

ГООУ ДО ЯО Центр детско-юношеского технического творчества

**Тема исследовательской работы: «Создание модели гибкого  
фотоэлектрического устройства (на основе ячейки Гретцеля)»**

Выполнил: Машенков Алексей Сергеевич.

Руководитель, педагог дополнительного образования:

Бахтина Ирина Анатольевна

г. Рыбинск 2023г.

## Содержание:

Цель	3
Категория пользователей	3
Ресурсы	3
Используемые материалы	3
Приборы	3
Характеристика устройства	3
Историческая справка	3
Принцип работы устройства	5
Ход работы	6
Результат	6
Используемая литература	8
Приложение	9

## **Введение:**

В настоящее время перспективным направлением электроэнергетики являются солнечные батареи - один из альтернативных способов получения дешевой и экологически чистой электроэнергии. В некоторых батареях используют гибкую электронику, которая разработана на стыке физики и химии. В ней используют технологии на основе полупроводниковых материалов. Главным преимуществом, является возможность использовать более дешевые и простые производственные процессы, позволяющие существенно снизить стоимость конечного продукта. Имеется возможность использовать ее в моделях, где требуется большая гибкость или динамика. Такие солнечные батареи можно, к примеру, использовать в теплицах для выработки электричества, которое в дальнейшем использовать для освещения растений.

## **Цель:**

Создание модели гибкого фотоэлектрического устройства (на основе ячейки Гретцеля) в лабораторных условиях, способной выдерживать критические температуры

## **Категория пользователей:**

Для всех потребителей энергии, особенно важны гибкие фотоэлектрические устройства в современной жизни сейчас, когда идет борьба за рациональное использование ресурсов и максимальную экологичность используемых материалов, как альтернативный способ получения энергий.

## **Ресурсы:**

Используемые материалы: индий, олово, титан, антоцианы, сажа, скотч, йод.

Приборы: электроплитка, пипетки Пастера, мультиметр, мерные ложки, фен электрический.

### **Характеристика устройства:**

Полученная модель может быть использована для преобразования солнечной энергии в электроэнергию. Созданное в лабораторных условиях фотоэлектрическое устройство гнётся. Выдаёт электрический ток при свете, не выдаёт электрический ток без света. Выдерживает одноминутный нагрев до  $t=50^{\circ}\text{C}$ , выдерживает одноминутную заморозку при  $t=-20^{\circ}\text{C}$ .

### **Историческая справка:**

За основу данной модели были взяты ячейки Гретцеля. Швейцарский ученый, химик, специалист в области фотохимии Михаэль Гретцель изобрёл в 1991 новый тип солнечных ячеек на основе мезоскопических оксидных полупроводниковых частиц с широкой запрещённой зоной, покрытых органическим красителем, прославивших его имя и получивших название ячеек Гретцеля. Изобретение, над которым работал ученый с 70-х годов 20 века, представляет собой выгодную альтернативу дорогим и сложным фотоэлементам на основе кремния (в которых требуется дорогостоящий кремний высокой степени очистки). По сравнению с кремниевыми батареями ячейки Гретцеля относительно простые в устройстве и выполнены из недорогих материалов. Фотоэлементы на основе ячеек Гретцеля более удобны с потребительской точки зрения, чем кремниевые, т.к их можно делать гибкими, и использовать на кривых поверхностях. Это удобно для использования и получения электроэнергии, в необычных местах, допустим на различных конструктивных элементах зданий. К тому же в них использовался новый дешёвый сенсibiliзирующий слой солнечного элемента (dye-sensitized solar cell-DSSC). В нём использовались кристаллики

TiO<sub>2</sub>. В связи с этим, благодаря более высокой эффективности переноса электронов из работы, возбуждаемой светом, мы разработали и синтезировали производное коаксиального красителя для электрода TiO<sub>2</sub> через Si-O-Ti (титан силоксан), содержащий светоотражающий краситель (МК-2, АИДЕКА-1) и удалось достичь связей и более высокого фотоэлектрического напряжения ячейки, чем при использовании значения 12,5% в DSSC, сенсibilизированном красителем карбокси-аналогом, в начале этим красителем был хлорофилл.

Приготовление раствора хлорофилла: помещаем стеклянный сосуд с ингредиентами в водяную баню, когда жидкость начнет зеленеть — это выделяется хлорофилл. После того, как получение хлорофилла закончено, осторожно вытащите листья. Они обесцветились, т.е. весь пигмент, придающий окраску листьям, выделился. Теперь выделенный хлорофилл можно использовать в эксперименте, как было указано выше. Но будьте внимательны! Хлорофилл очень неустойчив на свету и воздухе и через некоторое время приобретет грязно-зелёный цвет. Поэтому использовать хлорофилл после получения следует как можно скорее! Вскоре Гретцель создал первоклассную ячейку. Данная ячейка работала по такому же принципу что и ячейка Гретцеля, но электролит был не жидким, а твёрдым.

Можно создавать структурно прозрачные ячейки, которые вырабатывают электроэнергию на различных диапазонах частот светового потока, даже до инфракрасного. Например, есть возможность встраивания таких элементов, в оконные стекла, достигая двойного эффекта с охлаждением помещений и попутной электрогенерацией. Такие ячейки очень распространены в сельском хозяйстве

Ячейка Гретцеля была удостоена многих наград, в том числе технологии 1000-летия. Именно благодаря своему изобретению, Гретцель стал победителем на «Открытых инновациях», «премии Парацельса» и многих других. Некоторое время назад журнал «Стимул» побеседовал с ученым после вручения ему другой российской премии — «Глобальная энергия». Где ученый был

номинирован «за выдающиеся заслуги в разработке экономичных и эффективных фотоэлементов, известных как „ячейки Гретцеля“, предназначенных для создания недорогих, производительных солнечных электростанций». Есть даже мнение, что это изобретение достойно нобелевской премии.

На вопрос: «почему все же солнечная энергетика?». Ответ ученого, был следующий: «Судите сами. Ежегодный объем солнечной энергии, поступающей на Землю, в сто раз превышает энергию всех мировых запасов — и углеводородов, и возобновляемых источников. Использование всего лишь одной сотой процента этой энергии могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а полпроцента способны полностью покрыть такие потребности на сотни лет вперед. Грех не научиться таким добром пользоваться. Я в своих презентациях всегда привожу высказывание Томаса Эдисона: «Я бы вложил свои деньги в Солнце и солнечную энергию. Какой источник энергии! Я думаю, нам не следует ждать, когда запасы нефти и угля иссякнут, чтобы осознать это». Представьте, великий изобретатель сказал это в 1931 году. Правда, до исчерпания запасов углеводородов еще далеко»(из интервью для журнала «Стимул»).

### **Принцип работы устройства:**

Конструктивно ячейка Гретцеля состоит из пластинки электропроводящего стекла, на которую нанесен слой белил из диоксида титана, являющегося полупроводником. Поверх белил располагается слой специального органического красителя, а к стеклу подведены токоприемники. Особенностью красителя является то, что под воздействием солнечного света он выделяет электроны.

Через слой полупроводника электроны могут двигаться только в одном направлении – к токоприемнику. Таким образом, при достижении порогового

значения количества выделяемых электронов образуется электрический ток, который течет от верхнего слоя ячейки к нижнему.

Когда капают йод в солнечной комнате, то в панели запускается реакция, в которой краситель начинает освобождать электроны. Через слой полупроводника электроны могут двигаться только в одном направлении – к токоприемнику. Таким образом, при достижении порогового значения, количество энергии превращается в электроток выделяемых электронов образуется электрический ток, который течет от верхнего слоя ячейки к нижнему.

Объединив несколько ячеек в одну систему, можно создать на их основе полноценную солнечную батарею.

### **Экспериментальная часть**

#### **Ход работы:**

Сначала я решил сделать проводящий слой. Я решил его сделать из индия. Этот металл очень хорошо гнётся не рассыпается при низких температурах, а также он средне-плавкий, то есть он плавиться при  $t=150^{\circ}\text{C}$ , что является для меня оптимальным решением. Я отмерил на весах 5 грамм. Что бы сделать металл тонким я использовал наклонную поверхность. Сначала я поставил индий на  $t=450^{\circ}\text{C}$ , это нужно, чтобы у меня было больше времени на заливку металла на поверхность. Перед этим мы покрываем наклонную поверхность, специальной плёнкой, которая после нанесения слоя удаляется. После этого мне нужно было нанести светопоглощающий слой. Он состоит из титана, на который наносятся антоцианы. Первым делом нужно нанести слой титана. В него я добавлял слабую кислоту. Полученную смесь я аккуратно наносил на индий, после чего сушил феном в течении 5-9 минут. Далее предстоял главный этап – пропитка антоцианами. Антоцианы – это органические красители и светопоглотители. Их просто нужно нанести на высушенный слой титана на 2 – 3 минуты. Затем зафиксировать антоцианы спиртом. Далее нам остается прикрепить снизу к индию скотч с сажей и

капнуть на титан йодную настойку. Устройство, при наличии света, начнёт вырабатывать электричество.

### **Обзор аналогов:**

Главным недостатком органических батарей является их крайне низкий КПД – всего 10%, тогда как кремниевые варианты обеспечивают по 40-50%. Да и срок службы слоя органического красителя не более 1-2 лет, тогда как кремниевые батареи успешно работают в течение 25-30 лет. Стоимость производства красителя невелика, но пока еще не настолько, чтобы сделать органические батареи более рентабельными, чем кремниевые.

Однако недавно ученые из университета Роуана в США сумели создать аналог такого красителя на основе хлорофилла и других порфиринов – природных солнечных батарей. Причем процесс из получения очень дешев, что вкупе с малой стоимостью титановых белил и электропроводящего стекла позволяет создавать недорогие солнечные батареи.

Теоретически, в улучшенном варианте ячейка Гретцеля легко сможет стать основным источником энергии для солнечных районов планеты. Все ее компоненты стоят весьма недорого и могут быть произведены без использования сложного оборудования. А конструкция самой батареи позволяет монтировать ее практически на любой поверхности и легко модернизировать при необходимости.

### **Результат:**

Данная технология работает. Под действием солнечных лучей выбивается электрон, который соединяется стрийодит ионом ( $KI_3$ ), который диффундирует по полупроводящему слою. Данная реакция запускается при помощи катализатора. В результате эксперимента я выбрал в качестве проводящего слоя металл - индий. Светопоглощающим слоем выступает титан + антоцианы, катализатором реакции будет йод. После тестов, в



которых проверяли созданное устройство, выяснилось, что оно может работать даже при повышении температур до  $t = 50^{\circ}\text{C}$  и понижении  $t = -20^{\circ}\text{C}$ . В экспериментах данные температуры проверялись в течении одной минуты.

Данное устройство размером  $2 \times 0,8$  см. при потоке света диапазоном излучения  $30 \text{ мВт/м}^2$  вырабатывало до  $127 \text{ мВ}$  энергии.

### **Заключение**

В результате экспериментов мне удалось получить запланированное устройство, которое отвечает всем требованиям. Это не окончательный вариант инновационного фотоэлектрического устройства. Я продолжу эксперименты по улучшению устройства и методам введения катализатора. Я уверен в том что моё устройство выгоднее чем закупка электроэнергии ведь стоимость моей батареей всего 40 рублей. Это стоимость 10 киловатт.

## Использованная литература:

1. Проблемы теоретической и экспериментальной химии – XXVIII 3- стр. 307 [https://vk.com/doc555436383\\_512781853?hash=48c759b763705b4173&dl=a7ad2415e9bc4f9b11](https://vk.com/doc555436383_512781853?hash=48c759b763705b4173&dl=a7ad2415e9bc4f9b11);
2. Справочник химика 21 (химия и химическая технология)- <https://www.chem21.info/info/880040/>;
3. Новости солнечной энергетики <https://sun-shines.ru/yacheika-gretcelya/>;
4. [www.ria-list.com](http://www.ria-list.com);
5. Preparing titanium oxide with various morphologies [https://vk.com/doc555436383\\_513522718?hash=1c015fb4021f8bde75&dl=56bb90f0c315ffa7a3](https://vk.com/doc555436383_513522718?hash=1c015fb4021f8bde75&dl=56bb90f0c315ffa7a3)
6. ChemComm [https://vk.com/doc555436383\\_514286972?hash=3416bdf09334e0883e&dl=a69f2655b9e034e458](https://vk.com/doc555436383_514286972?hash=3416bdf09334e0883e&dl=a69f2655b9e034e458)
7. <https://patents.google.com/patent/US5801212A/en>
8. <https://www.nist.gov/>; <https://www.nist.gov/>
9. <https://www.hisour.com/ru/dye-sensitized-solar-cell-39656/amp/>
10. <https://www.expresscomputer.in/news/iit-hyderabad-develops-low-cost-eco-friendly-solar-cells-using-kumkum-dye/38319/>