

# Plasztronika

*Mojzes Imre*

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

## 1. Témakör

A plasztronika alatt olyan elektronikai és optoelektronikai áramköri elemeket értünk, amelyek funkcionális elemeit tekintve alapvetően szerves molekulákból épülnek fel. Használják még a molekuláris, szerves és biológiai elektronika megnevezést is.

Két nagy csoportot különböztethetünk meg, ezek:

- 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. A szakterület legnagyobb hatású eredménye az izzólámpák kiváltása, végső soron betiltásuk lehet. Lényeges még az olcsó, elsősorban hőérzékelő szenzorok területe. A fotovoltaiikus eszközök fejlesztésében a zöld energia előállítása politikai szintre került, arányát EU-s direktívák is meghatározzák.

## 2. Jelenlegi helyzet

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 bevívve az elektromos és az optikai tulajdonságok széles skálán változtathatóak. A kismolekulájú anyagok általában vákuumban vihetőek fel, ahol nagy szerepet játszik a molekulásugaras epitaxia módosított változata a szerves molekulásugaras leválasztás (organic molecular beam deposition – OMBD).

A kutatás igazi élvonalát a vákuumot nem igénylő, nyomtatható, felcentrifugázható módszerek fejlesztése jelenti. Ma még elsősorban a kisebb igényű, olcsóbb eszközöket lehet így előállítani.

Mindenütt nagy hajtóerő az elvben tetszőleges nagyságú felületre felvihető energia átalakító (fényből elektromos energiát) és a világító eszközök (elektromos energiából fényt) iránti igény.

Az eszközfejlesztés itt is az anyagtulajdonságok függvénye. Ezeket igen nehéz összehasonlítani, mivel igen széles az anyagválaszték, ezek gyakran márkanevekhez kötődnek, a konkrét anyagtulajdonságok sem ismertek, aminek elsősorban szabadalmi okai vannak.

A fényemittáló eszközök fejlesztése előbbre tart, mint a tranzistorok és integrált áramkörök színvonala.

Az alkalmazásoknak határt szab az anyagokban mérhető alacsony mozgékonyosság, amelyet az **1. táblázat** szemléltet.

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

1. táblázat: néhány jellegzetes mozgékonyosság érték szobahőmérsékleten

A polimerek között is kiemelkedő szerephez juthat a poliimid, amely magas hőmérsékletekig ( $\approx 200^\circ\text{C}$ ) használható, a mikrohullámot kevésbé nyeli el. Korábbi kísérleteink azt mutatták, hogy az anyag KrF lézerrel jól megmunkálható, ezüst alapú sók, vagy az anyag elszenesítésével vezető pályák alakíthatók ki benne. Az elszenesedett részecskék nanostruktúrát alkotnak.

A szerves félvezetők köre széles, a mikroelektronikai alkalmazások szempontjából lényeges anyagokat a **2. táblázat** tartalmazza.

Az adatok nehezen összevethetőek, sok a kémiaiilag nem megfelelően azonosított anyag. Nem alakult ki egységes mérési technológia sem, az anyagparaméterek jelentősen függenek az előállítási módszertől. Általában nem ismeretes a stabilitási paraméterek.

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

2. táblázat: a fontosabb szerves félvezetők<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Forrás: mstnews 5/2003 p.8

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

A kutatás célja, hogy a szerves félvezetők elérjék az amorf szilícium tulajdonságait. Meg kell azonban jegyezni, hogy az amorf szilícium alapú eszközök régóta igen nagy sorozatban gyártott félvezető eszközök szerves részét képezik.

### 3. Folyamatban lévő kutatások, fejlesztések

A szakirodalomban mind nagy nemzetközi cégek (IBM, SIEMENS, PHILIPS, SANYO, FUJI, MITSUBISI, Dow Chemical), mind kisebb cégek jelentős számú kutatási projektről számolnak be. A kisebbek közül kiemeljük a Polymer Vision, OLED, NOVALED, Nano exprint, Sumation cégeket. A kutatott anyagok között mind fluoreszcens, mind foszforeszcens tulajdonságú anyagok megtalálhatóak.

Az OLLA projekt keretében a PHILIPS és a NOVALED által vezetett konzorcium máris kiemelt eredményeket ért el. Ennek keretében 50,7 lumen/watt fényességet és 1000 cd/m<sup>2</sup> felületi fényességet értek el PIN OLED<sup>TM</sup> technológiával. Ezek az újonnan kifejlesztett fényforrások laposak, könnyűek. Az új konstrukciójú fényforrások jelentős energia-megtakarítást tudnak eredményezni. A nyolc európai uniós ország 24 cége azt tűzte ki célul, hogy 50,0 lumen/watt teljesítmény kihozatalt a kezdeti 1000 cd/m<sup>2</sup> felületi fényesség mellett 10.000 órai élettartammal garantálja. A projekt eredményei közvetlenül piaci bevezetés előtt állnak, várhatóan az idén kísérleti változatban 80-100 lumen/watt-os értéket fognak bejelenteni. Igen lényeges hangsúlyozni, hogy a bemutatott mintadarabok nem tartalmaznak ITO-t. A kifejlesztett eszközök színviisszaadása is kedvező CIE színkoordinátái:  $x,y = 0,43/0,44$  a colour rendering index (CRI) 90-es értéke mellett. A kedvező szín visszaadásban szerepet játszik az, hogy a fényforrás erőtere hibrid megközelítésű, azaz a kék fényt fluoreszcens, a vörös és a zöld fényt foszforeszcens anyaggal állítják elő. Jelenleg a fejlesztési erőfeszítések – mint általában a szerves fényforrások terén is - a kék fény emissziójának növelésére irányulnak.

A fényforrás fejlesztési projektek közül ki kell emelni a szerves félvezető lézer megalkotásában folytatott munkákat. Erre a University of Strathelyde, a University of St. Andrews, a University of Edinburgh, és a Imperial College London szervezett konzorciumot. Az úttörő jellegű kezdeményezés 4 éves futamideje alatt a kék/zöld LED technológiához hasonló módon akar lézer struktúrát kifejleszteni **szerves anyagból**.

Várhatóan nagyszámú projektet fog indítani a 2008. május 20-án alakult OLED Association, amelyet a

- Cambridge Display Technology,
- DuPont,
- Eastman Kodak Comany,
- eMagin Corporation,
- Igenes Innovation,
- MicroEmissive Displays,
- Novaled AG,
- OLED-T
- Samsung SDI,
- Universal Display Corporation

alapított. A megalakított szervezet jelentősen hozzá kíván járulni a terület szabványosításához is. A fejlesztések további súlypontját konkrét, televíziók, hordozható számítógépek és a mobil kézibeszélők területére helyezik. Az egyes eszközökből a Samsung SDI, Sony, RiTdisplay, Pioneer, eMagin, MED, Chi Mei EL, LG Displays már kereskedelmi forgalomban is szállít. A cégek kutatási projektjeiről kevés információval rendelkezünk.

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-re becsülik. Ma már szinte lehetetlen áttekinteni a szenzorok terén végzett kutatásokat. Ezek között mind nagy cégek, mind egyetemi, akadémiai kutatóhelyek vannak. Erre szenzorok terén igen perspektivikus kutatások folynak az Oak Ridge National Laboratory és a University of Tennessee-ben, ahol a szerves és a szerves anyagokból álló érzékelők kutatását végzik. Itt a kvarc sajátrezgését használják fel igen érzékeny gázérezékelők létrehozására. Ezt egészítik ki szerves félvezető eszközökkel.

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

A szerves félvezető anyagok oldatból is leválaszthatóak és lehetőség van ezeknek a rétegeknek finom megmunkálására is. Ezek a technológiai módszerek működő eszközöket eredményeztek, így az átlagos mozgékonyág-érték  $0.2-0.3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , a ki/be kapcsolási arány  $10^5$  érték felett van, az eszközök szélesség/hosszúság aránya  $W/L=84/6 \text{ }\mu\text{m}$ , lényegesen kisebb, mint például a szerves alapú MESFET eszközökben.

#### **4. A várható fejlődés**

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, 1-5 ms válaszadási idő)

Nagyobb fényesség (150 cd/m<sup>2</sup>)

Nagy kontraszt (>10000:1)

Széles üzemi hőmérséklettartomány



1. ábra: 2008-2018

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

A nagy felületen világító perspektivikus fényforrások (világító panelek és csempék) alkalmazása megköveteli, hogy a megvilágítás iránti igényeket átalakítsuk. Az ilyen jellegű fényforrások ugyanis nem hoznak létre árnyékot, amelyet a pontszerű fényforrások alkalmazásával szerzett több évezredes tapasztalatunk megszokottá tett. Várható tehát, hogy a nagy felületű fényforrások megjelenése nem teszi szükségtelessé a pontszerű fényforrásokat is.

A pontszerű fényforrások is várhatóan szerves és/vagy szervetlen félvezető anyagúak lesznek, hiszen az Európai Unió szintjén megkezdtek azoknak a tervezeteknek a szakmai vitáját, amelyek be fognak tiltani a hagyományos izzólámpákat.

Az OLED kijelzők már számos hordozható eszközben bizonyították, hogy iparilag gyárthatóak. Így mobiltelefonokban, MP-3 lejátszóknak, digitális kamerákban kerültek alkalmazásra. Mindezideig nem sikerült azonban megoldani a nagy képátlójú kijelzők előállítását.

Várhatóan 2008. decemberében, csak Japánban forgalomba kerül a SONY első OLED-kijelzős televízió készüléke.

A ma még ismeretlen árú készülék főbb műszaki jellemzői:

- Formátum: Szélesvásznú, WSVGA (1024x600) felbontás
- Kontrasztarány 1 000 000:1
- A kijelző vastagsága: 3 mm

A fejlesztést az ST Liquid Crystal Display, a Sony és a Toyota Industries közös vállalata végzi.

Kiemelendő területet jelentenek a polimer alapú hullámvezetők. A szerves anyagok alkalmazása itt az alábbi előnyökkel jár:

- ◆ Még a poliimidnél és az akril szálnál is olcsóbb

- ◆ Jó termikus stabilitás, az üvegesedési hőmérséklet magas ( $\approx 200^\circ\text{C}$ ), így a várható termikus stabilitás a gyakorlati alkalmazások szabta követelményeknek eleget tesz
- ◆ A törésmutató többféle anyag keverésével igen jól szabályozható. Az 1,48 – 1,60 tartományban 0,001 nagyságrendű hibával.
- ◆ Az anyag a hagyományos UV litográfiával jól megmunkálható
- ◆ Az anyag optikai veszteségei elfogadhatóak

Az érzékelők közül nem csak a fénnel kapcsolatos területek jöhetnek szóba. Poliimidben szerves feszültség-szenzort fejlesztettek ki, ahol az érzékelő elem a pentacén. Az anyag egyik előnye, hogy szobahőmérsékleten folyadékfázisból adalékolható. Ez beleillik abba az irányzatba, hogy a szerves félvezetők terén alkalmazott technológiák kisebb energia igényűek. A várható fejlődés feltehetően a kombinált szerves és szervesetlen rendszerekben jelenítődik meg. Ezek olyan vékonyréteg rendszerből kiinduló többkomponensű rendszerek lesznek, ahol például fém nanorészecskékre (porokra) szerves félvezető réteget választanak le. Ezek mágnesesek is lehetnek, amelyek a nagysűrűségű adattároló eszközök új generációját hozhatják létre.

A fotonikai kristályok, amelyek dielektrikumok periodikusan ismétlődő „rácsából” épülnek fel szintén kombinálhatóak lesznek a szerves félvezetőkkel. Ez azt jelenti, hogy a „fotonikai félvezetőknek” nevezett anyagosztályban is lesznek szerves alapú anyagok.

Egészen új csoportot jelentenek a távoli jövőben, ha megvalósul a ma még csak GaAs-en demonstrált polariton alapú szerves félvezető anyagcsalád. Itt a lézerhatás fellépése két nagyságrenddel kisebb térerőnél történhet, mint a hagyományos félvezető lézerekben. A kisebb térerő az általában alacsonyabb működési hőmérséklet-tartománnyal rendelkező szerves anyagokban különösen vonzó.

## 5. Befolyásoló tényezők

Az IKT más területein nincs szükség semmiféle külön előfeltételre ahhoz, hogy a terület fejlődjön. Az ember – gép interfészként definiálható kijelzők például valamilyen formában még sokáig szükségesek lesznek, bárminemű javításra a piac vevő lesz. 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.

technológiaiilag a szerves anyagok alkalmazásának két összetevője van:

felhasználni a kémiai technológiákat adott áramköri funkciók molekula szintű megvalósításában;

A szilícium technológia fejlődését jól leíró Moore-törvény jelenleg prognosztizált utolsó szakasza által megszabott követelmények teljesítése, amelyek mai ismereteink szerint a szervesetlen világban nem oldhatóak meg.

A kémiai szerves technológiák sok esetben egészen új lehetőségeket tárnak fel. Ezeket az alábbiakban vázolhatjuk fel:

- A molekulák szintézise a fizikai tulajdonságok igen széles körét befolyásolja. Ezek a hatások jól ellenőrizhetőek. A szerves molekulák eleve hajlamosak az önszerveződésre. nanométeres mérettartományuk jól illeszkedik a nanotechnológia illetve a nanoelektronika és a nanofotonika méret-tartományához.
- A szerves kémiai technológiák alulról építkezőek, a kiinduló anyagok atomjaiból építjük fel őket. Ezek a folyamatok párhuzamosíthatóak, jelenleg mintegy 1023 másolatot lehet előállítani egyidejűleg.

- A kémiai folyamatok sokszínűsége a szintetizált molekulák sokféle elektromos, optikai és mágneses tulajdonság megvalósítására alkalmas.
- A molekulák funkcionálizása fém és/vagy oxid felületén is jól véghezvihető, a fém és/vagy oxid közötti kölcsönhatás jól irányítható. Ilyen tekintetben a szilícium-oxid kivételesen jó tulajdonságokkal rendelkezik.

Az alapanyag technológia sajátosságai mellett kell szólni az eszköztechnológia jellemzőiről is. Ezeket az alábbiakban foglaljuk össze:

- A technológia ellenőrzésére a szervesetlen technológiákban használt eszközökhöz képest sokkal több fajta vizsgálatra van szükség.
- A molekulák és azok együttesének jellemzése kevésbé egyértelmű. Ennek oka elsősorban sokféleségük.
- A nanométeres tartományban a mérési módszerek vagy nem, vagy egészen korlátozott pontossággal használhatóak.

A technológiai és a mérés-technikai eszközök gyakran egybeesnek, ez különösen az atomerő mikroszkópra igaz.

## 6. Várható hatások

Elsősorban az előnyös tulajdonságok azok, amelyek hatása túlterjed a szűkebb szakterületen és így nagyobb 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 szempontjából és a repülő valamint az űrpar szempontjából vonzóak. Az **önszerveződő** kémiai technológia alacsony költséget tesz lehetővé. A tintasugaras nyomtatás és/vagy más nyomtatási technológia olcsó tömeggyártást valósít meg, általában kis energiaráfordítással. A nyomtatási technológia nagyfelületű eszközök (napelemek, antennák) olcsó előállítását ígéri. Olyan eszközök állíthatók elő, amelyek méretei elvileg felülről nem korlátozottak. Az előállítható eszközök sokszínűségét az is fokozza, hogy a szerves anyagok lényegesen nagyobb számban léteznek és állíthatók elő. Ez a sokszínűség úgy is fokozható, hogy a polimerek láncai végére szervesetlen anyagokat, akár komplett funkcionális **blokkokat csatlakoztatunk**.

A szerves és szervesetlen anyagok integrálásával olyan rendszereket hozhatunk létre, amelyek elektromos, kémia 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.

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 előállítására. Míg egy monolit szilícium napelem működése során teljes élettartama (nagyságrendileg 10 év) alig termel több energiát, mint az előállításához szükséges energia mennyiség, itt ez a mutató sokszorosan jobb. A plazmatronikai elemek előállítása során elmaradnak a magashőmérsékletű olvasztási, kristályosítási, diffúziós implantálást követő kihőkezelés stb. technológiai lépések. Nincs szükség mechanikai megmunkálásra sem, általában elmarad a nedveskémiai marás, a környezetszennyező vegyszerek alkalmazása a technológia során.

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

Mivel egyre több funkciót integrálunk például egy mobil kézibeszélőbe, annál fontosabb, hogy az eredményeket mozgás közben, nappali fény mellett is meg tudjuk jeleníteni. Ez mind a kontraszt, mind a fényteljesítmény iránti igény jelenleg felülről nem korlátozott növekedését jelenti.

A **környezetvédelmi előnyök** a kisszámú alkalmazás miatt ma 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 (például katódsugárcső) hulladékai. Másik oldalról a keletkezett hulladékban igen ritka elemek is előfordulnak. Ma még nem látjuk, hogy mikor lesz ezek visszanyerése nyereséges tevékenység.

A társadalmi-gazdasági előnyök feltehetően a fejlődő világban fokozottabban jelentkeznek. Olcsóbb eszközökkel könnyebben ki lehet elégíteni ezen országok energia, távközlési és informatikai igényét.

Amennyiben az olcsóbb technológiák is fogják hozni azokat a stabilitási, megbízhatósági jellemzőket, amelyeket ma már a fogyasztó sztenderdként elvár, akkor a szerves félvezetők felhasználása azaz a termelés maga feltehetően szintén Ázsiába kerül át. A fejlett világ alapvetően ezen a területen is importőr szerepet fog játszani, ami növeli az eladósodását. Nem javít tehát az európai országok versenyképességén. Történik mindez annak ellenére, hogy a nagy európai cégek igen jelentős összegeket fektetnek technológia a fejlesztésébe.

## **7. Hazai helyzet**

A szerves félvezető anyagok kutatása nem tartozik a hazai kutatási prioritások közé. A MTA Fehérjekémiai Kutatócsoportjában foglalkoznak szerves félvezetők kutatásával és a biopolimerek elektronszerkezet kutatásával.

A területet reprezentáló elektronikus 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 is feltehetően licenc alapján történik.

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

A területet a magyar elektronikai ipar egésze szempontjából kell megítélni. Itt ma még csak 2006-os összesített adatokkal rendelkezünk, de a magyar elektronikai ipar az 500 legnagyobb árbevételű hazai cég között örömdetesesen nagy számban van jelen. Míg a távközlés, posta- és internet szolgáltatással foglalkozó cégek száma ebben a listában mindössze 13, az elektronikai technológiával – zömében összeszereléssel foglalkozó - cégek létszáma 18 az 500 legnagyobb céget tartalmazó felsorolásban.

Érdekes, hogy az ország első ötven legnagyobb foglalkoztatója között nyolc cég tevékenykedik az elektronikai iparban, de az általuk foglalkoztatottak száma alig lépi túl a Magyar Posta Zrt. – mint az ország legnagyobb foglalkoztatója - létszámát (46399 vs 38621). Ez tehát jellegzetesen high-tech terület.

Az adatok természetesen megérnek egy alaposabb elemzést. Ebből is egyértelmű azonban, hogy hazánkban az elektronikai ipar elsősorban beszállítást és részegység gyártást jelent.

## **8. Összegzés**

A szerves anyagok alkalmazása funkcionális elektronikai és optoelektronikai elemként 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 K+F tevékenység egyik súlypontja a megbízhatóság, minőség, stabilitás.

A domináns alkalmazás a belátható időtávon belül a kijelzők és fényforrások világa.

A nyomtatható alkatrészek megvalósítása az elektronika sok évtizedes álma, ma minden eddiginél közelebb van a megvalósuláshoz.

A szerves anyagok közül kiemelkedő szerepet fog játszani a szén nanocső. A jelenleg vizsgált igény nagy mennyiségű és sokféleségű 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 RF ID-k.

Az eldobható, egyszerhasználatos eszközök a felvevőpiac jelentős szegmensét fogják jelenteni.

