

Megbogarasodott a mikroelektronika! 4.

Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, madarasz@3lan.hu

Baktériumokkal működő szenzorok (Folytatás)

A baktériumokat filmszerűen szaporítják, majd egy átlátszó, a fényérzékelő felületét beborító hordozón helyezik el. A baktériumokat rögzíteni kell (immobilisation), ami egy külön kutatási feladat. Ugyanis a baktériumok nem vándorolhatnak el, de életben kell lenniük, ugyanakkor nem szaporodhatnak. Mindezt általában pl. zselés rögzítéssel oldják meg, vagy MEMS-technikával kialakított porózus felülettel.

A mikrobiális bioszenzorokat elsősorban vízminőség ellenőrzésére, a szennyezőanyagok mérésére használják (ivóvíz, különféle szennyvizek, használt ipari vizek, talajvíz stb.). Egy világszerte ismert és alkalmazott készülék a Microtox (21. ábra). A Microtox mérési rendszerét és az első készüléket 1979-ben a Beckman Instruments (Carlsbad, California, USA) cég dolgozta ki. A mérőrendszer kivitele, mérete azóta sokat változott, de az alapelv azonos maradt. A készülék mérőelemében Vibrio Fisheri lumineszcens tengeri baktériumot alkalmaznak, alkalmassá téve különböző anyagok érzékelésére. A jelenleg gyártott változat, a Microtox



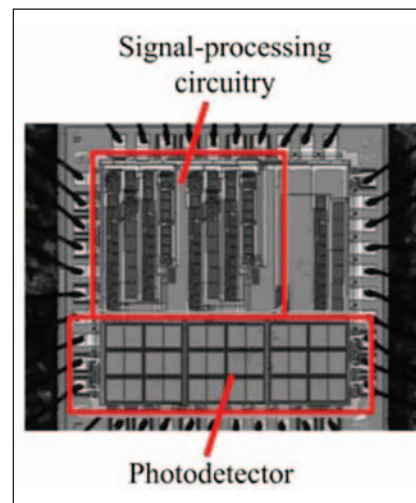
21. ábra

500 már 2700 féle anyag koncentrációjának meghatározására alkalmas.

1984-ben Los Angelesben az olimpiai faluban a vízminőség folyamatos felügyeletére használták, azóta minden olimpián ezzel végzik az ivóvíz real-time ellenőrzését. A készüléket ma már több cég gyártja világszerte. Toxikus anyagok mérésére szolgál, melyek a baktérium-telep kezdeti fényintenzitását folyamatosan csökkentik, a baktériumok elhalása miatt.

A készülék 15 perces mérés alapján kiszámol egy statisztikai értéket. Az anyagfajtának megfelelően előkészített baktériumokat fiolákban tárolják, speciális szuszpenzióban. Egy fiolában kb. 10^8 élő, világító sejt található. A fiolába kell cseppenteni 2,0 ml vizsgált anyagot, a mérés automatikusan történik. Rögzített időközönként a készülék megvizsgálja a szennyezett fiola által kibocsátott fény mennyiséget, és a beépített számítógép meghatározza a szabványos szennyezettségi adatokat. Új mérés indítását követően öt perccel már eredményeket tud adni, amiket későbbi mérésekkel pontosíthat.

A Microtox természetesen nem MEMS-jellegű mérőkészülék, csak a módszer elfogadottságát kívántuk vele igazolni. Több kutatóintézetben azonban mikroméretekben készítenek hasonló mikrobiális szenzorokat. A legtöbb eredményt az OAK Ridge, és annak szellemi hátere, az *University of Tennessee* (Knoxville, Tennessee, USA) publikálták ilyen mérőrendszerekről. A kutatócsoportot a NASA támogatja, mivel ezekre a kisméretű, gyors, reprodukálható eredményeket adó, szelektív mérőeszközökre az űrkutatás során rendkívül



22. ábra

nagy szükség van, pl. az űreszközök ivóvizében, levegőjében levő veszélyes anyagok hatékony kimutatására.

A kutatók a mikrobiális bioszenzort egyetlen összetett kisméretű egységként alakították ki (a teljes mérőegység térfogata kb. 1 cm^3), amit BBIC-nek (Bioluminescent Bioreporter Integrated Circuit, biolumineszcens bioreporter integrált áramkör) neveztek el. A fényérzékelővel együtt az elektronika teljesítményigénye 3 mW. A mérőegység működését egy hosszú élettartamú beépített 3 V-os lítium óraelem biztosítja. Az elektronika (22. ábra) CCD képszenzort és jelfeldolgozó egységet tartalmaz, felülete mindössze $2 \times 2 \text{ mm}$. Az alkalmazott mikroelektronikai technológia $0,35 \text{ \mu m}$ -es vonalszélességű CMOS, azaz hagyományos IC-gyártósoron elkészíthető. A jelfeldolgozó kimenőjele USB illesztőn át vezetékesen, vagy a beépített RF egység segítségével vezeték nélkül is továbbítható.

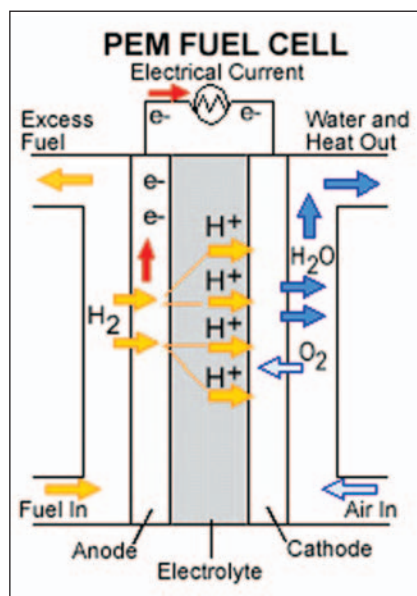
A szenzor nemcsak különféle kémiai anyagok koncentrációját képes meghatározni (pl. ne-

hézsfémek, ammónia, különféle fehérjék stb.), hanem ultrahang vagy UV sugárzás mérésére is alkalmas. A vizsgált anyagféleségnek megfelelő néhány ezer génmódosított baktériumot gélszerű anyagban tárolják, amely biztosítja az életben maradásukat. A baktériumokat tartalmazó kis, lapos tok egyszerűen behelyezhető a mérőegységbe, a fotoérzékelő fölé, így a készülék kezelése nem bonyolultabb, mint egy kémiai tesztelő csík használata.

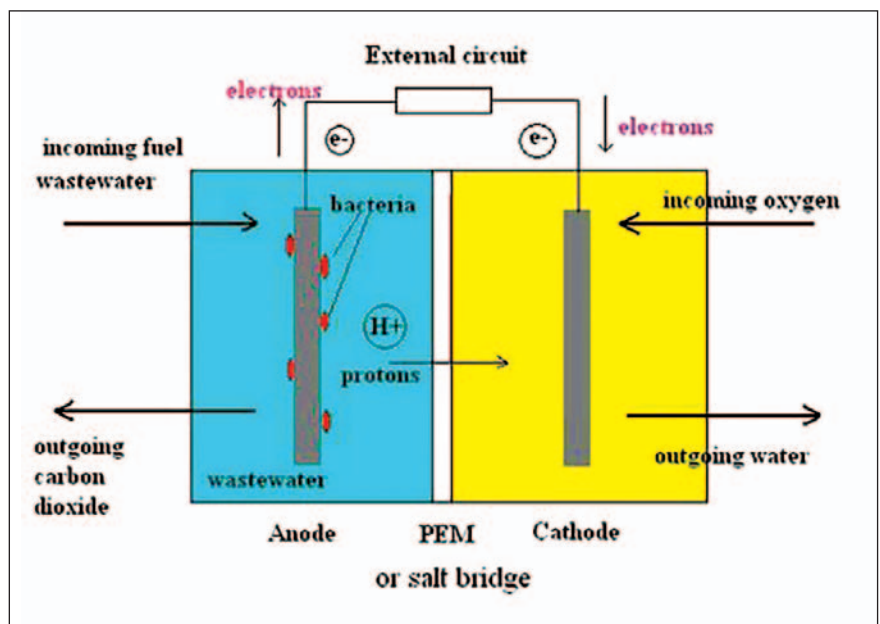
Mikro-tüzelőanyag cella, baktériumokkal

A víz oxigénre és hidrogénre történő elektrolízises felbontásának lehetősége az 1800-as évek óta ismert, az csak 1838-ban derült ki, hogy a fordított folyamat is megvalósítható! William Robert Grove platina-elektrodás vízbontó készüléke az elemek lekapcsolása után egy ideig áramforrásként működött. Megfigyelte, hogy addig temelt villamos áramot a készülék, míg az elektrodák közelében a hidrogén és az oxigén jelen volt. A jelenséget felhasználva rövidesen szabadalmaztatta a feltaláló az új „gázletemet”.

A *tüzelőanyag-elem* (ez a hivatalos elnevezése, a korábbi



23. ábra



24. ábra

üzemanyag-elem vagy üzemanyag-cella helyett) alapváltozata ma is hidrogént és oxigént használ fel (23. ábra). A hidrogén gázt egy speciális kialakítású és anyagú tüzelőanyag-elektroda (fuel electrode), az anód katalizátor támogatásával felbontja elektronokra és hidrogén ionokra. A pozitív ionok az elektroliton keresztül eljutnak a levegő-elektrodához (air electrode), a katódhoz, ott a külső áramkörön keresztül érkező elektronokkal és a levegő oxigénjével vízzé egyesülnek (ezt a folyamatot is katalizátorral támogatják). A katódot azért szokták levegő-elektrodának nevezni, mert többnyire a környezetünkben levő szabad levegő oxigénjét hasznosítják a tüzelőanyag-elemek. Itt is megfigyelhetjük az elektronelvonás (oxidáció) és az elektronbefogadás (redukció) lépéseket, térben elkülönítve. A tüzelőanyag-elem (Fuel Cell, FC) pozitív sarka a katód, negatív sarka az anód. Az áramforrás különlegessége, hogy mindaddig működik (változatlan hatékonysággal), míg a működéséhez szükséges „tüzelőanyagot” megkapja. A hatásfok az anód felületének növelésével fokozható, ezért általában porózus, összetett mikrofelületű ez az

elektróda, így a relatív felülete igen nagy lehet. Katalizátorként többnyire a platínát alkalmazzák. Az egyik jelentős felhasználási terület a járműipar, de épületek, ipari üzemek működtetésére is alkalmazzák, erőművi méretekben.

Ma már a tüzelőanyag-elemeknek számos változata ismert, különböző anyagokkal működtetik ezeket, eltérő a működési hőmérsékletük, az energiasűrűségük is. Az elektrolit is többféle lehet. Több változatban a tüzelőanyag-elem két részre van felosztva (anódkamra és katódkamra), ezek között egy különleges anyagú membrán található. Ez a protonáteresztő membrán (Proton Exchange Membrane, PEM), más néven polimer elektrolit (Polymer Electrolyte), az elválasztó réteg a pozitív hidrogén ionokat csak egy irányban engedi át, az anódkamrából a katódkamrába (az angol betűírást mindkét elnevezésnek megfelel: PEMFC).

Az üzemanyag-elem elkészíthető mikroméretekben is, bár az ilyen áramforrás igen kis teljesítményű (általában néhány mikrowattos). Ezekben a parányi eszközökben különösen fontos, hogy az elektrodák felülete a lineáris méretekhez ké-