

УДК 620.92

**ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА  
PHOTOCATALYTIC HYDROGEN PRODUCTION METHOD**

М.Б. Макеева, П.А. Перехвал

Научный руководитель – В.В. Янчук, преподаватель-стажер

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

yanchuk@bntu.by

M. Makeeva, P. Perekhval

Supervisor – V. Yanchuk, assistant professor

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

**Аннотация:** Одним из решений проблемы нестабильного производства электроэнергии является хранение солнечного света в форме химической энергии, в частности, путем использования солнечного света для производства водорода. Эффективное фотокаталитическое разделение воды обеспечивает возможность преобразования возобновляемой энергии без промежуточных преобразований в энергию химических связей, в отличие от традиционного способа преобразования солнечной энергии в электроэнергию, и затем получения водорода в электролизерах.

**Abstract:** One solution to the problem of unstable electricity production is to store sunlight in the form of chemical energy, in particular by using sunlight for hydrogen production. Effective photocatalytic water splitting make renewable energy conversion into chemically fixed energy possible without intermediate transformation. By contrast with traditional method of converting solar energy into electricity and then electrolytic hydrogen production.

**Ключевые слова:** фотокаталитический метод получения водорода, прямое разделение воды, водородный накопитель энергии, возобновляемые источники энергии, водород.

**Keywords:** photoelectrochemical hydrogen production, direct water splitting, hydrogen energy storage, renewable energy sources, hydrogen.

**Введение**

С развитием возобновляемых источников энергии острым остается вопрос согласования графиков производства и потребления энергии, поскольку график выработки энергии такими источниками в большинстве случаев непредсказуем. То же относится и к солнечной энергетике. Для надежной работы энергосистем с большой долей альтернативных источников энергии требуются накопители энергии значительных емкостей. Говоря о солнечной энергетике, стоит обратить внимание на водородные системы аккумулирования энергии, которые, хотя и имеют некоторые недостатки, достаточно конкурентоспособны по сравнению такими распространенными системами, как, например, электрические аккумуляторы.

Давно известен способ получения водорода за счет солнечного излучения с применением фотоэлектрических батарей. В последнее время также развитие

получил метод прямого разделения воды на водород и кислород без промежуточного преобразования излучения в электрическую энергию – фотокаталитический метод получения водорода. Рассмотрим подробнее метод и последние достижения в этой сфере.

### Основная часть

В 1972 году впервые был получен положительный результат прямого разделения воды на водород и кислород с минимальной эффективностью. При фотокаталитическом получении водорода вода разделяется на водород и кислород под воздействием солнечного излучения на специальных полупроводниковых материалах, которые называют фотокаталитическими. Полупроводниковые материалы, используемые для фотокаталитического разложения воды аналогичны материалам, применяемым при фотоэлектрическом производстве электроэнергии. Только, при прямом разделении воды, полупроводниковые пластины погружаются в водный раствор электролита, а солнечный свет активизирует процесс разделения воды.

Затем, в 2015 году был достигнут КПД более 14 % [1], что было мировым рекордом в то время. Верхний антикоррозионный слой был заменен слоем кристаллического диоксида титана, который не только обладает превосходными антибликовыми свойствами, но и «прилипает» к частицам катализатора. Кроме того, также используется новый электрохимический процесс для получения наночастиц родия, которые служат для катализа реакции расщепления воды. Эти частицы имеют всего десять нанометров в диаметре и, следовательно, оптически близки к прозрачным, что делает их идеально подходящими для работы.

При моделировании солнечного излучения ученые достигли эффективности 19,3 % в разбавленном водном растворе хлорной кислоты и 18,5 % в электролите с нейтральным pH.

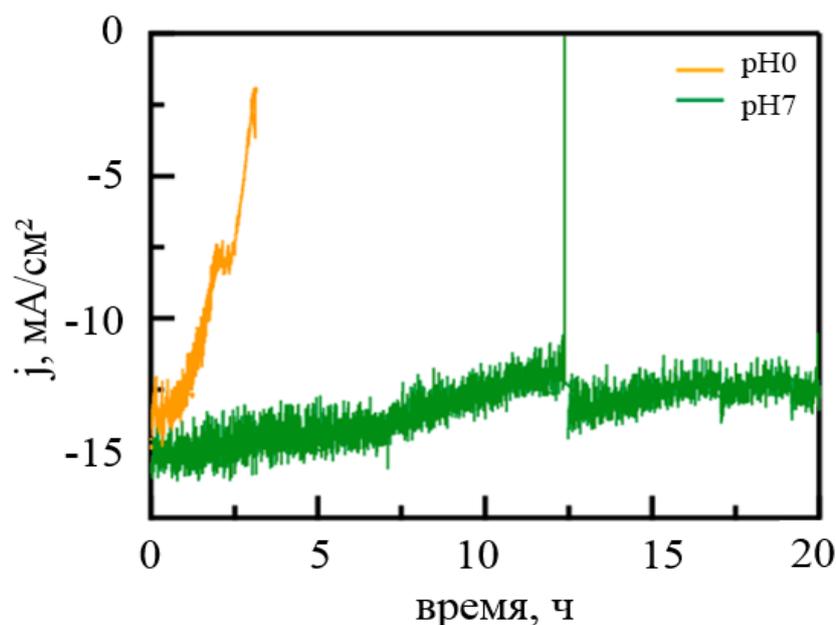


Рисунок 1 – Измерения стабильности для кислого и нейтрального pH [2]

Эти цифры приближаются к 23 % теоретической максимальной эффективности, которая может быть достигнута с внутренними электронными свойствами для этой комбинации слоев. На рисунке 1 представлен график стабильности для кислого и нейтрального pH

Из графика видно, что плотность фототока уменьшается со временем для кислых pH, в то время как плотность фототока остается стабильной в растворах с нейтральным pH. Также тесты показывают, что плотность фототока устройства в кислом электролите снижается до низких значений в пределах 3 часов. Однако в электролите с нейтральным pH наблюдается стабильность в течение 20 часов. Работа устройства при pH 7 дает высокую эффективность и в то же время остается стабильным в течении более длительного периода времени. На рисунке 2 представлена упрощенная схема структуры элемента.

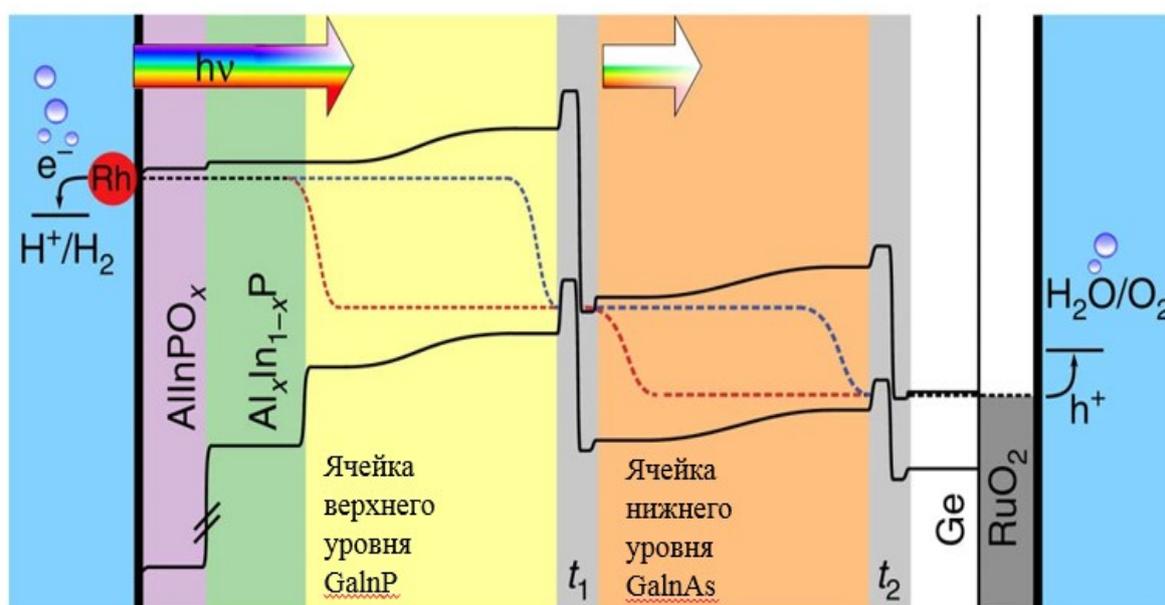


Рисунок 2 – Схема устройства [1]

Срок службы удалось продлить до 100 часов [2]. Это большой шаг вперед по сравнению с предыдущими системами, которые подвергались коррозии через 40 часов. Специально разработанные тандемные элементы для прямого солнечного разделения воды имеют потенциал для достижения эффективности, превышающей 20 %. Одно из направлений исследований – выбор лучшей ширины запрещенной зоны для двух поглотителей.

Если использовать сочетание запрещенной зоны данного тандемного фотоэлектрода и максимальной плотности тока для получения водорода, не учитывая потери из-за эффективности внешнего излучения, можно рассчитать предельную эффективность. Для тандемного фотоэлектрода это значение составляет 22,8 % [2].

### Заключение

Метод прямого разделения воды на водород и кислород без промежуточного преобразования излучения в электрическую энергию показал лучшие данные об эффективности, чем традиционный метод с фотокаталитическими пре-

образователями и электролизерами. При моделировании удалось приблизить теоретическую эффективность к рекордным 23 %, что указывает на перспективность дальнейшего развития установок без необходимости промежуточного преобразования излучения в электроэнергию.

### Литература

1. May M. M. et al. Efficient direct solar-to-hydrogen conversion by in situ interface transformation of a tandem structure //Nature Communications. – 2015. – Т. 6. – №. 1. – С. 1-7.
2. Cheng W. H. et al. Monolithic photoelectrochemical device for direct water splitting with 19 % efficiency //ACS Energy Letters. – 2018. – С. 1795-1800.