

Что с нами будет? Письма ученых о самом важном

Это письмо о солнечных батареях и перовскитах



Привет!

Меня зовут Ольга Ямилова. Я учусь в аспирантуре Сколтеха и изучаю перовскитные солнечные батареи. К этой теме я пришла через факультет фундаментальной физико-химической инженерии МГУ и практику в Институте проблем химической физики РАН в Черноголовке. Там на последнем курсе я как раз начала исследовать солнечные батареи и полимерные материалы для них, а уже в аспирантуре сосредоточилась на теме перовскитных солнечных панелей.

Из чего состоят солнечные батареи, как свет преобразуется в них в электричество, где в России производят и устанавливают солнечные модули и когда от лампочки можно будет заряжать часы? Расскажу в этом письме. Давайте начнем.

Что внутри солнечной батареи и как она работает

Классическая солнечная батарея состоит из нескольких слоев. Главный из них — это активный слой, именно там происходит преобразование света в электроэнергию. В

активном слое находится много электрических зарядов — как положительных, так и отрицательных (+/-). В нейтральном состоянии они расположены попарно и нейтрализуют друг друга. Но как только квант света попадает на такой заряд, он передает ему энергию, которая заставляет положительные и отрицательные заряды «разбегаться» в разные стороны.

Для того чтобы контролировать, куда «бегут» заряды, в солнечной батарее есть еще два зарядово-транспортных слоя, расположенных по обе стороны от активного. По сути, они работают как фильтры: один принимает только отрицательные заряды, а другой — положительные. Ведь когда мы подключаемся к сети, у нас должна быть хорошая разница в напряжении между контактами, которая и возникает как раз из-за того, что на одном проводе находится скопление положительных зарядов, а на другом — отрицательных.

После того как заряды разделились, из зарядово-транспортных слоев они поступают на противоположные слои электродов. Таким образом во всей конструкции возникает разность потенциалов и появляется [электрическое поле](#). Теперь, если подключить металлические контакты к электродам, можно направить ток по проводам и получить электроэнергию.

Какие бывают солнечные батареи и чем они различаются

Главные параметры солнечных батарей — это эффективность, стоимость и стабильность. В связи с этим сегодня ученые во всём мире работают над усовершенствованием солнечных панелей, с тем чтобы сделать их максимально эффективными и стабильными и при этом недорогими.

Всего на данный момент существует три поколения солнечных батарей, которые отличаются друг от друга по активному слою.

Первое поколение — это кремниевые батареи. Сегодня они самые эффективные и стабильные, но и самые дорогие.

Второе поколение — это батареи на основе редкоземельных элементов, например соединения теллура-кадмия или селена-меди-индия-галлия. У них

средняя эффективность и стабильность, при этом они дешевле кремниевых панелей.

Третье поколение — это батареи на основе гибридных материалов. Они обладают самой низкой себестоимостью, но у при этом у них невысокая эффективность и стабильность. Одним из гибридных материалов, которые используются для создания солнечных батарей, является перовскит.

Что такое перовскиты и почему их используют в солнечных батареях

Перовскиты — это материалы со специфической [кристаллической структурой](#). В XIX веке первый перовскит — оксид кальция титана (CaTiO_3) — в Уральских горах обнаружил немецкий геолог Густав Розе. Новый материал ученый назвал в честь российского графа и коллекционера минералов Льва Перовского, который спонсировал исследования Розе. Теперь же перовскитами обобщенно называют все материалы со схожей структурой.

В 2009 году группа японских ученых во главе с Цутому Миясакой впервые использовала перовскиты в солнечных батареях. Причем в их эксперименте ничего не было оптимизировано: например, не были подобраны оптимальные дополнительные слои, но, несмотря на это, результаты оказались многообещающими. [Статья](#), в которой ученые описали свое исследование, уже была процитирована тысячи раз. А в 2017 году Цутому Миясаку даже номинировали на Нобелевскую премию по химии за эту работу.

Материал, который использовали японские исследователи, имел такую же, как у оксида кальция титана, структуру, но другой состав. В целом состав перовскитов для солнечных батарей можно описать формулой ABX_3 , где A — это обычно органический компонент, B — традиционно свинец (Pb) или иногда олово (Sn) и X — это йод (I), хлор (Cl) или бром (Br). В последнее время по поводу свинца идут споры, потому что этот элемент считается токсичным, но на самом деле в солнечной батарее свинца меньше, чем в сервизе, хрусталь для которого тоже делают с применением Pb .

Почему нужна именно такая формула? Тут всё дело в размере атомов и молекул всех используемых веществ: чтобы

сохранялась перовскитная структура, они должны соотноситься по размеру. Если хоть один атом будет слишком большой или слишком маленький, вся структура начнет коситься или вообще распадется. Есть даже специальное соотношение — фактор толерантности, который как раз показывает, исходя из размеров частиц, будут ли они создавать перовскитную структуру.

Именно за счет структуры перовскиты хорошо работают в солнечных батареях. В кристаллах очень эффективно происходит транспорт зарядов, то есть положительные и отрицательные заряды двигаются очень быстро. А чем быстрее они перемещаются и чем легче разделяются, тем выше коэффициент полезного действия (КПД) батареи. Сейчас в перовскитных солнечных батареях рекордный КПД — это 25,5 %. Для сравнения: у обычной кремниевой батареи — 26 %, а у батареек, которые продаются в магазине, — на уровне 20 %.

Кроме того, по сравнению с кремниевыми солнечными батареями у перовскитных моделей легче вес, а также проще и чище производство. Единственная проблема — это стабильность. Перовскитные батареи очень быстро приходят в негодность.

Что не так со стабильностью перовскитов

За счет своего химического состава перовскиты очень чувствительны к любым внешним воздействиям. Влияют на них такие факторы, как кислород, вода, температура, свет и электрическое поле. Например, мы собрали солнечную батарею на перовските с эффективностью 20 %, а через неделю ее КПД может сократиться до 15 %. Причем даже если она не будет работать, а просто где-то полежит. Это плохо. Потому что если вы купили солнечную батарею, установили ее себе на крышу, а через неделю она перестала вам давать столько энергии, сколько должна по бумагам, — это проблема.

Сегодня самые стабильные батареи — кремниевые. За год работы они теряют примерно 1 % от своей изначальной величины. А перовскитные батареи за год могут «умереть» полностью. Поэтому сейчас во всём мире многие лаборатории пытаются стабилизировать перовскитные

материалы, чтобы как-то продлить срок службы солнечных батарей на их основе. Я, например в своей диссертации, исследую способы повысить электростабильность перовскитных материалов в солнечных батареях.

В России кроме нашей лаборатории в Солтехе изучением перовскитных солнечных панелей занимаются еще несколько лабораторий — в Москве, Петербурге и Новосибирске. Этого, конечно, мало по сравнению с количеством исследовательских групп в Китае, Америке и Европе.

Как развивается солнечная энергетика в России

На мой взгляд, Россия в области развития солнечных батарей сейчас отстает от США, Европы и Китая. Во-первых, это связано с финансированием. В нашей стране считается, что если проект не принесет прибыль в течение 5 лет, им лучше не начинать заниматься вообще. В этом плане Европа и США более продвинутые, потому что там не боятся вкладывать деньги в проекты, прибыль от которых ожидается только через 30 и более лет.

Во-вторых, мы зависим от импортного оборудования. Да, у нас есть компании, которые производят солнечные батареи: «Хевел» в Новочебоксарске, «Сатурн» в Краснодаре, «Телеком-СТВ» в Зеленограде, которая делает кремниевые батареи, НПП «Квант», который в советское время производил и продолжает делать галлий-арсенидные батареи для космических аппаратов. То есть заводы существуют, и для наших широт подходят больше именно отечественные батареи, так как производители стараются учитывать особенности климата. Но почти все российские компании работают на зарубежном оборудовании: что случись — есть риск остаться без него и без батарей.

Кроме того, в России тема альтернативных источников энергии всё же пока не так популярна, как в Европе, например, а также на большей части страны не очень хорошие условия для установки солнечных батарей. Поэтому в России если такие батареи и ставят, то в качестве резервного источника питания. Есть примеры использования солнечных батарей в частных домах, но, на мой взгляд, полностью перевести дом на них сложно и затратно. Хотя

существует даже [госпрограмма](#), по которой можно поставить у себя на участке солнечную батарею, подключить ее к общей сети и продавать излишки электроэнергии государству.

Что будет дальше

Сейчас все пытаются повысить эффективность солнечных батарей. Причем это касается не только модулей третьего поколения и перовскитов. Даже кремниевые батареи, которые известны уже 30 лет, всё равно стремятся усовершенствовать. Ученые хотят обойти теоретические ограничения. Например, существует предел Шокли — Квиссера, согласно которому с одной батареи в стандартных условиях нельзя получить КПД более 33 %. Но уже есть идеи о том, как это ограничение преодолеть, одна из них — использовать концентраторы. Например, взять солнечную батарею, а над ней поставить линзы, которые будут собирать свет в узкие пучки, и если такой концентрированный свет направлять на небольшие батареи, то можно добиться повышения эффективности до 40 %.

Еще одно популярное направление — многослойные солнечные батареи. В них свет сначала проходит сквозь одну батарею, часть его преобразуется в энергию, затем остаток света поступает во вторую батарею — и то же самое происходит на третьем этапе. Такая схема помогает повысить КПД вплоть до 50 %. Причем активный слой во всех трех батареях может быть разный.

Следующая идея — использовать технологии печати для производства батарей третьего поколения. Если использовать для этого пластик, то солнечные модули станут гибкими и их можно будет использовать для портативных технологий — например, для одежды с подсветкой или с подогревом, которая будет заряжаться от солнечных батарей у вас на спине. Солнечные панели третьего поколения подходят для этого лучше всего еще и потому, что они самые легкие.

И наконец, третьему поколению батарей пророчат так называемое внутридомовое использование. Здесь суть вот в чем: вы заплатили за электричество, у вас горит люстра, а от света люстры заряжаются, к примеру, часы с солнечной батареей или ваша умная колонка. То есть вы заплатили за электроэнергию один раз, а использовали ее дважды.

Что еще почитать о солнечных батареях

Научно-популярной литературы о солнечных батареях практически нет. Вся литература — строго специализированная. Но я могу посоветовать две книги:

- «[20 конструкций с солнечными элементами](#)» американского специалиста Т. Байерса. Это книга 1988 года, но в ней доходчиво изложен материал на конкретных примерах.
- Для тех, кто заинтересован во внедрении солнечных батарей в свою систему и уже обладает знаниями в проектировании, есть англоязычная книга Петра Геворкяна «[Альтернативные источники энергии в проектировании зданий](#)».
- А также смотрите мое [выступление](#) на Science Slam, где я рассказываю о своем исследовании электростабильности перовскитных материалов.

На этом закончу.

Ольга

Science Bar Hopping — это научный фестиваль, который организуют [Фонд инфраструктурных и образовательных программ \(Группа РОСНАНО\)](#) и [«Бумага»](#). Также мы делаем [научную рассылку](#) и YouTube-шоу [«Заходит ученый в бар»](#).

Вы получили это письмо, потому что подписались на рассылку проекта [Science Bar Hopping](#). Спасибо!

[Отписаться](#)