпускает компоненты для « реактивных двигателей LEAP».
- Следующая отрасль использующая металлические 3D-принтеры будет находиться в автомобильном секторе. BMW, Audi, FCA уже серьезно рассматривают применение технологии в серийном производстве, а не только в прототипировании (где они используют 3D-печать уже многие годы).
- Казалось бы – зачем изобретать велосипед? Но и здесь 3D-печать металлом нашла применение. Уже несколько лет производители велосипедных компонентов и рам применяют 3D печать. Не только в мире, но и в России это получило распространение. Производитель эксклюзивных велосипедов Triton заканчивает проект с элементом титановой рамы, напечатанным на 3д принтере для снижения веса без ущерба прочности.

Но прежде, чем 3D-печать металлами действительно захватит мир, необходимо будет преодолеть несколько серьезных проблем. В первую очередь – это высокая стоимость и низкая скорость производства больших серий этим методом. Большинство процессов 3D-печати металлом начинаются с порошка. Многие можно сказать о применении печатающих металлом 3D-принтеров. Тем не менее, основные вопросы такие же, как и с любыми другими 3D-принтерами: программное обеспечение и аппаратные ограничения, оптимизация материалов и печать несколькими материалами. Мы не будем говорить о программном обеспечении много, упомянем лишь, что наиболее крупные издатели, такие как Autodesk, SolidWorks и SolidThinking – все разрабатывают программные продукты для использования в объемной печати металлами, чтобы пользователи могли воплотить в жизнь изделие любой вообразимой формы. В последнее время появились примеры того, что 3D-детали напечатанные металлом могут быть столь же прочными, как традиционно производимые металлические компоненты, а в некоторых случаях и превосходят их. Созданные с помощью DMLS изделия имеют механические свойства эквивалентные цельнолитым.

Посмотрим же на имеющиеся металлические технологии 3D-печати:

Процесс # 1: Послойное сплавление порошка Процесс 3D-печати металлами, которым наиболее крупные компании пользуются в наши дни, известен как сплавление или спекание порошкового слоя. Это означает, что лазерный или другой высокоэнергетический луч сплавляет в единое целое частицы равномерно распределенного металлического порошка, создавая тем самым слой изделия, один за другим. В мире есть восемь основных производителей 3D-принтеров для печати металлом, большинство из них расположены в Германии. Их технологии идут под аббревиатурой SLM (выборочное лазерное плавление) или DMLS (прямое спекание металла лазером).

Процесс # 2: Binder Jetting ExOne производит 3D-печать металлических частей нанося связующее вещество перед обжигом в печи (изображение: ExOne) Еще один профессиональный метод с послойным соединением – склеивание частиц металла для последующего обжига в высокотемпературной печи, где частицы сплавляются под давлением, составляя единое металлическое целое. Печатная головка наносит соединительный раствор на порошковую подложку послойно, как обычный принтер на листы бумаги, после чего изделие отправляется в обжиг. Еще одна похожая, но в отдельных деталях разительно отличающаяся технология, в основе которой лежит FDM печать – замешивание металлического порошка в металлическую пасту. С помощью пневматической экструзии 3D-принтер выдавливает ее, подобно тому, как строительный 3D-принтер делает это с цементом, чтобы сформировать 3D-объекты. После того, как нужная форма напечатана, объекты также спекают в печи. Эту технологию использует Mini Metal Maker – возможно, единственный более-менее доступный 3D-принтер для печати металлом (\$1600). Прибавьте стоимость небольшой печи для обжига.

Процесс # 3: Наплавление Можно подумать, что среди технологий печатью металлом отсутствует похожая на обычную FDM, но это не совсем так. Конечно, вы не сможете плавить металлическую нить в хот-энде своего 3D-принтера, а вот крупные производители владеют такой технологией и пользуются ею. Есть два основных способа печатать цельнометаллическим материалом. Один из них называется DED (Directed Energy Deposition) или лазерная наплавка. Он использует лазерный луч для сплавления металлического порошка, который медленно высвобождается и осаждается из экструдера формируя слой объекта с помощью промышленного манипулятора. Обычно это делается внутри закрытой камеры, однако, недавний проект MX3D

реализовал аналогичный подход к 3D-печати в сооружении настоящего полноразмерного моста, который должен быть распечатан в 2017 году в Амстердаме. Другой называется EBМ (Electron Beam Manufacturing – производство электронным лучом), это технология формирования слоев из металлического сырья под воздействием мощного электронного луча, с ее помощью создают крупные и очень крупные конструкции. Если вы не работаете в оборонном комплексе РФ или США, то вряд ли увидите эту технологию живьем.

Еще парочка новых, едва появившихся технологий, используемых пока только их создателями, представлена далее.

1: Sciaky EBAM 300 – титановый прут Для печати действительно больших металлических конструкций лучшим выбором будет «EBAM от Sciaky». Этот аппарат может быть любого размера, на заказ. Он используется, в основном, в аэрокосмической и оборонной промышленности США. Как серийную модель, Sciaky продает EBAM 300. Он имеет размер рабочей области со сторонами 5791 x 1219 x 1219 мм. Компания утверждает, что EBAM 300 также является одним из самых быстрых коммерчески доступных промышленных 3D-принтеров. Конструкционные элементы самолетов, производство которых по традиционным технологиям могло занимать до полугода, теперь печатаются в течение 48 часов. Уникальная технология Sciaky использует электронно-лучевую пушку высокой мощности для плавки титанового филамента толщиной 3мм, со стандартной скоростью осаждения около 3–9 кг/час.

2: Fabrisonic UAM – ультразвуковой Другой способ 3D-печати больших металлических деталей – Ultrasound Additive Manufacturing Technology (UAM – технология ультразвукового аддитивного производства) от Fabrisonic. Детище Fabrisonic является трехосевым ЧПУ-станком, имеющим дополнительную сварочную головку. Металлические слои сначала разрезают, а затем сваривают друг с другом с помощью ультразвука. Крупнейший 3D-принтер Fabrisonic – “7200”, имеет объем сборки 2 x 2 x 1,5 м.

3: Laser XLine 1000 – металлический порошок Одним из самых крупных на рынке 3D-принтеров печатающих с помощью металлического порошка долго являлся XLine 1000 производства Concept Laser. Он имеет область сборки размером 630 x 400 x 500 мм, а места занимает как небольшой дом. Изготовившая его немецкая компания, которая является одним из поставщиков 3D-принтеров для аэрокосмических компаний-гигантов, таких как Airbus, недавно представила новый принтер – XLine 2000. 2000 имеет два лазера и еще больший объем сборки – 800 x 400 x 500 мм. Эта машина, которая использует патентованную технологию LaserCUSING (тип селективного лазерного плавления), может создавать объекты из сплавов стали, алюминия, никеля, титана, драгоценных металлов и из некоторых чистых материалов (титана и сортов сталей.) Машины, подобные этой, есть у всех основных игроков на рынке 3D-печати металлом: у EOS, SLM, Renishaw, Realizer и 3D Systems, а также у Shining 3D – стремительно развивающейся компании из Китая.

4: M Line Factory – модульная 3D-фабрика Рабочий объем: 398,78 x 398,78 x 424,18 мм От 1 до 4 лазеров, 400 – 1000 Вт мощности каждый. Концепция M Line Factory основана на принципах автоматизации и взаимодействия. M Line Factory, от той же Concept Laser и работающий по той же технологии, делает акцент не на размере рабочей области, а на удобстве производства – он представляет собой аппарат модульной архитектуры, который разделяет производство на отдельные процессы таким образом, что эти процессы могут происходить одновременно, а не последовательно. Эта новая архитектура состоит из 2 независимых узлов машины: M Line Factory PRD (Production Unit – производственная единица) Production Unit состоит из 3-х типов модулей: модуль дозирования, печатный модуль и модуль переполнения (лоток для готовой продукции). Все они могут быть индивидуально активированы и не образуют одну непрерывную единицу аппаратуры. Эти модули транспортируются через систему туннелей внутри машины. Например, когда новый порошок подается, пустой модуль хранения порошка может быть автоматически заменен на новый модуль, без прерывания процесса печати. Готовые детали могут быть перемещены за пределы машины и немедленно автоматически заменяются следующими заданиями. M Line Factory PCG (Processing Unit – процессинговая единица) Это независимый блок обработки данных, который имеет встроенную станцию просеивания и подготовки порошка. Распаковка, подготовка к следующему заданию печати и просеивание происходят в замкнутой системе, без участия оператора.

5: ORLAS CREATOR – 3D-принтер готовый к работе Создатели ORLAS CREATOR позиционируют этот 3D-принтер как максимально доступный, простой в обращении и готовый к работе,

не требующий установки никаких дополнительных комплектующих и программ сторонних производителей, способный печатать прямо из файла комплектной CAD/CAM их собственной разработки. Все необходимые компоненты установлены в относительно компактном корпусе, которому необходимо пространство 90x90x200 см. Много места он не займет, хоть и выглядит внушительно, да и весит 350 кг. Как можно понять из приведенной производителем таблицы, металлический порошок спекается вращающейся лазерной системой слоями 20–100 мкм толщиной и с размером “пикселя” всего в 40 мкм, в атмосфере азота или аргона. Подключить же его можно к обычной бытовой электросети, если ваша проводка выдержит нагрузку в 10 ампер. Что, впрочем, не превышает требований средней стиральной машины. Мощность лазера – 250 Ватт. Рабочая область составляет цилиндр 100 мм в диаметре и 110 в высоту.

6: FormUp 350 – Powder Machine Part Method (PMPM) FormUp 350, работающий в системе Powder Machine Part Method (PMPM) создан компанией AddUp – совместным проектом Fives и Michelin. Это новейший аппарат для 3D-печати металлами, впервые представленный в ноябре на Formnext2016. Принцип работы у этого 3D-принтера тот же, что и у приведенных выше коллег, но его главная особенность в другом – она заключается в его включенности в PMPM. Принтер предназначен именно для промышленного использования в режиме 24/7 и рассчитан именно на такой темп работы. Система PMPM включает в себя контроль качества всех комплектующих и материалов на всех стадиях их производства и распространения, что должно гарантировать стабильно высокие показатели качества работы, в чем у Мишлена огромный многолетний опыт.

7: « XJET » – NanoParticle Jetting – струйная печать металлом Технология впрыска наночастиц предполагает использование специальных герметичных катриджей с раствором, в котором находится взвесь наночастиц металла. Наночастицы осаждаются и образуют собой материал печатаемого изделия. Учитывая заявленные особенности технологии (применение металлических частиц наноразмера) несложно поверить создателям аппарата, когда они утверждают о его беспрецедентных точности и разрешении печати по всем трем геометрическим осям.

8: «VADER Mk1» – MagnetoJet – струйная печать металлом Технология Зака Вейдера MagnetoJet основана на изучении магнитной гидродинамики, а конкретнее – возможности управлять расплавленным металлом с помощью магнитных полей. Суть разработки в том, что из расплавленного алюминия формируется капля строго контролируемого размера, этими каплями и осуществляется печать. Размер такой капельки – от 200 до 500 микрон, печать происходит со скоростью 1000 капель в секунду. Рабочая область принтера: 300 мм x 300 мм x 300 мм Рабочий материал: Алюминий и его сплавы (4043, 6061, 7075) И пусть пока это только алюминий, но принтер в 2 раза быстрее порошковых и до 10 раз дешевле. В 2018 году планируется выпуск Mk2 с 10 печатающими головками, что должно дать прирост скорости печати до 30 раз. Что ж, посмотрим как они справятся. 9: METAL X – ADAM – атомная диффузия Компания Markforged представила новую технологию 3D-печати металлом – ADAM, и 3D-принтер работающий по этой технологии – Metal X. ADAM (Atomic Diffusion Additive Manufacturing) – технология атомной диффузии. Печать производится металлическим порошком, где частицы металла покрыты синтетическим связующим веществом, которое удаляется после печати, позволяя металлу соединиться в единое целое. Главное преимущество технологии – отсутствие необходимости применения сверхвысоких температур непосредственно в процессе печати, а значит – отсутствие ограничений по тугоплавкости используемых для печати материалов. Теоретически, принтер может создавать 3D-модели из сверхпрочных инструментальных сталей – сейчас он уже печатает нержавеющей сталью, а в разработке титан, Инконель и стали D2 и A2. Технология позволяет создавать детали со сложной внутренней структурой, такой как в пчелиных сотах или в пористых тканях костей, что затруднительно при других технологиях 3D-печати, даже для DMLS. Размер изделий: до 250мм x 220мм x 200мм. Высота слоя – 50 микрон. Того гляди, скоро можно будет распечатать высококачественный нож, например, с нуля, за пару часов, придав ему любой самый замысловатый дизайн.

Принципиально новое в 3D-печати было недавно создано в США. Коллектив химиков из Масчусетского технологического института и Питсбургского университета, США, создал технологию для синтеза и модификации полимерных материалов «изнутри», путем добавления новых звеньев в середину уже существующих полимерных цепей. Новый метод позволит, к примеру, изменять свойства напечатанных на 3D-принтерах изделий: контролировать их механическую прочность, размер, а также делать их восприимчивыми или невосприимчивыми к изменению

температуры. Многие современные полимерные материалы изготавливаются путем фотополимеризации: жидкий состав помещается в определенную форму и твердеет под действием света. Это происходит из-за того, что мономеры, содержащиеся в жидком растворе или расплаве, соединяются между собой в полимерные цепочки, а затем – в сети, что обеспечивает прочность полученной конструкции. Несмотря на проработанность этих методик, все они обладают общим недостатком: по окончании синтеза материал практически невозможно изменить, то есть удлинить цепочки, ввести в них мономеры с другими свойствами или даже «бесшовно» соединить два образца. Это происходит потому, что после синтеза полимерные цепи оказываются «мертвыми» – неспособными к наращиванию новых мономеров. В новой работе ученые из США создали метод «живой сборки», направленный на решение этой проблемы. Авторы синтезировали гели, вводя в их состав особую функциональную группу – тритиокарбонат (trithiocarbonate, ТТС), который помещался в середине цепи. Под действием катализатора в этом месте удалось создать контролируемый разрыв и нарастить новые мономеры с обоих концов разорванной цепочки, после чего цепи вновь соединились, таким образом сохраняя целостность полимерной сетки. Одной из главных особенностей этого метода стало использование катализатора, который работает только при облучении его светом с определенной длиной волны, благодаря чему весь процесс наращивания можно начать и остановить в любой момент. В качестве теста новой системы ученые использовали несколько разных типов мономеров. В одном случае цепи просто удлиняли, не изменяя их функциональных свойств. Тем не менее, такая модификация отразилась на характеристиках всего материала: он увеличился в размерах, а также стал более мягким. В другом случае авторы добавили особые мономеры, которые при нагревании до определенной температуры резко сворачивались из рыхлого клубка в плотную глобулу, занимая значительно меньше места. Весь материал, модифицированный таким образом, становился восприимчивым к температурному контролю. По словам авторов исследования, одной из основных целей их работы были технологии производства полимерных материалов, в том числе 3D-печать, для которой возможность модификации уже готовых объектов и бесшовное сращивание нескольких деталей позволяет преодолеть существующие ограничения. На данном этапе технология остается больше пригодной для лабораторных условий – использованный фотокатализатор работает только в бескислородной среде. Однако авторы уверены, что в подбор другого катализатора не станет большим препятствием. Предыдущие попытки создания модифицируемых полимерных цепей и сеток были выполнены той же группой авторов, однако они использовали другой механизм. Ученым тогда также удалось добиться определенного контроля над синтезом и наращиванием их системы, однако в процессе образовывались неустойчивые радикалы, которые могли локально разрушать структуру сети, что значительно ухудшало свойства всего образца. В новой работе эту проблему удалось решить за счет более стабильного механизма полимеризации, благодаря чему структура полимерной сетки остается нетронутой даже после нескольких стадий модификации.

9. Солнечные батареи.

Распространенные сегодня солнечные батареи делаются из тонких пластин кремния высокой чистоты. Процесс их изготовления очень энергозатратен, требует температур выше 1000 °С и применения опасных растворителей. Альтернативой кремниевым являются солнечные элементы, состоящие из мельчайших кристаллов перовскита. Эти кристаллы можно смешивать с жидкостью и наносить как чернила или краску на стекло, пластик или другие материалы с помощью струйного принтера. Сделать процесс печати перовскитных солнечных элементов столь же дешёвым и массовым, как тиражирование газет поможет инновация, о которой в журнале Science рассказали инженеры Университета Торонто. Одним из главных препятствий к этому до сих пор был ESL (Electron Selective Layer) – особый слой, служащий для извлечения возбужденных солнечным излучением электронов из кристаллов перовскита. Наиболее эффективные ESL получают из порошкообразных компонентов, спекаемых при температуре выше 500 °С. Для перовскитной батареи на гибкой пластиковой основе или для гибридных перовскитно-кремниевых элементов это неприемлемо – они просто расплавятся. Коллектив под руководством доктора Хайжень Тана (Hairen Tan) разработал химическую реакцию, которая позволяет выращивать ESL из наночастиц в растворе, непосредственно на поверхности электрода. Необходимая для этого температура не превышает 150 °С, что ниже точки плавления многих полимеров. Применяемые наночастицы покрыты слоем атомов хлора, образующих

прочные связи с перовскитным слоем – это помогает извлекать электроны. Для образцов солнечных батарей, изготовленных новым методом, измеренная эффективность составляет 20,1%. Это самый лучший из известных результатов для низкотемпературных методов. Доктор Тан подчеркнул, что КПД перовскитных батарей, изготовленных традиционным способом, не намного лучше: он достигает 22,1%. Максимум эффективности для кремниевых элементов пока не превышает 26,3%. Еще одним преимуществом новой техники является стабильность. Производительность многих перовскитных батарей серьезно ухудшается уже после нескольких часов использования, но образцы с низкотемпературным ESL сохраняли 90% эффективности даже после 500 часов эксплуатации. «С нашим низкотемпературным процессом, мы можем наносить перовскитные элементы на кремний, не повреждая основу, – заявил Тан. – Если гибридный перовскитно-кремниевый элемент сможет обеспечить эффективность 30% и выше, это сделает солнечную энергию намного более привлекательным экономическим предложением».

10. Новые материалы.

Физики из института AMOLF (Нидерланды) и Университета Техаса разработали механический метаматериал, способный смещаться под действием механических нагрузок только в одну сторону и блокировать смещение в другую сторону. Это один из первых примеров системы нарушающей взаимность механических процессов при статических нагрузках. Авторы предполагают, что такие материалы могут найти применение в поглощении механической энергии – от удара или других процессов. Многие физические процессы устроены так, что идут одинаково хорошо как в одну, так и в другую сторону. К примеру, если из точки А можно передать лазером сигнал в точку Б, то и можно передать и обратный сигнал аналогичным лазером. В механике можно обнаружить сходную ситуацию – если под действием нагрузки в точке А системы сместилась точка Б, то обратное действие на точку Б сместит точку А. Такая взаимность процессов может быть нарушена в ряде случаев. Например, работа диода в цепи электрического тока делает невозможным протекание тока в одном из направлений. Похожие устройства существуют для акустических и оптических волн. Как отмечают авторы новой работы, все эти ситуации относятся к динамическим процессам – поля соответствующих сил в ходе эксперимента меняются со временем. Новый материал делает возможным нарушение взаимности в статических условиях постоянной нагрузки. Разработка физиков относится к метаматериалам – средам, в которых свойства определяются в первую очередь структурой, а не химическим строением (выбором веществ). Первый материал напоминал собой по форме скелет рыбы, сделанный из резины. Все «ребра» крепились одной стороной к «позвоночнику», другой – к неподвижным боковым полосам. Ключевым для свойств материала было то, что «ребра» выходили из «позвоночника» не перпендикулярно, а под углом. Когда ученые тянули за «позвоночник» с той стороны, куда были «выгнуты» ребра, материал лишь испытывал небольшую деформацию. В ситуации, когда напряжение прикладывалось к другому концу «позвоночника», ребра выгибались – смещение материала в целом оказывалось значительным. Этот материал можно назвать одномерным. На его основе физики создали еще один подобный материал. По своему внешнему виду он напоминает несколько склеенных между собой ромбов. Как отмечают авторы, в нем разница между механическими свойствами в прямом и обратном направлении еще больше. «Материал в целом ведет себя асимметрично – с одной стороны он очень мягкий, с другой – очень жесткий» – описывает конструкцию Димитриос Соунас, соавтор работы. Напряжение, прикладываемое с мягкой стороны, заставляет квадраты легко крутиться, в результате противоположная сторона почти не смещается. Давление на твердую сторону, наоборот, приводит к сильному смещению мягкой стороны. Среди возможных применений материалов – эластичные элементы для робототехники, протезирования и запасания энергии. Кроме того, подобные среды могут эффективно подавлять вибрации или механическую энергию от столкновений.