FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

FOLYADÉKKRISTÁLYOS KÉPMEGJELENÍTŐK AZ ELEKTRONIKAI HULLADÉKBAN

Miklósi Péter

Abstract

The increasing amount of end-of-life electrical and electronic products is a significant environmental problem. Many of them contains hazardous materials, therefore it is particularly important to find the adequate practice for their disposal, if possible, by avoiding incineration and landfill. Recently liquid crystal displays have been appeared in electrical and electronic waste in increasing rate, but there is no technology that enables LCD recycling. For developing an adaptable technology, tests are needed to examine the efficiency of disassembly-, comminution-, and separation steps, considering economic and environmental aspects.

Összefoglalás

Az utóbbi időben az elektronikai hulladékokban egyre nagyobb mennyiségben jelennek meg a folyadékkristályos megjelenítők. Újrahasznosításukra széles körben elterjedt technológia nem ismert, így kezelésük jelenleg a lerakásra és elégetésre korlátozódik. A gyakorlatban is alkalmazható újrahasznosítási technológia kialakításához a szétszerelési, aprítási és szétválasztási lépések hatékonyságának meghatározására irányuló részletes vizsgálatokra van szükség, figyelembe véve a gazdasági és környezetvédelmi szempontokat is.

Bevezetés

A folyadékkristályos kijelzők elsőként a 70-es években jelentek meg a piacon. Az azóta eltelt évtizedek során a technológia fejlődése lehetővé tette nagyméretű, színes kijelzők előállítását is, így számos új alkalmazási terület jelent meg. Mára ezen eszközök számos előnyüknek köszönhetően a katódsugárcsőves képernyők egyeduralmát is megszüntették. Leginkább azon készülékekben alkalmazzák, ahol az alacsony energiafogyasztás és a kis tömeg alapvető követelmény. Emellett az asztali monitorokban is egyre elterjedtebb, 2002-ben az eladott monitorok 28%-a LCD volt, ez az arány 2007-re valószínűleg elérheti a 70-80%-ot is [1].

A piac bővülése egyben azt is jelenti, hogy a hulladékban is egyre nagyobb mennyiségben jelennek meg. Becslések szerint a hulladékká váló LCD kijelzők mennyisége 2005-re elérheti a 40 000 tonnát, étetéssel történő megsemmisítésének költsége pedig a 400 millió eurót.

Az Európai Bizottság a hulladékká váló elektromos és elektronikai berendezésekről szóló direktívájában (2002/95/EC) úgy rendelkezik, hogy a 100 cm²-t meghaladó méretű folyadékkristályos kijelzőket bontással el kell távolítani az azt tartalmazó berendezésből. A probléma megoldására szükségessé vált megvizsgálni ezen kijelzők ártalmatlanításának, esetleg újrahasznosításának lehetőségét.

Működési elv, felépítés

A folyadékkristályokat Fredreich Rheinizer osztrák botanikus fedezte fel 1888-ban. Nevük arra utal, hogy optikai viselkedésük a kristályos anyagokra emlékeztet, míg mechanikai tulajdonságaikat tekintve a folyadékok közé sorolhatók. Ezen anyagok nagy része rúd alakú molekulákból álló szerves vegyület. Az 1960-as években felfedezték, hogy a molekulák térbeli elrendeződése elektromos mező alkalmazásával nagymértékben befolyásolható [2].

Az LCD-k működése egy lemez átlátszóságának szabályozásán alapul, ahol egy szűrő szabályozható mértékben ereszti át a környezet vagy a háttérvilágítás fényét. Ez egymásra merőleges polarizációs síkú polárszűrők és a fény polarizációs síkját 90°-kal elfordító folyadékkristályos anyagok együttes alkalmazásával lehetséges. Elektromos tér hatására a folyadékkristályos anyag molekulái a tér erővonalaival párhuzamosan állnak be, ekkor a fény a rendszeren nem tud áthaladni (1. ábra) [2], [3].

A különböző felhasználási területeknek megfelelően a folyadékkristályos kijelzők számos típusa van jelen a piacon, az alábbiakban egy ún. „passzív mátrix” kijelző-panel általános felépítése kerül bemutatásra (2. ábra).

A folyadékkristály két üveglap között helyezkedik el. Az üveglapon átlátszó elektródák találhatók. Az üveg általában nátriumüveg, de egyes esetekben sokkal drágább bór-szilikát üveget alkalmaznak. Az üveglap vastagsága 0,4-1,1 mm [4].

Az üveglemezek külső felületét polikarbonátból készített, 0,2 mm vastagságú polarizációs réteg borítja. Az üveg belső felületén, az elektródákon található az orientációs réteg, amely a molekulák kezdeti elrendeződését határozza meg. Általában hidrokarbon polimereket, pl. polivinil-alkoholt vagy hőálló poliimidet alkalmaznak e célra. A réteg vastagsága 30-100 nm [5].

Az elektróda egy vékony, átlátszó fémréteg, pl. arany, ezüst, ón. Általában ón-oxidot, vagy indium-oxidot, de a leginkább a kettő ötvözetét alkalmazzák, mivel a bevont felületen kemény réteget alkotnak. Az indium-ón oxid elfogadható ára és megfelelő átlátszósága miatt lett a leggyakoribb. A réteg vastagsága 30-80 nm [6].

A kijelzőkben különböző folyadékkristályos anyagok 10-20 elemből álló keverékét alkalmazzák, hogy megfelelő sajátságú anyagot kapjanak. Évente több száz új anyagot, és több ezer új keveréket fejlesztenek ki és vizsgálnak, és a gyártók szerint ezek közül csak a legkevesbé toxikusok kerülnek

gyakorlati alkalmazásba [7]. Egyes vélemények szerint azonban ezek a toxikológiai vizsgálatok nem megbízhatóak, mivel nem független intézetek végezték el [8]. A réteg vastagsága 5 μm , mennyisége egy 15"-es képernyőnél kb. 350 mg.

1. ábra: LCD-kijelző működési elve

2. ábra: LCD-panel általános felépítése

A fény egy színszűrő rétegen is áthalad, amely piros, zöld, és kék területekből áll. A területek között fekete mátrix van, amely a fény színszűrők közötti kiszivárgásának megakadályozására szolgál. A fekete mátrix anyaga króm, króm-oxid, vagy valamilyen fekete gyanta. A színszűrő szerves vagy szervetlen polimer (zselatin, kazein, polivinil-alkohol, akril, epoxi, poliszter, poliimid), mely pigmenteket tartalmaz. A pigmentek általában karboxil-, amino-, vagy szulfoncsoportokat tartalmazó vegyületek. A réteg vastagsága 0,7-2,5 μm , a pigmentek 0,1 μm -nél kisebbek[9].

A kijelzők 90%-ában háttérvilágítást is alkalmaznak. A háttérvilágítás fényforrásból, tükörből, fényvezetőből és diffúzorból áll. Többféle működési elvet alkalmaznak, pl. elektrolumineszcens, LED, fluoreszcens fényforrásokat [10]. A tükör általában egy 25 μm vastag, 150nm vastag ezüstréteggel bevont polimer. A polimer általában PET, és UV elnyelő adalékanyagot is tartalmaz [11].

Kezelés

Az LCD panel, a háttérvilágítás, a vezérlőelektronika, a kábelek és a burkolat együttesen alkotják az LCD modult. Az újrahazsnosítás első lépése az eszközök, vagy egyes alkatrészeik változatlan formában történő újbóli felhasználása. Ehhez az alkatrészekben károsodást nem okozó szétszerelésre, és a működőképesség ellenőrzésére lenne szükség. Ennek legfőbb akadálya a piacon lévő termékek sokfélesége, és az egyes alkatrészek azonosításának nehézsége.

Az alkotórészek anyagában történő újrahazsnosítása esetén a cél a tiszta frakciók kinyerése. Mivel az egyéb elektronikai hulladékokhoz képest a különbséget az LCD panel jelenti, első lépésként célszerű ennek elkülönítése az egyéb alkatrészekről. Megfelelő berendezéssel történő aprítást követően az egyes alkatrészekből származó frakciók mechanikai módszerekkel szétválaszthatók. E módszer hátránya az, hogy a veszélyesnek minősülő alkotók beszennyezhetik az egyes termékeket, és megnehezíthetik a tiszta végtermékek előállítását. Ez a probléma kézi bontás előzetes alkalmazásával oldható meg.

A panel további feldolgozásának esetében a fő problémát az jelenti, hogy a komponensek vékony filmréteggént, kis mennyiségben vannak jelen, ez egyrészt nem tesz lehetővé mechanikai szétválasztási eljárások alkalmazását, másrészt a tiszta alkotók kinyerése nem gazdaságos. A cél tehát elsősorban a tiszta üvegrakció előállítása, esetleg az elektródát alkotó fém kinyerése lehet.

Az LCD-hulladékok kezelésére jelenleg a legelterjedtebb megoldás az égetés és a lerakás. Az égetés a szilárd települési hulladékok égetéséhez hasonló szennyezőanyag-kibocsátással jár, emellett azt feltételezik, hogy a folyadékkristályok magas hőmérsékleten keletkező bomlástermékei toxikusak lehetnek. A lerakással az a probléma, hogy a folyadékkristályos anyagok környezetre gyakorolt hatása ma sem pontosan ismert, de egyes vizsgálatok szerint veszélyt jelenthet az élővizekre, és biológiailag nehezen bontható le. Továbbá a háttérvilágítás esetleges higanytartalmával is számolni kell.

Németországban egy cég foglalkozik LCD-k kezelésével. Az eljárás során a képernyőket felaprítják, a folyadékkristályos anyagot alacsony nyomáson az üvegről eltávolítják, majd katalizátor jelenlétében magas hőmérsékleten, zárt rendszerben elégetik. A módszerrel az üveg 70%-a kinyerhető [8].

Japánban az LCD panelekből származó üveget egyéb szilikáttal együtt a vas eltávolítására használják az acélgyártás során keletkező füstből, valamint a cink finomítása során, a keletkezett maradékanyagot pedig a cementgyártásban használják fel. Az eljárás során a szerves anyagok (folyadékkristályok, polarizátor, stb.) magas hőmérsékleten elégnék [12].

Befejezés

Az LCD-kijelzők forgalma világszerte egyre nagyobb ütemben növekszik. Ez természetesen együtt jár a belőlük keletkező hulladék mennyiségének növekedésével, mely magyar viszonylatban is évente több millió darab. Mivel a környezetre ártalmas összetevőket is tartalmaznak, de hasznosításuk jelenleg nem megoldott, szükségessé vált a megfelelő hasznosítási technológia kialakítása. Ebben a leküzdendő akadályokat összetett felépítésük, és a feldolgozás eredményeként kapott termékek további felhasználhatósága jelenti.

Irodalom

- [1] www.coming.com
- [2] What is TFT LCD? <http://www.netbored.com>
- [3] Multimedia/panel displays <http://www.pctechguide.com>
- [4] Liquid crystal materials in LCD panel <http://home.iejta.or.jp>
- [5] A. Seeboth: Orientation layers for liquid crystals in liquid crystal displays Displays 20, 1999. P. 131-136
- [6] Thomas Jansseune: Future material-Indium Tin Oxide <http://www.thinfilmpproducts.unicore.com>
- [7] Research and development: Liquid crystals from Darmstadt <http://www.merck.de>
- [8] Martin Prösher: Liquid Trash-Problems with disposal of LC displays, <http://www.heise.de>
- [9] Ram W. Sabins: Color filter technology for liquid crystal displays Displays 20, 1999. P. 119-129
- [10] About LCD and LCM <http://www.china-lcd.com>
- [11] Fukuda-Kawamoto-Gotoh: Degradation of Ag and Ag-alloy mirrors sputtered on polyethylene terephthalate substrates under visible light irradiation Thin Solid Films, 442, 2003. p. 117-120
- [12] Recycling of LCD panel <http://home.iejta.or.jp>

Miklósi Péter/doktorandusz

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány

Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet

H-3519 Miskolc, Iglói út 2.

E-mail: miklosi@bzlogi.hu