

5. A PLASZTRONIKA

Mojzes Imre

A szerves anyagok alkalmazása a mikro- és optoelektronikai áramkörökben újszerű alkalmazások lehetőségét nyitja meg.

1. Megnevezés és rövid leírás

A plazatronika alatt olyan elektronikai elemeket értünk, amelyek szerves molekulákból épülnek fel. Használják még a molekuláris, szerves és biológiai elektronika megnevezést is.

Két nagy csoportot különböztethetünk meg:

- hagyományos félvezető eszközök organikus félvezetőkből felépítve:
 - elektrolumineszcens eszközök
 - szerves tranzisztorok
 - szerves lézerek
 - szerves napelemek
- új félvezető eszközök nanodimenzióval:
 - memória áramkörök
 - diódák
 - tranzisztorok.

A terület hajtóereje egyértelműen az optoelektronika, a legfontosabb alkalmazások a kijelzők és világító eszközök. Lényeges még az olcsó, elsősorban hőérzékelő SZENZOROK területe.

2. Jelenlegi helyzet jellemzése

Bár a polimereket általában szigetelőként ismerjük, azonban alkalmazásuk mikroelektronikai aktív eszközök létrehozásában is igen jelentős előnyöket jelent. Heeger és munkatársai 1977-ben vették észre, hogy a poliacetilén n és p típusú adalékolásával az anyag vezetőképessége több nagyságrendet javul, s elérheti a réz vezetőképességét. A felfedezés jelentőségét mutatja, hogy Heeger, MacDiarmid és Shirakawa 2000-ben e felfedezésért kémiai Nobel-díjban részesült. A kutatások később megmutatták azt is, hogy nem csak polimerekben, hanem kismolekulájú szerves anyagokban is előidézhetőek ezek a jelenségek. A kismolekulájú anyagok azonban termikusan kevésbé stabilak, s hamarabb kristályosodnak.

A polimerek oldalágainak módosításával szerves oldószerekben, de akár vízben is oldódó változatokat állítottak elő. Ekkor az anyag centrifugálással, spray formában is felvihető szinte tetszőleges hordozót vezető réteggel beburkolva. A polimerekbe kismolekulájú és/vagy nanorészecskéket bevive az elektromos és az optikai tulajdonságok széles skálán változtathatóak. A kismolekulájú anyagok általában vákuumban vihetők fel, ahol nagy szerepet játszik a molekulásugaras EPITAXIA módosított változata, a szerves molekulásugaras leválasztás (organic molecular beam deposition – OMBD).

Az eszközfejlesztés itt is az anyagtulajdonságok függvénye, elsősorban a kisebb igényű, olcsóbb eszközöket lehet így előállítani. A fényemittáló eszközök fejlesztése előbbre tart, mint a tranzistorok és INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK színvonala.

Az alkalmazásoknak határt szab az anyagokban mérhető alacsony MOZGÉKONYSÁG, amelyet az alábbi táblázat szemléltet.

Anyag	Szobahőmérsékleti mozgékonyosság cm^2/Vs
n-GaAs	7000
n-Si	≤ 1500
p-Si	≤ 500
Poliszilícium	100-150
Amorf Si	≈ 1
Kismolekulájú szerves anyag	≤ 1
Polimer	$10^{-3} - 10^{-1}$

1. táblázat: Néhány jellegzetes mozgékonyosság érték szobahőmérsékleten

A polimerek között is kiemelkedő szerephez juthat a poliimid, amely magas hőmérsékletekig (≈ 200 °C) használható, a mikrohullámot kevésbé nyeli el. Korábbi kísérleteink azt mutatták, hogy az anyag KrF lézerrel jól megmunkálható, ezüst alapú sók, vagy az anyag elszénesítésével vezető pályák alakíthatóak ki benne. Az elszénesedett részecskék nanostruktúrát alkotnak. A szerves félvezetők köre széles, a mikroelektronikai alkalmazások szempontjából lényeges anyagokat a 2. táblázat tartalmazza.

Anyag	Mozgékonyosság $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{sec}^{-1}$	Oldékonyság, Bevonatképzés	Sajátvezetés	Stabilitás
Pentacén	1.....5	Oldhatatlan, hőkezelést igényel	Jó	Közepes
Tiofén	10^{-3} 10^{-1}	Jó, hőkezelést igényel	Nehéz alacsony sajátvezérlést elérni	Nagyon gyenge
Poliarilamin (Avecia gyártmány)	5×10^{-3}	Kiváló	Kiváló	Kiváló

2. táblázat: A fontosabb szerves félvezetők

(Forrás: mstnews 5/2003 p.8)

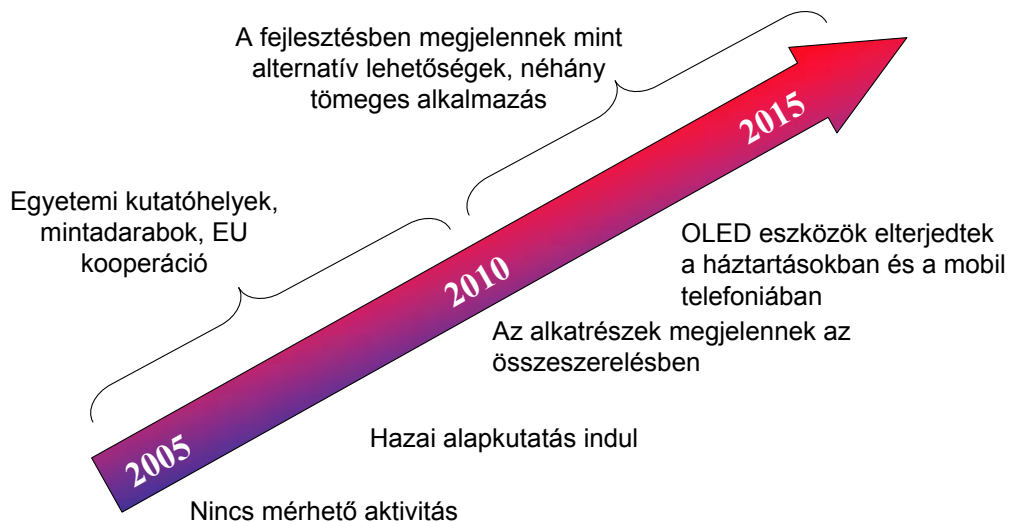
A szerves anyagokban jelenleg elérhető igen alacsony MOZGÉKONYSÁG behatárolja alkalmazási területüket. Várhatóan az érzékelés – például hőmérsékletmérés – és a világító eszközök terén lesz jelentős alkalmazásuk.

3. A várható fejlődés eredményének jellemzése

A lehetséges technológiai fejlődést a szerves LED-eken (OLED – Organic LED) felépülő kijelzők példáján szemléltetjük. Azon túlmenően, hogy nem igényelnek háttér megvilágítást, az alábbi előnyös tulajdonságokkal fognak rendelkezni:

- korlátlan láthatósági szög
- gyors működés (100...1000-szer gyorsabb, mint az LCD panel)
- nagyobb fényesség (150 cd/m^2)
- nagy kontraszt ($>100:1$)
- széles üzemi hőmérséklettartomány.

Egy másik várható eredmény a feltekerhető, tapéta árban előállított műanyag napelem lesz. Itt mind a FOTOVOLTAIKUS ANYAG, mind az elektródák és a hordozók szerves műanyagok lesznek. Itt is a nagy felületek játszanak igen előnyös szerepet.



1. ábra: Várható fejlődés 2005-2015

4. Szükséges technológiai előfeltételek

Az IKT más területein nincs a fejlődésnek semmiféle külön előfeltétele. Az ember – gép INTERFÉSZKÉNT definiálható kijelzők például valamilyen formában még sokáig szükségesek lesznek, bárminemű javításra lesz kereslet a piacon. A technológia fejlesztése itt elsősorban a szerves anyagok technológiájának fejlesztését és az analitika fokozott alkalmazását jelenti. A műanyagok utómegmunkálása jelentősen fejlődni fog, ezzel alapvetően megváltoztathatják egy felület tulajdonságait és/vagy az adalékolással új elektromos jellemzőket állíthatnak be.

5. Folyamatban lévő kutatások, fejlesztések

Az angol Plastic Logic cég kezdte meg flexibilis röntgen képernyő gyártását. Az érzékelést olyan áramkör végzi, amelyet poliimid filmre nyomtatással visznek fel. Költségét tekintve még az analóg röntgen filmnél is olcsóbb. A termék 18 hónapja keletkezett, máris kísérleti gyártásban van. Elsősorban a Harmadik Világba szállítandó röntgenkészülékekbe szánják, mivel ott nagy a készülékhiány és igen lényeges a ráfordítások (cost of ownership) alacsony szinten tartása. Jelentős lehet állatorvosi alkalmazása is, mivel a filmet helyettesítő műanyag érzékelő mérete nem korlátozott. A nyugati piac méretét évi 250 millió USD-ra becsülik.

A SZENZOROK terén igen perspektivikus kutatások folynak az Oak Ridge National Laboratory és a University of Tennessee-ben, ahol a szerves és a szervetlen anyagokból álló érzékelők kutatását végzik. Itt a kvarc sajátregzését használják fel igen érzékeny gázérezékelők létrehozására.

Igen elterjedten kutatott terület a rádiófrekvenciás azonosítók (RFID) területe, ami igazi tömegtermék. Minél több alkatrészt valósítunk meg benne plasztronika segítségével, annál versenyképesebb árú termék jön létre. Itt sem fontos a gyors működés, bár jelentős erőfeszítés történik a töltéshordozó MOZGÉKONYSÁG növelésére. (Az elmúlt 15 évben a szerves félvezetők MOZGÉKONYSÁGA öt nagyságrendet javult. Hasonló méretű javulásra már nem számíthatunk, de a mai értékek is már lehetővé teszik eszköz-struktúrák kialakítását.)

6. Az IKT más területeire való hatások bemutatása

Elsősorban az előnyös tulajdonságok azok, amelyek hatást fejtenek ki.

Ezek:

- Az integritás lehetővé teszi, hogy a molekuláris szinttől felfelé eszközöket hozzunk létre, amelyekben az egyes anyagok többféle (elektronikus, fotonikus) hatásokat is integráljanak. Az így létrehozott eszközök könnyűek, kis fogyasztásúak, azaz a hordozhatóság, valamint a repülő és űripar

szempontjából vonzóak. Az önszerveződő kémiai technológia alacsony költséget tesz lehetővé. A tintasugaras nyomtatás és/vagy más nyomtatási technológia olcsó tömeggyártást tesz lehetővé, kis energiaráfordítással. A nyomtatási technológia nagyfelületű eszközök (napelemek, antennák) olcsó előállítását ígéri. Az előállítható eszközök sokszínűségét az is fokozza, hogy a szerves anyagok lényegesen nagyobb számban léteznek és állíthatóak elő. Ez a sokszínűség úgy is fokozható, hogy a polimerek láncai végére szerves anyagokat, akár komplett funkcionális blokkokat csatlakoztatunk.

- A szerves és szerves anyagok integrálásával olyan rendszereket hozhatunk létre, amelyek elektromos, kémiai tulajdonságai méretezhetőek. Ezek váza lehet egy szénszál, amelyre ráépíthetjük a polimereket.
- A nagyfelületű eszközök előállítása a textilipari technológiákkal (szövés, fonás) tovább bővíthető. Ezek az eszközök szerepet kapnak az elektromágneses kompatibilitás terén (árnyékolás igen nagy felületen, akár lakóház méretben). Ugyanez az árnyékolás antennaként is használható lesz. A piezo szálak segítségével igen környezetkímélő energiaellátás valósul majd meg.
- A kijelzők terén a szén nanocsöves kijelzők ma már felülmúlják az LCD kijelzőket, frekvenciaválaszuk nagyságrendekkel javul. A jelenleg kapható 14 inches átlójú megjelenítőket lényegében tetszőleges méretűre növelhetik, mivel előállításuk üveglemezre, a szitanyomtatáshoz hasonló technológiával történik.

7. Társadalmi-gazdasági hatások elemzése

A társadalmi-gazdasági hatások közül csak az utóbbit vizsgáljuk, mivel közvetlen társadalmi hatása a területnek nincs. Gazdasági vonatkozásban két területen látunk számottevő hatást, ez az energiafelhasználás és a környezetvédelem.

Az energiafelhasználásnál az első előny az eszközöknek magának az előállítása. Míg egy monolit szilícium napelem működése során alig termel több energiát, mint az előállításához szükséges energia mennyiség, itt ez a mutató sokszorosán jobb. A plazmatronikai elemek előállítása során elmaradnak a magashőmérsékletű olvasztási, kristályosítási, diffúziós stb. technológiai lépések.

További előnyt jelent a felhasználás során megvalósuló alacsony energiafogyasztás, ami különösen a hordozható készülékek esetében lényeges. Így a szerves anyagú LED-ek nem igényelnek háttérvilágítást, mint az LCD kijelzők.

A környezetvédelmi előnyök a kisszámú alkalmazás miatt egyelőre még nem számottevők. Ma még nem eléggé ismert előnyt jelent az, hogy a készülékek életgörbéje végén kevesebb, kisebb tömegű, jól tömöríthető elektronikus hulladék keletkezik, ezek várhatóan könnyebben újrahasznosíthatóak, mint például az üveget is tartalmazó eszközök hulladékai.

8. Magyar vonatkozások

A területet reprezentáló alkatrészek elsősorban a korszerű beszállítói ágazatokban alkatrészként jelennek meg. Itt elsősorban a mobil kézibeszélők terén várható nyitás. Egy-két hazai fejlesztési eredmény és/vagy számítógépes szimuláció beépülhet ezekbe az alkatrészekbe.

A rádiófrekvenciás azonosítók terén várható hazai termelés, ez feltehetően licenc alapján történik.

Várhatóan a hazai szénszál bázison lesz szén nanocső termelés, itt originális hazai fejlesztési eredmények is várhatóak.

9. Következtetések

A szerves anyagok funkcionális elektronikai és optoelektronikai elemként való alkalmazása igen megsokszorozza a konstrukció és technológia lehetőségeit. Az alkalmazásokat a multifunkcionalitás, a tömeg- és térfogatcsökkenés jellemzi. Az eszközök stabilitása és várható élettartama messze elmarad a szerves félvezető anyagok hasonló tulajdonságaitól. A szerves anyagok közül kiemelkedő szerepet fog játszani a szén nanocső. A jelenleg vizsgált nagy mennyiségű és sokféle nanocső alapanyagból várhatóan csak néhány lesz a gyakorlatban is alkalmazható.

Az anyagcsoport mind a tömeges alkalmazások – például hőmérsékletszenzor –, mind az egyedi űr és repülésipari megoldásokig igen perspektivikus. Tömeges alkalmazást fognak jelenteni az RFID-k.