

## Flexibilis hordozókra nyomtatott áramkörök

A flexibilis hőre lágyuló műanyag hordozóra nyomdatechnikával felvitt olcsó áramkörök, helyettesítve a merev, szilikon alapú integrált áramköröket, egyre több kereskedelmi szintű alkalmazási területre hatolnak be, mint pl. a különböző képernyők, kijelzők, energiaforrások, logikai egységek, érzékelők.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; nyomtatás; elektronikus eszközök; műszaki fejlesztés; csomagolóstechnika.*

A „tárgyak internete”, angolul „Internet of Things” (rövidítése: IoT) olyan tárgyak, berendezéseket jelöl, amelyeket az internet segítségével, egymással összekapcsolva működtetnek. A technológiai fejlesztésekben egyre inkább felbukkannak az ilyen megoldások. Az eszközöknek ahhoz, hogy a hálózatra felkapcsolódhassanak, természetesen szükségük van olyan olcsó elektronikai áramkörökre és energiaforrásokra, amelyeket műanyag hordozóra nyomtatva állíthatnak elő. Már évtizedek óta kutatják, hogy a szilikon alapú, merev integrált áramköröket hogyan lehet szerves alapanyagú rendszerekkel kiváltani. Az ilyen hőre lágyuló műanyagokra nyomtatott termékek kezdenek a kutatási fázisból a kereskedelmi szintre lépni. Ez a technológia sokkal egyszerűbb, mint a tisztatéri körülmények között számos technológiai lépésben előállított szilikon alapú integrált áramkörök, mikrocipek gyártása. Jelenleg azonban gyakran hibrid rendszereket is alkalmaznak, azaz ötvözik mindkét megoldás előnyös jellemzőit. A különböző területekre vonatkozó alkalmazások nagyon eltérő fejlettségi szinten állnak, de az általános fejlődési trend jól érzékelhető. Példaként a különböző képernyők, kijelzők, energiaforrások, logikai egységek, érzékelők és vezetéképes tinták említhetők.

Minden elektronikai eszköznek szüksége van megbízható, és minél inkább környezetbarát energiaforrásra. A nyomtatott akkumulátorok között elsősorban a MnOZn rendszerek terjedtek el, de elérhetőek a merev, lítium-ionos szilárd test akkumulátorok is. Az ilyen nyomtatott áramforrásokat pl. a gyors ránctalanító kozmetikai bőrtapaszoknál alkalmazzák, ahol a villamos feszültség hatására a bőr pórusai kitágulnak, és így mintegy tízszer több hatóanyag tud időegység alatt behatolni. A viszonylag kis szérianagyságok miatt ezek ára néhány tized dollár, élettartamuk és energiaszolgáltatásuk elmarad a gombakkumulátoroké mögött. Ezért az árcsökkenést eredményező tömeggyártás beindulásáig a vékony film nyújtotta jobb formakövetés előnyei nem kompenzálják a gyengébb hatékonyságot. De használnak nyomtatott áramforrást beszélő üdvözlőkártyákhoz is.

A nyomtatott áramforrások egy másik fontos alkalmazása a napelemek, illetve fényelemek működtetése. A szerves fényelemek (OPV, az angol Organic Photovoltaic rövidítéseként) és a festékekkel szenzibilizált napelemek (DSSC az angol Dye Sensitized Solar Cell rövidítéseként) elsősorban zárt terekben működhetnek előnyösen, ahol a szabadtéri alkalmazásokhoz képest kisebb a fényerősség és ahol ezért a hagyományos OPV-k nehezen boldogulnak. Tipikus alkalmazásuk az ún. okos polcok energiaellátása.

A vezeték nélküli energiaellátás pl. NFC (Near Field Communication) rádióhullámok útján kiküszöböli az áramkör saját energiaforrásának költségeit és ezért különösen nagy számú áramkör ellátásakor lehet előnyös. Sokat ígérő alkalmazásuként az ún. okos, interaktív csomagolásokat lehet megemlíteni.

Az elektrolumineszcens képernyők és kijelzők egyszerű szitanyomással állíthatók elő, váltóáramú villamos feszültség hatására fényt bocsátanak ki. Az olcsó, pici fénykibocsátó elemek vékonyak és jól formálhatók. Alkalmazási példaként promóciós rum és viszkis palackok mozgó képeket tartalmazó címkéi és különböző mozgó dobozgrafikák és poszterek említhetők. Egy másik alkalmazási terület a mozgó grafikával ellátott ruhadarabok (pl. promóciós trikók).

Az elektrokromatikus (EC) képernyők is egyszerű szitanyomott, kis energiaigényű rendszerek. Ezek az olcsó kijelzők fényvisszaverésen alapulnak. Elsősorban magazinok borítójaként és promóciós ajándékkártyákhoz alkalmazzák őket, de sikeres próbákat végeztek üdvözlő- és okoskártyákkal is. Az alkalmazásokat behatárolja, hogy egyenlőre csak kevés szín érhető el, de ez várhatóan hamarosan megváltozik.

Az elektroforetikus (EPD) képernyőket elterjedten alkalmazzák az elektronikus könyv olvasók (pl. az Amazon cég Kindle típusánál) kijelzőjeként, mint ún. e-papírt. Azonban a vásárlók egyre inkább a színes LED kijelzők felé fordulnak, és ezért új alkalmazásokat kell találni. Az e-papírt sikeresen használják egészségügyi eszközöknél, magazinoknál, posztereknél, biztonsági zároknál, ezek az alkalmazások azonban kis volumenűek. Dolgoznak a színes verziók kifejlesztésén, a vörös színt már sikeresen be is mutatták.

Az OLED (organic light-emitting diode) kijelzők fényemisszióan alapulnak. Elvileg nyomtatással is előállíthatók, de jelenleg legtöbbször vákuumtechnikát alkalmaznak. Nagyon szép, színes, kis energiafogyasztású kijelzőket eredményeznek, de drágák. Ezért jelenleg csak okostelefonokban és tv-képernyőkön alkalmazzák őket. Az okostelefonok OLED piaca 2014-ben eléri a 15,7 milliárd dollárt, míg az OLED tv-k pedig csak 2013-ban kerültek piacra. Elterjedésük fő akadályai

- a magas költségszint: egy okostelefon OLED kijelzője mintegy 30 USD,
- a flexibilis változatok élettartama rövid, hacsak nem alkalmaznak drága barrieranyagokat.

A fejlesztések a nagy volumenű és magas profitrátájú szórakoztató elektronikai alkalmazásokra irányulnak, hogy a magas K+F költségek megtérülését biztosítsák.

A szerves alapanyagra nyomtatott, kevés tranzisztort tartalmazó áramkörök kielégítik számos tömegtermék logikai követelményrendszerét. Egyenlőre még csak prototípus szinten tart számos „okos” csomagolási alkalmazás, mint pl. kacsintó üdvözlő-

kártyák, interaktív LED-es palackcímkék, nyomtatott hőmérséklet- és időkijelzők. Ezek a rendszerek nyomtatott memóriát, logikai áramköröket, hőmérséklet-érzékelőket, áramforrást és kijelzőt is magukba foglalnak. A vezetőképes tinták és nyomdafestékek elektromos vezetékeként, ellenállásokként, kapacitásokként és fűtőelemekként alkalmazhatók. A nyomtatott szenzorok legelterjedtebb alkalmazása a több milliárd dolláros piacú vércukorszintmérő csíkok, de kaphatók mozgásérzékelő és hőmérsékletmérő eszközök is.

Összeállította: Dr. Füzes László

Progress with Printed Electronics = CHEManager International 9. sz. 2014. p. 14.

Plastic Electronics Manufacturing = CHEManager International 9. sz. 2014. p. 14.