



## MIKROELEKTRONIKAI ÉRZÉKELŐK I

**Dr. Pődör Bálint**

*BMF KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet  
és  
MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézet*

### 9. ELŐADÁS

2008/2009 tanév 2. félév

1

## 9. ELŐADÁS: ORVOSBIOLÓGIAI ÉS BIOÉRZÉKELŐK

1. Orvosbiológiai érzékelők általános tulajdonságai
2. Mechanikai, kémiai és nukleáris érzékelők az orvosbiológiában
3. Képképző rendszerek
4. Bioérzékelők általános jellemzése
5. Bioérzékelők működése

Irodalom: Harsányi G. és munkatársai jegyzete 162-174. old.

2

## ORVOSBIOLÓGIAI ÉRZÉKELŐK

Speciális követelményeket támaztató felhasználási terület.

Főbb alkalmazási területek:

Diagnosztikai eszközök, berendezések: pillanatnyi állapot rögzítése, illetve feltérképezése.

Időben folytonos érzékeléses (monitorozás) diagnosztikai eszközök.

Szabályozó körök, érzékelés (megfigyelés) és beavatkozás.

3

## KÖVETELMÉNYEK

Az alkalmazási mód meghatározza az érzékelőkkel szemben támasztott követelményeket.

Élő szervezetbe beépített érzékelő (invazív eszközök)  
Élő szervezetben belüli analízálás/érzékelés (in vivo)  
Élő szervezeten kívüli vett minta analízise a szervezeten kívül (in vitro).

Mások a követelmények a szervezettel mégha csak külsőleg tartósan érintkező érzékelőknél, mint a csak távérzékelőknél.

Mások a követelmények a hosszú ideig megbízhatóan működő fizikai érzékelőknél mint a rövid élettartamú, relatíve instabil kémia és bioérzékelőknél.

4

## ALKALMAZÁSI TÍPUSOK

Nagyműszeres orvosi diagnosztika

Kisméretű orvosi diagnosztikai érzékelő/mérő eszközök, illetve folyamatos monitorizálásra szolgáló eszközök

Közfogyasztású személyi analitikai diagnosztikai eszközök

Klinikai folyamatos működésű in-vivo érzékelők

Tartósan beépített érzékelő (és szabályozó) eszközök

5

## MECHANIKAI ÉRZÉKELŐK ALKALMAZÁSA

Vérnyomás-mérés/pulzusszámlálás (klinikai és személyi/otthoni, illetve klinikai invazív eljárások)

Szemnyomásmérés (tonométer) klinikai

6

## SZEMNYOMÁS MÉRÉSE: TONOMÉTER

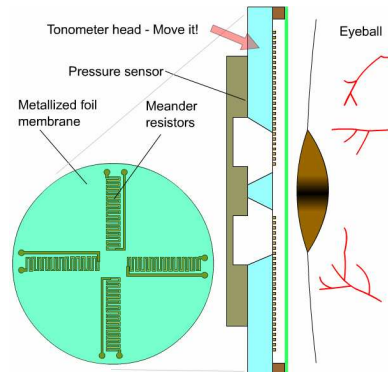
Szemnyomás (IOP, intraocular pressure)  
 Diagnosztikai szerep: glaukóma

Működés: A szemgolyót a szaruhártyánál megnyomva egy adott nagyságú felületen síkfelületűre deformálják, és az ehhez szükséges erőt mérik.

Egészséges embernél 1,333-2 Pa (10-15 Hgmm).

Erőt és felületet (körátmérőt) kell egyidejűleg mérni.

7



8

## KÉPALKOTÓ DIAGNOSZTIKAI ELJÁRÁSOK

Radiológiai, nukleáris, rádiófrekvenciás, és ultrahangos eljárások.

Komputertomográfia (CT): Röntgen sugárzás.

Positron emissziós tomográfia (PET): pozitron-elektron párok megsemmisülésénél keletkező  $\gamma$ -sugárzás.

Mágneses rezonanciás képalkotás (MRI): rádiófrekvenciás sugárzás.

Ultrahang-echo: mechanikai (ultrahang) rezgések.

9

## PET: POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA

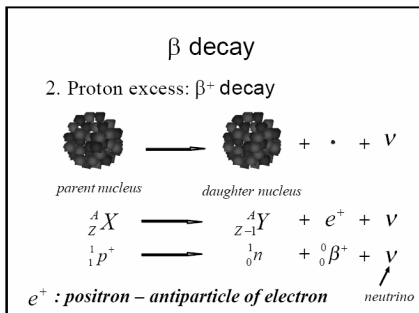
Izotópos diagnosztikai nagyérzékenységű képalkotó eljárás, amely a szervezetbe juttatott pozitronokat kibocsátó anyag segítségével információt ad bizonyos kóros elváltozásokról.

A beadott anyagból (többnyire FDG: fluordeoxiglükóz) kilépő pozitronok elektronokkal találkozáskor szétsugárzódnak nagyenergiájú  $\gamma$ -fotonokká, ezeket egy detektorgyűrű érzékeli.

Metszeti kép: sejtek anyagcseréje, illetve az elváltozások pontos helye meghatározható.

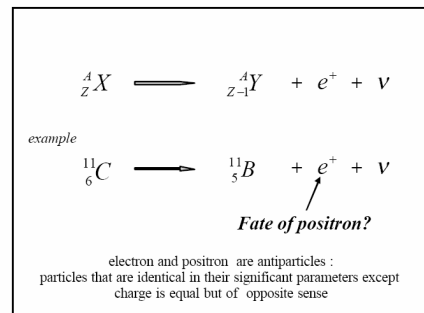
Alkalmazás: orvoslás és kutatás, pl. daganatkeresés, agyműködés feltérképezése, Alzheimer-kór, epilepszia, stb.<sup>10</sup>

## PET: FIZIKAI HÁTÉR



11

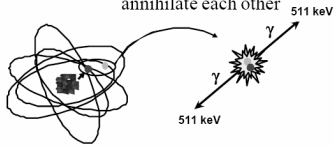
## PET: FIZIKAI HÁTÉR



12

## PET: FIZIKAI HÁTTÉR

**Annihilation** - particle-antiparticle pairs can annihilate each other



The radioisotope emits a positron that interact with an electron


The annihilation of the pair positron-electron generates two photons with 511 keV wandering in 180 degrees

13

## PET: FIZIKAI HÁTTÉR

- Conservation of momentum  
 $\Downarrow$   
 two photons with opposite direction are produced
- Energy balance:  

$$m_e c^2 + m_p c^2 = 2 h \nu$$
*mass - energy equivalence*

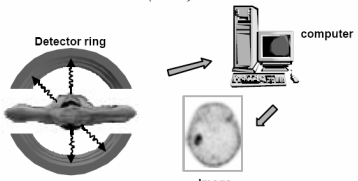


14

## PET: POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA

Medical application of of  $\beta^+$  radiation

*positron emission tomography (PET)*



Detector ring

computer

Image

15

## PET: POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA

Izotópos diagnosztikai nagyérzékenységű képalkotó eljárás, amely a szervezetbe juttatott pozitronokat kibocsátó anyag segítségével információt ad bizonyos kóros elváltozásokról.

A beadott anyagból (többnyire FDG: fluordeozoxiglükóz) kilépő pozitronok elektronokkal találkozáva szétsugárzódnak nagyenergiájú  $\gamma$ -fotonokká, ezeket egy detektorgyűrű érzékeli.

Metszeti kép: sejtek anyagcseréje, illetve az elváltozások pontos helye meghatározható.

Alkalmazás: orvoslás és kutatás, pl. daganatkeresés, agyműködés feltérképezése, Alzheimer-kór, epilepszia, stb.

## PET: TECHNIKAI HÁTTÉR

Szükséges radioaktív izotópok: rövid felezési idők, nem szállíthatók, nem tárolhatók.

Helyszíni előállítás: ciklotron

Magyarország: Debrecen

17

## MÁGNESES REZONANCIÁS KÉPALKOTÁS: MRI

Működési elv: erős mágneses térben (kb. 0,5 T) a protonok (víz!) a mágneses momentumok miatt rendeződnek, majd egy rádiófrekvenciás impulzus hatására magasabb energiájú állapotba jutnak. Az atommagok mágneses nyomatéka csak meghatározott szöveget zárhat be a mágneses térrel (kvantummechanika!), az egyes beállításokhoz más-más energia tartozik. A relaxáció során RF kisugárzás történik, ennek eloszlása a testszövet kémiai összetételétől, elsősorban víztartalmától függ.

Alkalmazás: gyulladáso, daganatos, vagy másképp károsodott szövetrészek felismerése.

Agy és gerincvelő rendellenességei (más módszerekkel nehezen vizsgálható).

18

## MÁGNESES MAGREZONANCIA

A proton-(nukleáris-) precessziós magnetométer a legelterjedtebb skaláris teret mérő eszköz. Fő alkalmazásai: geológiai és geofizikai mérések és feltárások, valamint a geomágneses tér (légi) feltérképezése. Működése fundamentális természeti állandó értékén alapul (proton giromágneses hányadosa, azaz a proton mágneses nyomatékának és spinjének hányadosa)

$$\gamma = (2,6751526 \pm 0,0000008) \times 10^8 \text{ T}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_p = \gamma B$$

(1 Tesla  $\rightarrow$  42,6 MHz).  
Elsődleges standardnak, illetve kalibrációs célokra is használják.

19

## MRI: TECHNIKAI HÁTTÉR

Nagy térfogatban homogén mágneses tér: szupravezető szolenoid, hűtés folyékony héliummal (4,2 K).

Folyékony hélium szállítása, tárolása (1 liter lHe néhány ezer Ft), megfelelő dewaredényben (tipikusan 100 liter), vagy dewartartályban néhány hétig tárolható, He gáz visszanyerése célszerű.

Rádifrekvenciás berendezések, stb.

20

## KÉMIAI ÉRZÉKELŐK

Alkalmazások:

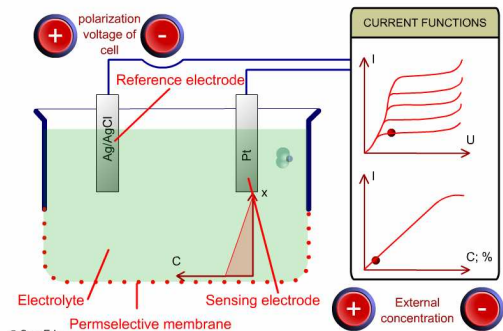
Vérben oldott gázok koncentrációja  
Vér pH értéke

In-vivo illetve ex-vivo (pl. mintavételezés) érzékelés, illetve mérés.

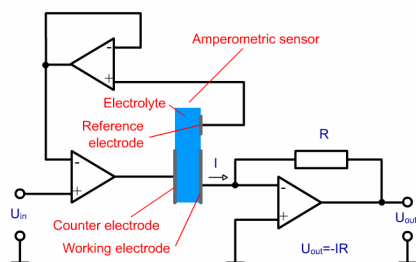
Általános mérési elv: Clark-típusú amperometrikus elektrokémiai cella.

21

## AMPEROMETRIKUS ELEKTROKÉMIAI CELLA



## MÉRÉSI ELRENDEZÉS



23

## TRANSZKUTÁN MÉRÉSI ELV

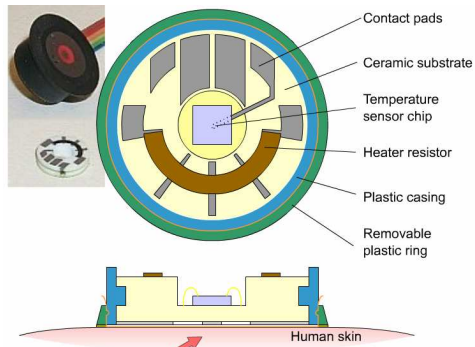
Vérbeli gázkoncentrációk bőrön keresztüli meghatározása. Nem invazív mérési eljárás!

Elve: magasabb hőmérsékleten (45 oC) a bőr átjárhatóvá válik az oxigén és széndioxid gázmolekulák részére (félígáteresztő membrán). Ekkor egyensúlyban a bőr külső felületén egy zárt üregben mért koncentrációkból a belső koncentrációk meghatározhatók.

Méréstechnika: hőmérsékletszabályozott Clark-cella

24

## TRANSZKUTÁN ÉRZÉKELŐ



25

## OPTIKAI SZÁLAS ÉRZÉKELŐK

Jelentőségük:

Kis méret  
Biokompatibilitás

In-vivo alkalmazás!

Optikai szálak vér pO<sub>2</sub> és pCO<sub>2</sub> érzékelők: invazív mérés.  
Felépítés: optród jelleg

26

## OPTÓD/OPTRÓD

Optód: Hasonlít az elektródra, de optikai elven működik. Általában két optikai szálból áll (be-kimenet). Működése az optódvégen elhelyezett anyagok által előidézett spektrális változásokon, vagy az emittált fény jellemzőinek változásán alapul.

Az optódvégen elhelyezett indikátor színváltozása miatt a reflektált fény spektruma megváltozik a gerjesztéshez képest - abszorpció változáson alapuló optód

Fluoreszcencián alapuló: az optródok anyaga szekunder fényt emittál, mely a gerjesztő fénysugártól eltérő tulajdonságokat mutat. Ennek környezeti hatásokra történő spektrális változásait lehet az érzékelőkben felhasználni  
Kemilumineszcencián vagy biolumineszcencián alapuló érzékelőkben nincs szükség gerjesztő fényforrásokra, a katalizált fényemissziót lehet érzékelésre használni.

27

## OXIMETRIA

Vér oxigén telítettségének mérése, reflexiós optróddal.

Elv: hemoglobin (Hb) és oxihemoglobin (OxyHB) a szorpciós spektrumai eltérnek.

Két vizsgálati hullámhossz, 660 nm (itt nagy az eltérés), illetve 805 nm (itt kb. azonosak), stb.

28

VÉGE

29