

**Abstract**

Recently it has been preferred packaging of corrugated cardboard and cardboard. Although the material of the packing will be made depending on the product that will be in it, and its characteristics. Nowadays the most common packaging material is cardboard. Notable among different types of this material is corrugated paperboard profile (corrugated cardboard).

Modern printed packaging products are made from various grades of paper and paperboard. Great demand today is cardboard and corrugated packaging quality, primarily because consumers pay attention to the type of packaging.

To ensure proper packaging of products, it is necessary to analyze the materials and the type of required packaging products and manufacturing quality control stages. Such quality control can eliminate potential problems in the manufacturing process with minimal losses.

After considering the method of manufacturing of corrugated cardboard in this paper was built a block diagram of the process of manufacturing three-layer corrugated board and developed an algorithm for the process of manufacturing of corrugated cardboard packaging. Proper tracking of each stage of the manufacturing process allows us to determine what quality may suffer in the future, and to find the optimum how to fix this.

**Keywords:** corrugated cardboard, packaging, quality control

Чистий водень широко використовується в аналітичному, екологічному приладобудуванні. Водень є необхідної складовою для роботи, полум'яно-іонізаційних детекторів і газоаналізаторів, хроматографів. В публікації розглядаються принципи побудови генераторів чистого водню з застосуванням твердого полімерного електроліту. Електролізери з твердим полімерним електролітом - це нове покоління обладнання для проведення електрохімічного процесу

Ключові слова: приладобудування, хроматограф, полум'яно-іонізаційний детектор, водень, газоаналізатор, генератор, електролізер

Чистый водород широко используется в аналитическом, экологическом приборостроении. Водород является необходимой составляющей. В публикации рассматриваются принципы построения генераторов чистого водорода с применением твердого полимерного электролита. Электролизеры с твердым полимерным электролитом - это новое поколение оборудования для проведения электрохимического процесса

Ключевые слова: приборостроение, хроматограф, пламенно-ионизационный детектор, водород, газоанализатор, генератор, электролизер

УДК 543.271.3

# ГЕНЕРАТОР ЧИСТОГО ВОДНЮ ДЛЯ ПОЛУМ'ЯНО- ІОНІЗАЦІЙНИХ ГАЗОАНАЛІЗАТОРІВ

**В. П. Приміський**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент\*

Контактний тел.: 044-521-64-04, 050-352-82-11

E-mail: avtoeko@faust.net.ua

**А. В. Жужа**

Аспірантка

Контактний тел.: 099-144-44-16

E-mail : allazhuzha@gmail.com

\*Кафедра наукових, аналітичних, екологічних приладів і систем

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

## 1. Вступ

Водень, як технічний продукт широко застосовується в науці, техніці та в багатьох інших галузях промислового виробництва. Водень потрібний при синтезі мінеральних добрив, ядерній енергетиці та ракетних двигунах [1, 2].

Широко застосовується водень і в вимірювальній техніці для живлення полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів (ПІД-метод газового аналізу), хроматографів та інших аналітичних приладів, з допомогою яких визначаються концентрації вуглеводнів у викидах автотранспортних засобів (міжнародні Прави-

ла ЄЕК ООН і нормативи Євро) літаків ( Норми ІКАО), морських і річних теплоходів (Норми MARPOL). Різноманітні аналітичні лабораторії оснащені цими приладами, їх також широко застосовують санітарні та екологічні інспекції. Найчастіше для цих цілей використовують водень в балонах під тиском або водневолужні генератори водню, застосування яких створює вибухонебезпечну обстановку на робочих місцях та труднощі в автоматизації вимірювального процесу, потребує жорстких правил експлуатації балонів, їх безпечного транспортування і зберігання. Актуальним питанням на сьогодні є пошук надійного генератору водню.

**2. Мета**

Джерело водню (генератор) повинно забезпечувати високу чистоту водню надійність в роботі, мати невелику вагу та габарити, спрощене керування та експлуатацію, можливість швидкого переходу в робочий стан і головне - гарантувати безпеку персоналу.

**3. Аналіз електролізерів за схемою та принципом роботи**

*Електролізери з твердим полімерним електролітом*

Таким вимогам відповідає генератор водню побудований на принципі електрохімічного розкладу води з застосуванням твердого полімерного електроліту (іонообмінною полімерною мембраною). Електролізери з твердим полімерним електролітом (ТПЕ) це нове покоління обладнання для проведення електрохімічного процесу, яке прийшло на зміну воднево - лужним електролізерам [3, 4].

Електролізери з ТПЕ відрізняються від традиційних воднево - лужних , низькими енерговитратами (для 4,3 - 4,5 квт. год. на 1 м<sup>3</sup> водню), меншими габаритами, високою чистотою водню. При електролізі з ТПЕ в якості початкового реагента використовується деіонізована вода, що забезпечує високу ресурсність та простоту експлуатації. Електрофізичні характеристики полімерних матеріалів, дають можливість при виконанні визначених умов, застосовувати їх в електролізному процесі в якості твердого полімерного електроліту. Ці полімерні мембрани повинні мати такі характеристики :

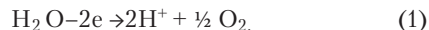
- високу механічну стійкість;
- еластичність;
- низьку газову проникливість;
- низький опір;
- хімічну та електричну стабільність;
- подовжений ресурс роботи при щільностях струму більше 1 А/см<sup>2</sup>;
- 100% катіонну провідність.

В цьому проекті для одержання водню передбачається використовувати мембрану, синтезовану на основі високополімерних смол, до складу яких входять фторовані сульфокислоти. По ряду властивостей така мембрана близька до тефлону, а при набуханні в воді вона еквівалентна 10 % сірчистій кислоті. Набухла у воді мембрана стає проникною для гідратованих іонів водню.

Особливістю електролізерів з ТПЕ, є те, що в них між електродами (колекторами) в якості електроліту використовується мембрана товщиною всього 0,2 мм на сторонах якої нанесені високодисперсні електрокаталізатори (ЕК) катодного і анодного процесів. Електрокаталізатори контактують з тонкими колекторами струму, виготовленими з пористого титану. Така щільно упакована конструкція є одне ціле і називається мембранно - електродним блоком (МЕБ), який і являється основним елементом електролізної чарунки.

В якості початкового реагента в електролізерах з ТПЕ використовується деіонізована вода, яка подається в анодну камеру електролізера. Далі вода проходить

через пори колектора струму і попадає на анодний ЕК, де проходить реакція :



де e - заряд електрона іони водню H<sup>+</sup> переносяться через ТПЕ на катодний ЕК під впливом електричного поля міжелектродного потенціалу, але іони водню гідратовані і переміщуються до катоду разом з молекулою води в вигляді іону гідроксонія H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. На катодному ЕК протікає реакція



Утворений водень через пори колектора струму виходить в катодну камеру електролізера. Таким чином кисень утворюється на одній стороні мембрани, а водень - на другій схематично процес, який протікає на межі системи: мембрана - електрод, приведено на рис.1

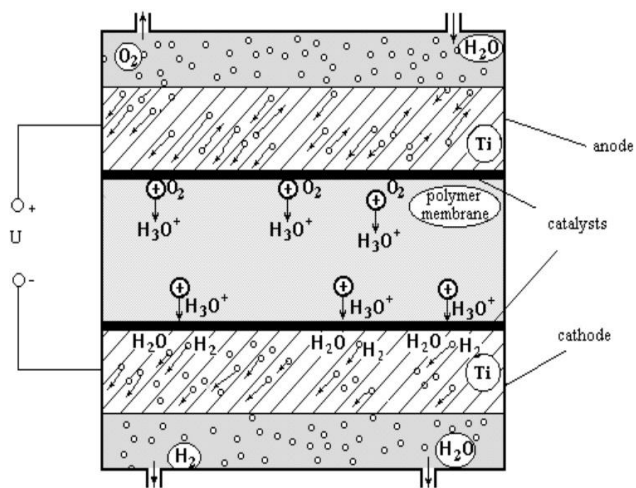


Рис. 1. Схема процесу мембрана-катод

Висока механічна стійкість та низька газопроникливість ТПЕ разом з каталітичними якостями електродів забезпечує повне подавлення взаємної дифузії отриманих газоподібних продуктів (H<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>), безпеку роботи електролізера. Слід нагадати, що в водно-лужних електролізерах розподільча діафрагма між катодною і анодною камерами виконана із матеріалу, який має високу газопроникливість, що і є джерелом підвищеної вибухонебезпечності цих електролізерів [5-6].

**4. Формування цілей та задач**

Загалом можна відмітити такі основні переваги електролізерів ТПЕ :

- високу ступінь розвиненості поверхні електрокаталізаторів ;
- малу відстань між електродами 0,1...0,2 мм;
- низький опір електроліту ≈ 10-20 ом/см;
- відсутність додаткової сепарації газів;
- низькі омичні втрати між електродами;
- високу енергетичну ефективність, що дозволяє вести процес при щільностях струму 1-2 А/см<sup>2</sup> (в водно-лужних - ця цифра становить 0,2 - 0,3 А/см<sup>2</sup>);

— питомі затрати становлять 4,3 - 4,5 квт год. на виробництво 1 м<sup>3</sup> водню (в водно -лужних - 5,6 квт. год. на 1 м<sup>3</sup> водню) ;

— можливість одержати водень на виході під тиском безпосередньо, без додаткових енергетичних затрат;

— відносно малі габарити і маса в перерахуванні на об'єм генерованого Н<sub>2</sub>.

Ці і ряд інших переваг дозволяють застосовувати електролізні системи з твердополімерним електролітом як в області промислового виробництва й енергетики , так і в ряді інших областей.

Ціллю даної статті є задача знайти генератор водню, який би мав переваги в автоматичній стабілізації масового видатку та тиску водню, високий ступінь чистоти водню та безпечну роботу.

Для вирішення цієї мети, розглянемо функціональну схему і принципи побудови генератора водню.

Функціональна схема подана на рис.2 [7-8].

Одержання водню відбувається в такий спосіб. Вода з ємкості С через клапан YA і деіонізатор D надходить на електролізний модуль SPE, у якому відбувається розкладання води на водень і кисень за реакціями, які описані вище. Кисень, що утворився на аноді, захоплюючи воду, надходить знову в ємкість С, далі в атмосферу. Водень, що утворився на катоді, захоплюючи воду, пройшовши через сепаратор катодних продуктів SC, де відбувається відділення краплинної вологи, термовисувач HD, де відбувається попередня осушка вологого водню, і через пристрій очищення SD, де відбувається фінішна глибока осушка й очищення від мікродомішок, надходить на вихід до споживача.

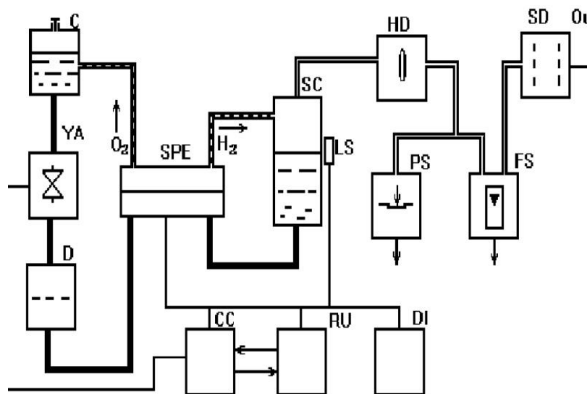


Рис. 2. Функціональна схема генератора водню:

S - ємність для води , що живить; YA - електромагнітний клапан; D - деіонізатор; SPS - електролізний модуль; HD - сепаратор катодний; LS - датчик рівня; HD - термоосувач; SD - сорбційний осушувач; PS - датчик тиску; FS датчик витрати; CC - регулятор струму; RU - блок керування; DI - дисплей

Електричне живлення електролізного модуля SPE здійснюється регулятором струму CC. На дисплеї D відображається інформація про тиск, витрат та сервісна інформація. Керує і контролює роботу генератора пристрій керування YA.

Як відзначалося вище, з анода на катод разом з іонами водню переноситься вода, що згодом накопичується в сепараторі SC. Коли вона досягне визначеного рівня, спрацює датчик рівня LS і через пристрій керування клапан YA перекриває по-

дачу води , що живить анод. З цього моменту живлення модуля SPE водою відбувається за рахунок води , що знаходиться в катодному сепараторі, тобто повинен бути здійснений обернений потік води з катода на анод. Цей потік обумовлений різницею концентрацій води в катодній і анодній зонах. Очевидно, умовою нормального ведення електролізного процесу в цьому випадку є постачання води з катода на анод у такій кількості , щоб компенсувати витрати води на виробництво кисню і водню і компенсувати потік води, який виноситься з анода іонами Н<sup>+</sup> . У протилежному випадку відбудеться ефект "сушки " мембрани, підвищення її опору, погіршення електро - фізичних характеристик, аж до припинення процесу електролізу. Отже мембрана повинна мати високу дифузійну спроможність для води. За умови рівності прямого й оберненого потоків води можна розраховувати теоретичну щільність потоку, при якому почнеться висушування мембрани. Її розмір для різних типів мембран коливається в межах 1,2...1.5 А/см<sup>2</sup>. У якості робочих щільностей потоку в електролізних модулях із катодною й анодною подачею води варто вважати значення 0,5...0,7 А/см<sup>2</sup>.

Для ведення електролізу потрібна дуже чиста вода, тому що іони важких металів , що знаходяться у воді, в процесі електролізу, створюючи малорозчинні з'єднання й накопичуючись у тілі мембрани і на її поверхні можуть призводити до появи в ній мікророзривів, блокування обмінних груп у мембрані, закупорці пір електродів. Це призводить до зниження виходу по струму, збільшення напруги на електролізному модулі й утруднення при відводі газових продуктів із зони їх утворення. Таким чином, для довгострокової роботи твердо полімерного електролізера без погіршення його технічних характеристик необхідна очищена від іонів вода - деіонізована . Крім того всі трубопроводи і деталі пристроїв, що стикаються з водою повинні виконуватися з чистої пластмаси або з корозійностійких металів, наприклад, титану. Для додаткового очищення води в схемі генератора встановлений деіонізатор D.

Електролізний модуль SPE являє собою суцільну конструкцію з чотирьох чарунк, електрично послідовно сполучених між собою. Виходи газових продуктів кожної чарунки сполучені паралельно. Продуктивність модуля визначається законом Фарадея і залежить від кількості чарунк, розмірів їхньої робочої площі й обраної щільності струму.

Регулювання і стабілізація встановлених розмірів витрати і тиску водню здійснюється автоматичним регулятором струму за допомогою датчиків витрати FS і датчика тиску PS.

Безпека забезпечується, по-перше, тим, що, як указувалося вище, водень і кисень фізично розділені між собою , по-друге, водень виробляється тільки тоді, коли він споживається - тобто він ніде не накопичується, у третіх, дуже малими обсягами елементів і пристроїв, установлених по тракту водню, у четвертих , здійсненням постійного контролю за відпливом водню і його тиском і подачею попереджувального і блокуючого сигналів. Сигнал відпливу утворюється порівнянням розмірів витрати вироблюваного (його точне значення визначається за законом Фарадея ) і вимірюного на виході генератора. У випадку розбіжності цих розмірів робота генератора водню припиняється автоматично.

Обсяг ємкості для утримання води, що живить, розрахований на 30 - добовий режим безупинної роботи без доливання води.

На основі твердополімерних елекролізерів і по розглянутій функціональній схемі налагоджено випуск промислових генераторів водню. Генератор водню українського виробництва «Градент» (www.analytica.com.ua) має такі технічні характеристик генератора водню наступні табл. 1.

Генератор чистого сухого водню "Градент" призначений для газового живлення, газоаналізаторів та інших аналітичних приладів. Водень в генераторі виходить шляхом розкладання бидистиллированной води на твердому електроліті з подальшою (каталітичний реактор і композиція сорбентів) очищенням і осушенням газу.

Заправка генератора проводиться бидистилірованою водою (з баку об'ємом 1 л отримують 1000 л водню) і допускає долівку води в процесі роботи. Обслуговування генератора полягає в регенерації патроноподібних осушувачів, яка виконується шляхом їх прогріву при температурі близько 200 ° С без продувки протягом 6 - 8 ч. Періодичність обслуговування - 500 год при максимальних навантаженнях. Генератор допускає цілодобову роботу з дозаправкою водою «на ходу». Безпечний, встановлюється в звичайних лабораторних і виробничих приміщеннях.

#### 4. Висновки

Генератор водню побудований на принципі електрохімічного розкладу води з застосуванням твердого полімерного електроліту (іонообмінною полімерною мембраною) має наступні переваги :

- автоматичну стабілізацію масового видатку водню;
- автоматичну стабілізацію тиску водню;
- високий ступінь чистоти водню;
- безпеку роботи;
- уніфікацію функціональних вузлів та конструктивних рішень.

Такі технічні підходи - основа повної серії генераторів водню ультрависокої чистоти різної продуктивності, як для аналітичного приладобудування, так інших сфер застосування.

Таблица 1

#### Технічні характеристики

Чистота виробляється водню (по сухому газу), %	99,9999
Обводненість водню, не більше,	ppm 10
Вихідний тиск водню,	атм 6
Продуктивність за воднем,	л / год 12
Марка виробляється водню	"А"
Габарити, не більше,	мм 185x360x480
Маса, не більше, кг 15	-
Потужність, споживана від мережі, не більше	ВА 250
Електроживлення, В / Гц	220/50
Контроль обводнення	+

#### Література

1. Колачев, Б. А. Сплавы-накопители водорода: справ./ Б. А. Колачев, Р. Е. Шалин, А. А. Ильин М : Металлургия, 1995.
2. Антропов, Л. И. Теоретическая электрохимия / Л. И. Антропов : Высшая школа, 1975.
3. Водородородные свойства. Получение. Справочник. М : Химия, 1989.
4. Primisky V. F. Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides, ICHMS 7<sup>th</sup> Int. Confer. " Abstract of pure hydrogen generatora ". Alushta-Crimea-Ukraine, 2001, 16 - 22. 09.
5. Primisky V. F., Kossonovich F. U. , Cuknova L. A. , kopulova L. I. Hydrogen generator applaing in the gas analysis instrument [primenenenie generatora vodoroda v gasoanaliticheskom priborostroenii]. *Trudu Megdunarodnoj NTK "Vodorodnoe materialovedenie i chimiya yglevodorodnuh anomaterialov"*(Proc.Int.Scient.Technol. Conf. "Hydrogen materials and hydrocarbon's nanomaterials chemie").Sudak,Crimia, 2003. pp.1094.
6. Primisky V.F., Cukanova L.A. Sources of the pure hydrogen[istochniki chistogo vodoroda].*Trudy naychno-technicheskoy konferencii KPI " Pruladobydyvamnya: stan I perspectivu"* (Proc. Scient.Techn.Confer. "Instrument Making: satus and prospects"). Kiev, 2002.
7. Патент 62545 А України, МПК G01N. Пристрій для здобуття водню[Текст]/ Приміський В.П. , Шаталов М.Г. , Коссонович Ф.Ю. , Цуканова Л. А. (Україна). - Бюл. №12, 2003
8. Патент 62544 А України, МПК G01N. Автоматична система виробництва чистого водню [Текст] / Приміський В.П., Шаталов М. Г., Коссонович Ф. Ю., Цуканова Л. А.(Україна). - Бюл. №12, 2003
9. Патент 70050 А України, МПК G01N. Система генерування чистого водню [Текст] / Приміський В. П., Шаталов М. Г., Коссонович Ф. Ю., Цуканова Л. А.(Україна). - опубл. 15. 09. 04, Бюл. №9

#### Abstract

*Pure hydrogen is widely used in analytical and environmental instrument making. Hydrogen is a necessary component for operation of the flame-ionization detectors and gas analyzers, and chromatographs. The article concerns the principles of construction of the pure hydrogen generators using the solid polymer electrolyte. The electrolyzers with a solid polymer electrolyte represent a new generation of equipment for the electrochemical process. The electrolysis module is a solid construction of four meshes; the electrolyte is represented by the membrane with thickness of 0.2 mm, the sides of which are covered with the fine-grained electrocatalysts of*



cathodic and anodic processes. The efficiency of the module is determined by the law of Faraday and depends on the number of meshes, size of their active area and the chosen current density. The regulation and stabilization of the fixed sizes of flow and the pressure of hydrogen are realized by the automatic regulator of current by means of flow sensors and pressure sensors

**Keywords:** instrument making, chromatograph, flame-ionization detector, hydrogen, gas analyzer, generator, electrolyzer

Досліджено вплив низькотемпературного відпалу вихідних монокристалів InSe на фотоелектричні властивості гетеропереходів n-InSe-p-InSe. Знайдено, що максимальне поліпшення фотоелектричних параметрів гетеропереходів n-InSe-p-InSe спостерігається при температурах відпалу 150 – 200°C. Підвищення якості монокристалічних зразків після відпалу підтверджується мультиплетністю спектрів ЯКР, які відображають упорядкування в системі політипії шаруватої структури InSe

**Ключові слова:** шаруваті напівпровідники, гетеропереходи, відпал кристалів, спектри ЯКР, структурні дефекти, фотоелектричні властивості

Исследовано влияние низкотемпературного отжига исходных монокристаллов InSe на фотоэлектрические свойства гетеропереходов n-InSe-p-InSe. Найдено, что максимальное улучшение фотоэлектрических параметров гетеропереходов n-InSe-p-InSe наблюдается при температурах отжига 150 – 200°C. Повышение качества монокристаллических образцов после отжига подтверждается мультиплетностью спектров ЯКР, которые отражают упорядочение в системе политипов слоистой структуры InSe

**Ключевые слова:** слоистые полупроводники, гетеропереходы, отжиг кристаллов, спектры ЯКР, структурные дефекты, фотоэлектрические свойства

УДК 621.315.592:539.143.43

# ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ НА ОСНОВЕ INSE И ЯДЕРНЫЙ КВАДРУПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС В ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**В. А. Хандожко**

Аспирант

Кафедра радиотехники и информационной безопасности

Физический факультет

Черновицкий национальный университет

им. Юрия Федьковича

ул. Коцюбинского, 2, г. Черновцы, 58012

Контактный тел.: (03722) 4-24-36

E-mail: khand@chv.ukrpack.net

**З. Р. Кудринский**

Аспирант\*

Контактный тел.: (0372) -52-51-55

E-mail: zakhar.kovalyuk@gmail.com

**З. Д. Ковалюк**

Доктор физико-математических наук, профессор

Руководитель Черновицкого отделения Института проблем

материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины\*

Контактный тел.: (0372) -52-51-55

E-mail: zakhar.kovalyuk@gmail.com

\*Институт проблем материаловедения

им. И.Н.Францевича НАН Украины

Черновицкое отделение

ул. Ирины Вильде, 5, г. Черновцы, Украина, 58001

## 1. Введение

В современных оптоэлектронных приборах значительную роль играют выпрямляющие структуры с гетеропереходами (ГП). Развитие данного направления электроники требует расширения класса используемых материалов. Как показывают исследования [1-4], слоистые кристаллы группы  $A^{III}B^{VI}$ , типичным представителем которых является моноселенид индия (InSe), являются перспективными материалами современной оптоэлектроники. Во-первых, слабая

ван-дер-ваальсовая связь между слоями данных полупроводников позволяет достаточно легко получать пластины этих соединений любой, вплоть до микронной, толщины с практически идеальной зеркальной поверхностью. Они не нуждаются в дополнительной обработке, и потому с практической точки зрения являются удобными для изготовления ГП. Во-вторых, поверхность этих кристаллов имеет низкую концентрацию дефектов, высокую степень инертности. А главное, что «атомная» гладкость сколотой поверхности позволяет использовать ме-