



BME OMIKK
ENERGIAELLÁTÁS, ENERGIATAKARÉKOSSÁG
VILÁGSZERTE

44. k. 8–9. sz. 2005. p. 40–50.

Energiatermelés, -átalakítás, -szállítás és -szolgáltatás



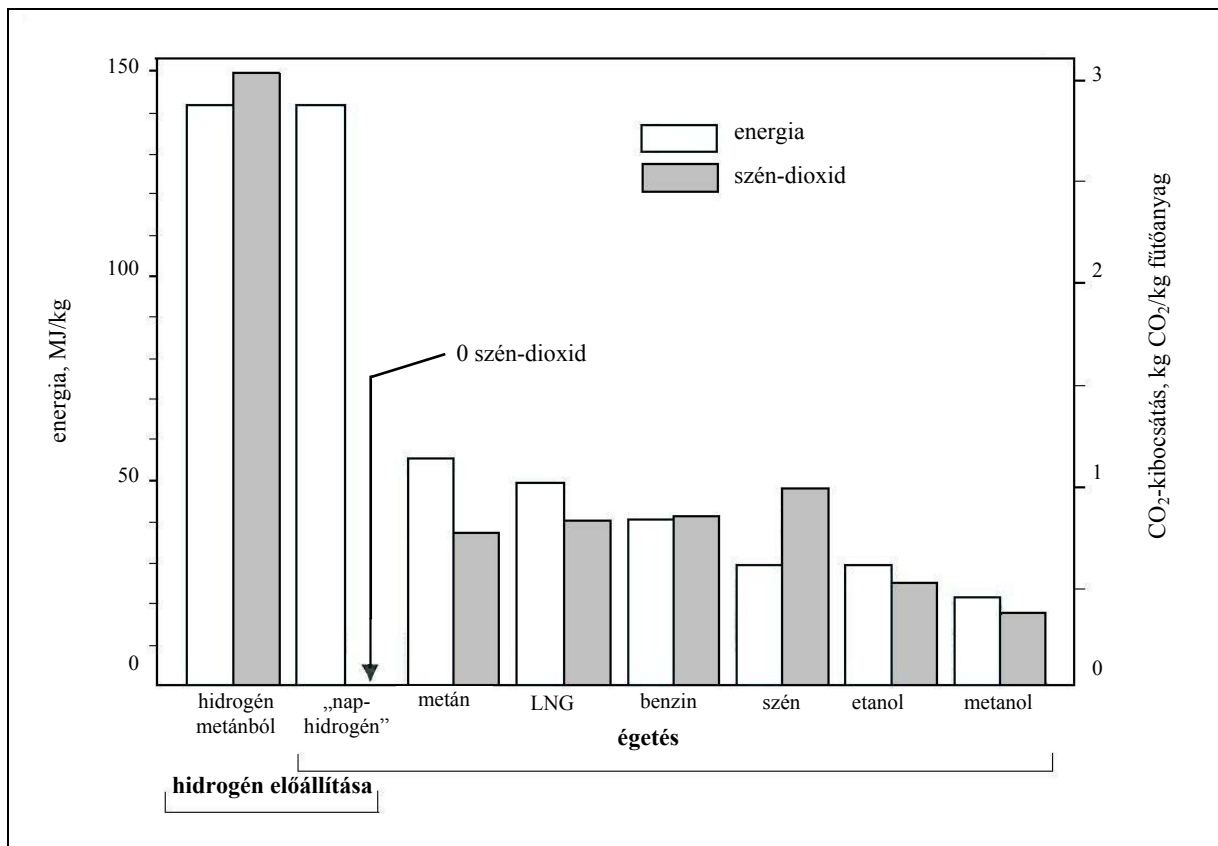
Hidrogén napenergiával – a jövő környezetkímélő energiája

A világ energetikája újabb jelentős korszakváltáshoz közeledik – a hidrogén hasznosítására alapozott harmadik energetikai fejlődési periódus felé. Az egyik legígéretesebb kutatási irány a hidrogén előállítása foto-elektrokémiai úton, napenergiával. Az ezzel kapcsolatos kutatásban az előrehaladást az új fényérzékeny anyagok, és a fotoelektróda-technológiák fejlesztése határozza meg. Az anyagok határfelületeinek viselkedése a fény hatására – ennek az elméletinek tűnő feladatnak a megoldása lesz a kulcsa sok kutató szerint a jövő hidrogénre alapozott gazdaságának.

Tárgyszavak: hidrogén; napenergia; foto-elektroda; töltésátvitel; titán-dioxid.

A világ energetikája újabb jelentős korszakváltáshoz közeledik – a hidrogén hasznosítására alapozott harmadik energetikai fejlődési periódus felé (a szénre alapozott első és az olajalapú második után). Az importált kőolaj és földgáz fokozatos kiváltásával ugyanis talán még elkerülhető az energiára mindinkább ráutalt társadalmakat fenyegető újabb válság. Ma már az utakon is látni olyan személygépkocsik és autóbuszok prototípusait, amelyeket hidrogén hajt – lehetséges, hogy mintegy 15 éven belül

a jelenleg működő benzinkutak egy részét már hidrogén utántöltésre állítják át. A cél a jövő fűtő- és üzemanyagának környezetkímélő (gyakorlatilag szén-dioxid-kibocsátás nélkül – lásd. az 1. ábrát) előállítása, erre a víz napenergiával végzett bontása az egyik legígéretesebb módszer. Ez az összeállítás áttekintést kíván adni az ezzel kapcsolatos alapvető problémákról és kérdésekről, beleértve a hatékony technológia kifejlesztéséig még leküzdendő nehézségeket is.



1. ábra A különféle energiahordozók elégetése kapcsán keletkező energia és szén-dioxid mennyisége

Nem minden hidrogén környezettiszta

Általános az a nézet, hogy a hidrogén felhasználása nem terheli a környezetet, történjék az robbanómotorban való elégetéssel vagy villamos energia előállításával tüzelőanyag-elemben. Az egyetlen melléktermék mindkét esetben a víz. A környezetre gyakorolt hatás vizsgálatakor azonban a teljes életciklust figyelembe kell venni, az előállítástól kezdve a szállításon, tároláson át a felhasználásig bezárólag. A hidrogén – az általános vélekedéstől

eltérően – korántsem minden esetben környezettiszta fűtőanyag, mivel földgázból, szénből, kőolajból vagy biomasszából előállítva melléktermékként szén-dioxid (CO₂) is keletkezik. Amennyiben ezt a CO₂-t a légkörbe juttatják, ezzel a hidrogén felhasználásának teljes környezeti hatása kevésbé kedvező lesz. Ugyanez a helyzet, ha víz elektromos bontásával fejlesztenek hidrogént, mivel az áram termeléséhez is többnyire fosszilis fűtőanyagot égetnek el. Azt is általában figyelmen kívül hagyják, hogy a hidrogén elégetésekor az oxidálószer szinte kivétel nélkül levegő, amelynek kb.

80%-a nitrogén, ezért az ártalmatlan víz mellett nitrogénoxidok (NO_x) is keletkeznek, ez utóbbiak üvegházhatása miatt ez is járulékos környezetszennyezés. Természetesen hidrogén égése során jóval kevesebb NO_x keletkezik, mint például benzin égésekor, de megnyugtató kiküszöbölése csak a hidrogén tüzelőanyag-elemben történő közvetlen felhasználásával lehetséges. Az 1. ábra tanúsága szerint azonban gyökeres megoldást csak a hidrogén közvetlen előállításával hozhatja meg a napenergia „közreműködésével”. E technológia jövőbeni versenyképességét a következő szempontok is alátámasztják:

- a kontinenseken nagy területeket ér bőséges napenergia,
- a foto-katalizátorok (vagy foto-elektrodák) gyanánt felhasználható anyagok előreláthatólag olcsó oxidokból készülnek majd, szemben a drága szilícium vagy vegyérték-kötésű félvezetőkkel,
- a napenergiával működő hidrogénes energetikai egységek könnyen az egyes háztartások igényeihez igazíthatók, ami elősegítheti elterjedésüket.

A napfény energetikai hasznosítására irányuló globális verseny egyébként már meg is kezdődött. Japánban például a Nemzeti Űrkutatási Ügynökség (NASDA) és a Lézer Technológiai Intézet (ILT) kezdeményezésére kidolgozott kutatási program szerint egy a világűrbe telepí-

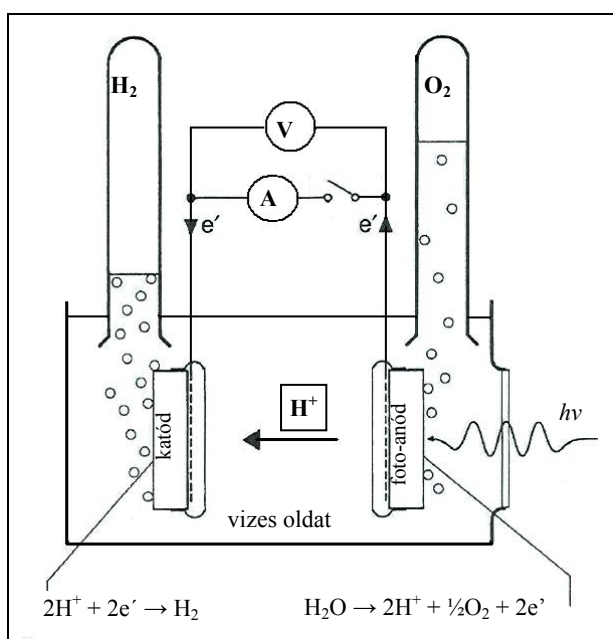
tett berendezésen koncentrálnák a kozmoszban bőségesen rendelkezésre álló napsugárzást, amelyet egy a Földön elhelyezett, titán-alapú elektrokémiai készülékre továbbítanak. A japán szakemberek számításai szerint az így nyert energia 1 liter benzin energetikai egyenértékével megegyező mennyiségű hidrogénné átszámítva körülbelül 20-jára becsülhető. A tervek szerint az első ilyen kísérleti műholdat 2010-ben bocsátják fel, 2020-ra pedig elkészülhet a teljes energetikai rendszer is.

A hidrogén foto-elektrokémiai előállításával kapcsolatos kutatásban az előrehaladást az új fényérzékeny anyagok, és a fotoelektroda-technológiák fejlesztése határozza meg. Tekintettel az erre a célra fordított jelentős K+F-eszközökre, azt is feltételezni lehet, hogy a napenergiás hidrogénfejlesztési technológiát elsőként alkalmazó országok a közeljövőben már energiaexportőrökként is felléphetnek a piacon – kis fantáziával ők lehetnek a jövő „OPEC”-országai.

Hidrogén előállítása napenergiával: a „naphidrogén”

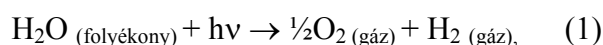
Az elektrolízissel végzett vízbontás napenergia felhasználásával is megvalósítható, állapította meg első ízben 1972-ben két japán kutató. A Fujishima és Honda által kidolgozott koncep-

ciót a 2. ábra szemlélteti. Amikor e kísérlet eredményeit közzétették, még nem számítottak arra, hogy ezzel a jövő technológiáját alapozták meg. Amikor azonban sikerült olyan új anyagokat létrehozni, amelyek növelni képesek a napenergia kémiai energiává alakulásának mértékét, a helyzet gyökeresen megváltozott. Túlzás nélkül állítható tehát, hogy Fujishima és Honda nevéhez a XX. század egyik legnagyobb felfedezése fűződik, amit – sajnálatos módon – csak több mint 30 év múltán kezdenek értékelni.



2. ábra Foto-elektrokémiai cella: a fényenergia hatására lezajló elektrokémiai vízbontási folyamat és a reakciók az elektródákon

A víz fotokémiai reakció kapcsán történő bomlását a következő általános reakcióegyenlet szemlélteti:



ahol $h\nu$ a beeső fotonokat jelöli. E reakció mechanizmusa azonban bonyolult, és több töltésátvitellel is járó részfolyamatra bontható, ezért a hidrogént napenergia segítségével előállító fotoelektromos cella (photoelectric cell, a továbbiakban PEC) kifejlesztésénél célszerű az alábbi utat követni:

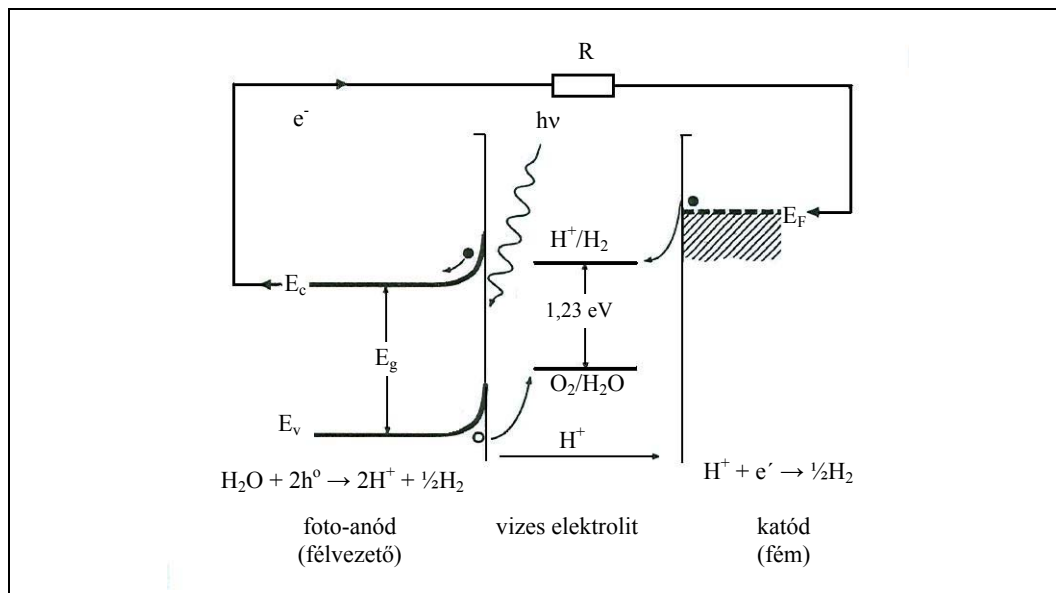
- azonosítani kell a víz elbomlásához, valamint az ehhez kapcsolódó töltésátvitelhez kötődő összes elemi lépést,
- megfelelő tulajdonságú foto-anód és katód beépítésével elő kell segíteni az (1) egyenletben szereplő valamennyi elemi reakció lefolyását.

A PEC alkalmazásával lefolytatott vízbontás során lejátszódó elemi reakciókat az 1. táblázat foglalja össze. A táblázatban láthatóak azok a kutatási célok is, amelyek az adott reakciónak a kívánt irányba tolására irányulnak, valamint az eszközök is e célok eléréséhez. A napenergiával működő hidrogéncellák fejlesztése szempontjából rendkívül fontos a hatékony töltésátvitel megvalósítása a fotoelektromos cella belsejében, köztük:

- az ionos állapotban lévő hidrogén mozgása az elektrolitban,
- az elektromos töltéshordozók átvitele az elektródák között és a külső áramkörön keresztül.

A foto-elektrokémiai hidrogénelőállítás során lejátszódó elemi reakciók.

Reakció	A folyamat leírása	Cél
$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O^*_{(ads)}$	A folyadék vízmolekuláinak (l) adszorbeálása (ads) felületi aktív centrumokban, ami katalitikusan aktív komplexek kialakulásához vezet.	A foto-anódon lezajló vízadszorpció fokozása a folyamat szempontjából aktív centrumok kialakítása útján.
$H_2O^*_{(ads)} \rightarrow OH^-_{(ads)} + H^*_{(ads)}$	A vízmolekula disszociációja a foto-anód felületén.	A vízmolekula disszociációjának serkentése disszociatív bomlást előidéző, felületaktív centrumok kialakításával.
$h\nu \rightarrow \{e' + h \cdot\}_s$	Elektron-lyuk párok képződése a fény hatására a fotoelektród felületközeli (s) rétegében, a félvezető energiasávját meghaladó energiaszinten.	A napenergia optimális hasznosítása a hatékony ionizáció érdekében (kvantumhatásfok) az elektron-szerkezet oly módon való kialakításával, hogy elérhető legyen a kívánatos (~2 eV) energiárés.
$\{e' + h \cdot\}_s \rightarrow h'_s + e'_b$	A fény hatására a felület közelében keletkező töltések elkülönítése, amelynek kapcsán az elektronhiányos helyek (lyukak) a felület (s) felé, az elektronok pedig az anyag belsejébe (b) áramlanak.	Az ionizáció során keletkező töltések hatékony szétválasztása olyan potenciálgradiens létesítésével, amely mellett az energiavesztés minimális.
$OH^-_{(ads)} + h \cdot \rightarrow O^-_{(ads)} + H^+_{(ads)}$	Az OH^- gyökök reagálása (a foto-anód felületénél) a lyukakkal, ami kémiaiadszorbeált O^- és hidrogén-ionok keletkezésével jár.	A reakció irányának jobbra tolása a 3. ábra szerint a potenciáeloszlás beállítása útján, a cellán belüli töltésátvitel maximalizálása érdekében.
$OH^-_{(ads)} + h \cdot \rightarrow O^*_{(ads)}$	A felületi O^- és a lyukak reagálása, atomos állapotú oxigén keletkezésével.	A reakció irányának jobbra tolása az anód felületi potenciáljának beállításával, oly módon, hogy az anód vegyértéksávjára ne érje el az O_2/OH^- energiát, valamint az anód/elektrolit határfelület potenciálkülönbsége minimális legyen.
$O^*_{(ads)} \rightarrow O^*_{(gáz)} \rightarrow 1/2 O_{2(gáz)}$	Az oxigéngyökök szabad tétele (deszorpciója) és ezt követően (gáz) molekulákká egyesülése.	A reakció irányának jobbra tolása az anód felületnél keletkező oxigén hatékony eltávolítása útján.
$H^+_{ads} + H_2O \rightarrow \{H_3O^+\}_a$	Hidroxóniumionok képződés az anód közelében.	A reakció irányának jobbra tolása a hidroxóniumionoknak az anódtól a katód felé való hatékony átáramlásához szükséges potenciálgradiens beállításával.
$(e'_b)_a \rightarrow (e'_s)_c$	A foto-anódban található elektronok (a) átvitele az anyag belsejéből (b) a katód (c) felületéhez (s) a külső áramkörön keresztül.	A töltésátvitel során bekövetkező energiavesztés minimálisra csökkentése az ohmos ellenállás mérséklése útján.
$\{H_3O^+\}_a \rightarrow \{H_3O^+\}_c$	A hidroxóniumionok vándorlása a foto-anód közeléből (a) a katód körzetébe (c).	Hatékony ionátvitel a transzport szempontjából előnyös potenciálgradiens keltése révén az elektrolitban, és olyan cellafelépítés választásával, amely kedvez az elektrolitban lezajló áramátfolyás hatékonyságának.
$\{H_3O^+\}_c \rightarrow \{H^+_{(ads)}\}_c + H_2O$	Hidrogénionok adszorpciója a katód (c) felületén.	Az egyensúlyi pont jobbra tolása a katód felület növelésével és a Helmholtz-rétegben fellépő potenciálkülönbség minimalizálása útján.
$\{H^+_{(ads)}\}_c + e' \rightarrow \{H^*_{(ads)}\}_c$	Az adszorbeált hidrogénionok és az elektronok közötti reakció eredményeként a katód (c) közelében hidrogéngyökök képződnek.	Az elektronok eljuttatása a reakció helyére.
$H^*_{(ads)} \rightarrow (H^*_1)_c$	A hidrogéngyökök átvitele az adszorpció rétegből (ads) az elektrolitba (l) a katód (c) közelében.	A reakció jobbra tolása a katód felületénél képződő hidrogén hatékony eltávolításával.
$2 (H^*_1)_c \rightarrow H_{2(gáz)}$	A hidrogéngyökök egyesülése (gáz) molekulává.	A reakció jobbra tolása a katód felületénél képződő hidrogén hatékony eltávolításával.



3. ábra A foto-elektrokémiai cella áramkörében fény hatására fellépő töltésátvitel sematikus bemutatása

A PEC belsejében lejátszódó töltésátvitelt megvalósító áramkör sémáját és a legfontosabb potenciálszinteket a 3. ábra mutatja be.

A „naphidrogén” előállítására alkalmas anyagok

Tekintettel arra, hogy a félvezető tulajdonságokkal rendelkező oxidok összetételének változtatásával tulajdonságaik és az ezekhez kötődő félvezető jelleg széles határok között módosíthatók, fotoelektrodák céljára ezek az anyagok a legígéretesebbek. Meglehetősen egyszerű technológiákkal feldolgozhatók, ezért gazdasági szempontból is a leginkább figyelemre méltóak. A „naphidrogén” technológiájának fejlesztése új fényérzékeny anyagokat igényel a napener-

giát kémiai energiává alakító fotoelektrodák számára. Mivel a fotoelektrodák költség-megfontolásokból nem egykristályból, hanem többnyire polikristályos anyagokból készülnek, az utóbbiak fényérzékenységet a lokális szinten érintkező határfelületek, köztük a szemcsehatárok külső felületei megfelelő tulajdonságain keresztül lehet befolyásolni. Ebből kiindulva, az új fényérzékeny anyagok kifejlesztésére irányuló munka eredményességét az anyagok határfelületeivel kapcsolatos tudományos és technikai eredmények fogják meghatározni. E kutatások során az egymással érintkező határfelületek tulajdonságai – például a szerkezeti rendellenességek, az elektronszerkezet és az ehhez kapcsolódó félvezető jelleg – megváltoztatásával a fotoelektromos tulajdonságokra gyakorolt hatásokra kell összpontosítani a figyelmet.

A legjobban azok az oxidok lennének alkalmazhatók, amelyek vizes közegben is általában korrózióállóak, és ellenállnak a fény hatására fellépő korróziós hatásnak is. Közéjük sorolható a TiO_2 és a CaTiO_3 , valamint a SrTiO_3 , de fotoelektródák céljára vizsgáltak olyan anyagokat is, mint például az Fe_2O_3 (energiasávjának szélessége: $E_g=2,3$ eV), a GaP ($E_g=2,23$ eV) és a GaAs ($E_g=1,4$ eV) is. Mivel az utóbbiak nem eléggé stabilak, ezek korróziója víz jelenlétében jelentős mértékű lehet.

A legfontosabb kihívások a „naphidrogén” technológiai anyagainak fejlesztésénél

A kritikus alkatrész a fotoelektróda, mivel – az USA Energiaügyi Minisztériuma (DOE) előírásai szerint – a fotoelektromos hidrogéntermelés technológiája akkor lehet versenyképes, ha a fényenergia kémiaiavá való átalakításának határfoka meghaladja a 10%-ot. E követelmény kielégítéséhez azonban az elektróda anyagának a következő, több esetben sajnos egymásnak ellentmondó feltételeknek kellene eleget tennie.

Elektromos viselkedés

- (1) Megfelelő sáv szélesség,
- (2) villamos ellenállás,

- (3) kellő ún. flat band potenciál,
- (4) Helmholtz-potenciálkülbség,
- (5) Schottky-küszöbérték.

Kémiai jellemzők

- (6) Az elektronok kémiai potenciálja (Fermi-féle energia),
- (7) a bomlás által okozott kémiai hatások,
- (8) a belső szerkezeti hibák rendezetlen elhelyezkedése,
- (9) a felületi hibák rendezetlen elhelyezkedése és az ehhez kötődő aktív felületi centrumok,
- (10) a korrózió és a foto-korrózió tűrése,
- (11) fényérzékenység.

Fizikai jellemzők

- (12) Megfelelő szemcseméret az anyag belsőjében,
- (13) a felület morfológiája és méretei.

Mechanikai jellemzők

- (14) Szilárdság,
- (15) keménység,
- (16) törékenység.

Optikai jellemzők

- (17) A fény elnyelése és visszaverése.

Funkcionális szempontból a legfontosabb tulajdonságokat az 1–11. pontok tartalmazzák. E tényezők azonban a fényenergia kémiaiává átalakítását eltérő módon és mértékben befolyásolhatják. A szerkezeti hibák elhelyezkedésének módosítása például csökkentheti a sávszélességet, ami viszont az energiaátalakítás fokozódásához és a megnőtt ellenállás miatt kisebb energiaveszteséghez vezethet. Másfelől viszont a szerkezeti hibák elhelyezkedésének módosítása a (2–7) pontokkal összefüggésben fokozhatja az energiaveszteséget. A felsorolt tulajdonságok és az energiaátalakítás közötti bonyolult összefüggések miatt a „naphidrogénnel” kapcsolatos kutatásokban több tényezőt és változatot egyszerre számításba vevő módszerek, többtényezős modellek alkalmazása szükséges. Az egyes részfolyamatok jelentős atomfizikai és kémiai apparátust mozgató elemzése meghaladja összeállításunk kereteit, de megtalálható az idézett szakirodalmakban.

Költségbecslés, ausztrál tapasztalatok

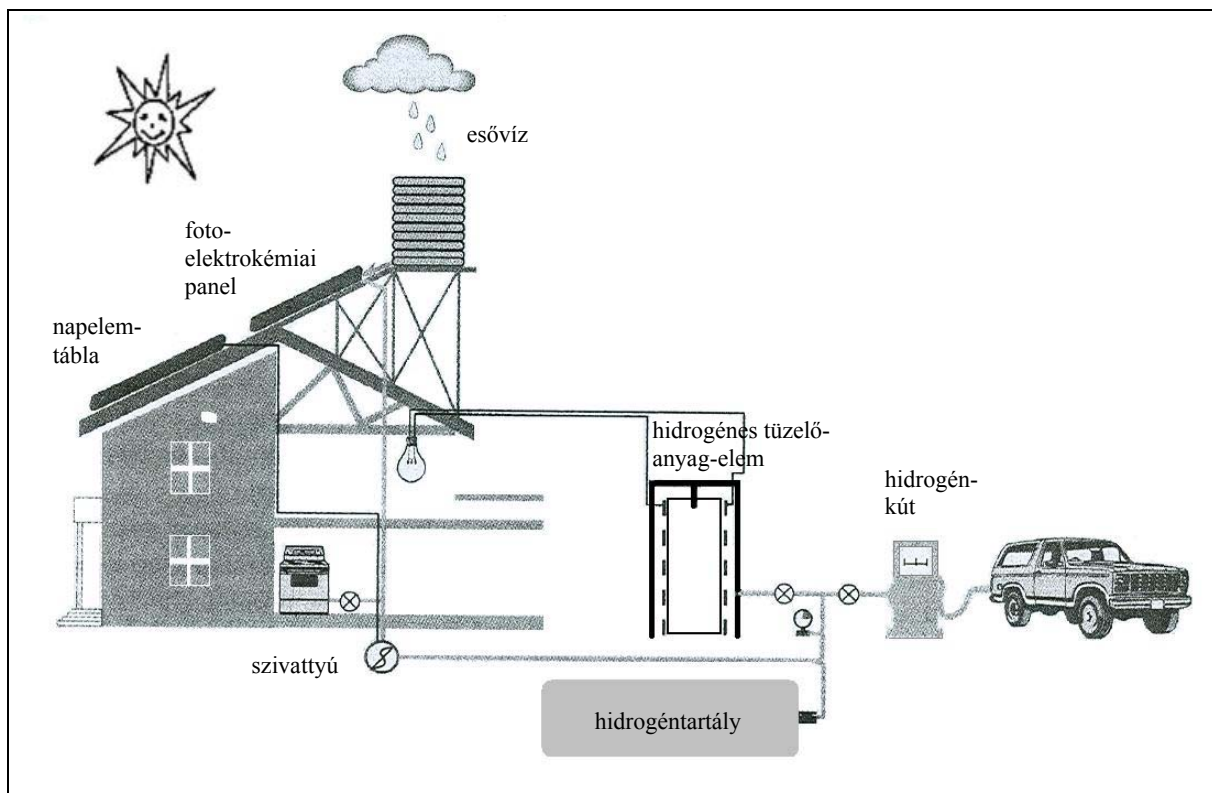
A „naphidrogén” előállításával kapcsolatos ráfordításokra vonatkozóan még alig állnak rendelkezésre ismeretek. A legoptimistábbnak tekinthető prognózist azzal a korábban már említett japán projekttel összefüggésben adták, amelynek keretében a napenergiát egy Föld

körül pályán mozgó berendezés gyűjtené össze. Az így előállított hidrogénből 1 liter benzinnel egyenértékű mennyiség becsült előállítási költsége csupán 20 japán jen, ami átszámítva 5,8 USD/GJ, és közel áll a metánból fejlesztett hidrogén jelenlegi piaci árához. A szakterület egyik úttörőjének becslése szerint ez a költség 28 USD/GJ, a szükséges berendezések gyártásának és karbantartásának költségeit is figyelembe véve. E számot egybevetve a földgázra alapozott, szén-dioxid kibocsátásával járó hidrogénfejlesztési technológia mindössze 6 USD/GJ körüli árával nem éppen biztató a kép. Ha viszont számításba vesszük a környezetszennyezés becsült, körülbelül 33 USD/GJ költségét is, a metánból gyártott hidrogén költsége már 39 USD/GJ. A környezeti költségek beszámításával tehát a „naphidrogén” mindkét alternatív technológiával szemben előnyösebb lehet.

A fenti költségbecslés kapcsán feltételezték, hogy a fotoelektródák viszonylag olcsón előállítható oxidokból készülnek, és az energiaátalakítás hatásfoka eléri, vagy meghaladja a 10%-ot. Hogy az adott területen a költségek tekintetében is jelentős előrehaladást érhessenek el, a hatékony energiaátalakításhoz szükséges új anyagok és tiszta technológiák kidolgozásához a megfelelő kutatási potenciál „kritikus tömegének” elérését lehetővé tevő mértékű nemzetközi összefogásra lenne szükség.

Az Ausztrália, Japán és Dél-Korea által a fenntartható fejlődés megvalósításához szükséges anyagok létrehozására alakított hálózat a maga nemében egyedülálló kezdeményezés a napenergia hasznosításával összefüggő kutatások területén. Ez a csendes-óceáni partvidék (Pacific Rim) élenjáró anyagkutatói centrumait fogja össze, rendelkezik a szükséges szakértelemmel és kutatási infrastruktúrával a célkitűzés megvalósításához. A hálózat vezető kutatói egyetértenek abban, hogy az érintező határfelületek mentén lejátszódó folyamatok ismeretének jelentősége meghatározó jelentőségű a kívánt tulajdonságokkal rendelkező új anyagok létrehozása szempontjából.

Ami Ausztráliát illeti, a Rio Tinto Ltd. bányászati óriáscég és egy helyi vállalat, a Siatlon Ceramics Ltd. támogatja a „naphidrogénnel” kapcsolatos kutatásokat, előbbinek stratégiai érdeke az elszigetelt helyeken található bányák helyi forrásokra támaszkodó energiaellátása. Az általuk megcélzott rendszer sémáját a 4. ábra szemlélteti. Az első ilyen létesítményt egy olyan távol eső körzetben tervezik felállítani, ahol egyébként földművelés, legeltető állattenyésztés és bányászat is folyik. E körzetekbe jelenleg meglehetősen korlátozott mértékben tudnak energiát eljuttatni, a napsütés viszont bőven áll rendelkezésre. Ha sikerülne a fotokémiai paneleket ipari méretekben



4. ábra Hidrogénre támaszkodó tanya sémája, ausztrál kutatók elképzelése szerint

gyártani, egy 40 x 40 km összfelületű „panel-parkkal” fedezni lehetne az ország jelenlegi energiaszükségletét. Ha a legtöbb lakóházat ellátnák ilyen energiaforrásokkal, össze is jöhetne ez a mennyiség. A New South Wales Egyetem által kidolgozott kutatási program az elektródákhoz szükséges fényérzékeny anyagok tekintetében a TiO_2 -ra, alkáli földfémek titánvegyületeire, illetve azok szilárd oldataira és kompozit vegyületeire összpontosítja a figyelmet. A TiO_2 fő hátránya a viszonylag széles energiasáv és az igen nagy villamos ellenállás, ami lerontja az energiaátalakítás hatásfokát. Az egyetem kutatói e problémát a szerkezeti hibákat kémiai úton kezelni képes technológia kifejlesztésével próbálják megoldani. Ennek kapcsán fontos szerepet játszik a szerkezeti hibák megfelelő feltérképezése, valamint a köztük fennálló, illetve az elektronikus szerkezet és a félvezető tulajdonságok közötti kapcsolat milyenségének kiderítése.

Az már világos, hogy a hidrogén hasznosítására alkalmas technológiák jelenleg még többnyire hiányzó szakmai képzettséget igényelnek majd. Erre számítva előbb-utóbb az iskolák és az egyetemek oktatási programjait is módosítani szükséges, ami egyébként a hidrogénre támaszkodó technológiákkal járó általános tudnivalóknak a nagyközönséggel való megismertetése szempontjából is fontos. A New South Wales Egyetem által kidolgozott új ku-

tatási és képzési program az alábbi szakterületeken kínál szakmai karriert az érdeklődők számára:

- az anyagok határfelületeivel összefüggő tudományos és műszaki ismeretek, az elektrokémiai eszközökhöz szükséges anyagokra összpontosítva a figyelmet, mint például a szilárd elektrolitok, az elektródák és a fotoelektródák,
- a TiO_2 és a titántartalmú anyagok hasznosításának tudományos és technológiai alapjai,
- a fényérzékeny anyagok hasznosításának tudományos és technológiai alapjai,
- elektrokémiai és fotoelektromos eszközök műszaki problémái.

Következtetések

A foto-elektrokémiai eszközökön belüli töltés-átvitel és energiaátalakítás szempontjából a határfelületek viselkedése meghatározó jelentőségű, sokkal nagyobb, mint az anyag belsejének tulajdonságai. A félvezető–folyadék határfelületek fizikai és kémiai viselkedése igen bonyolult, a kutatók jelenlegi tudása egyelőre elmarad a szükséges szinttől. A kutatókat eddig általában mesterséges fényforrások alkalmazásával végezték, elsősorban a megfelelő reprodukálhatóság elérése céljából. Azon kevés vizsgálat, amely a mesterséges fényforrások alkalmazásával nyert adatokat a termé-

szetes megvilágítás viszonyaival vetette össze, jelentős eltéréseket mutatott. A gyakorlati alkalmazás szempontjából ezért igen fontos a természetes fényviszonyok közötti viselkedés vizsgálata.

Az oxid-anyagokra alapozott kémiai fényelektromos átalakítók hatásfoka belátható időn belül el fogja érni a megkívánt 10%-os hatásfokot. A gyakorlati alkalmazás hatalmas jövő előtt áll a következők miatt:

- a „naphidrogén” technológiája megújuló energiaforrásra (napfény) és megújuló, illetve szinte korlátlanul rendelkezésre álló nyersanyagra (víz) alapul,
- a hidrogén-előállítási technológia mentes a káros kibocsátásoktól, szemben a metán reformálásával, amely üvegházgázok kibocsátásával jár,
- az így előállított üzemanyag felhasználása is mentes a levegő szennyezésétől,
- a „naphidrogén” felszabadítja gazdaságot a korlátozottan rendelkezésre álló fosszilis

energiahordozóktól, így a széntől, kőolajtól, földgáztól való függés alól,

- a technológia viszonylag egyszerű és olcsó.

Az anyagok határfelületeinek viselkedése a fény hatására – ennek az elméletinek tűnő feladatnak a megoldása lesz a kulcsa sok kutató szerint a jövő hidrogénre alapozott gazdaságának.

Összeállította: Dr. Balog Károly

Irodalom

- [1] Nowotny, J.; Sorrell, C. C. stb.: Solar-hydrogen: Environmentally safe fuel for the future. = International Journal of Hydrogen Energy, 30. k. 5. sz. 2005. p. 521–544.
- [2] Bak, T.; Rekas, M. stb.: Photoelectrochemical hydrogen generation from water using solar energy. = International Journal of Hydrogen Energy, 27. k. 10. sz. 2002. p. 991–1022.

BME OMIKK

LOGISZTIKA

Kéthavonta az egértől a Boeingig.

logisztika@info.omikk.bme.hu • 061/ 457 53 22