

3.3 | Újabb forradalom a polimerek fejlesztésében

Tárgyszavak: vezető polimerek; LED; biokompatibilis műanyagok; szupramolekuláris szerveződés; fotolitográfias anyagok; fotorezisztek.

Beérnek az évtizedes fejlesztőmunka gyümölcsei

Lassan megjelennek a piacon a több évtizedes fejlesztőmunkával kialakított új polimertípusok, pl. a vezető és félvezető polimerek, a fotorezisztek, a fotolitográfias anyagok, a biokompatibilis anyagok (pl. szaruhártyapótlékok, porckorongok). Az új szintetikus és bioszintetikus eljárások révén olyan új polimerek készíthetők, amelyek alkalmazásait ma még csak találgatni lehet.

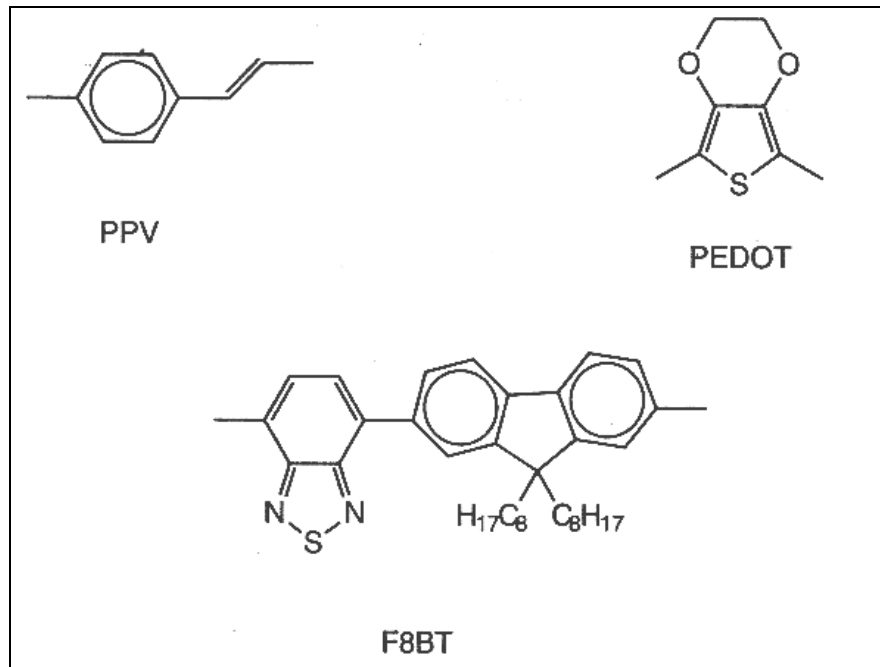
Vezető polimerek

Az első látható eredmény talán a vezető polimerek alkalmazása lesz a legújabb generációs mobiltelefonokban. A vezető polimereket az 1970-es évek óta ismerik, de eddig kereskedelmi alkalmazásaik nem voltak. A 2000. évi Nobel-díjat az első vezető polimer, a poliacetilén kifejlesztőinek ítelték oda.

A konjugált kettős kötésű vegyületeket jól fel lehet használni LED (fényki-bocsátó dióda) gyártásához, amellyel nagy fényerejű, szép színű telefonkijel-zőket lehet készíteni. Ha félvezető poli(p-fenilén-vinilén) (PPV) filmeket elekt-ródok közé helyeznek, azok feszültség hatására fényt bocsátanak ki. A kibo-csátott fény hullámhosszát szabályozni lehet a konjugációs hosszal és az elektront leadó vagy vonzó csoportok megfelelő megválasztásával. Más ve-zető polimerek, mint a poli(etilén-dioxi-tiofén) (PEDOT) vagy a bonyolultabb, F8BT kódnevű polimer (1. ábra) ugyancsak ígéretesnek tűnnek hasonló al-kalmazásra.

Már eddig is bebizonyosodott, hogy olcsó, könnyű, kis energia-felhasználású, lapos kijelzőket lehet készíteni ezzel a módszerrel, amelyek idővel talán teljesen kiszorítják a folyadékkristályos és a katódsugaras kijelző-ket a számítógépekben és a televíziókban. Ez azonban még odébb van, mert jelenleg az ilyen kijelzők élettartama mindössze néhány ezer óra, és a legna-gyobb képernyőátmérő még 10 cm alatt van. A mobiltelefonok piacán azonban ezek a korlátok nem jelentenek nagy hátrányt. Az is elképzelhető, hogy ha

sonló polimerekből fényelektromos berendezéseket, nyomtatható tranzistorokat vagy akár teljes nyomtatott áramköröket lehet majd készíteni, amelyeket intelligens hitelkártyákban, vonalkódokban vagy árujelzésekben fognak alkalmazni.



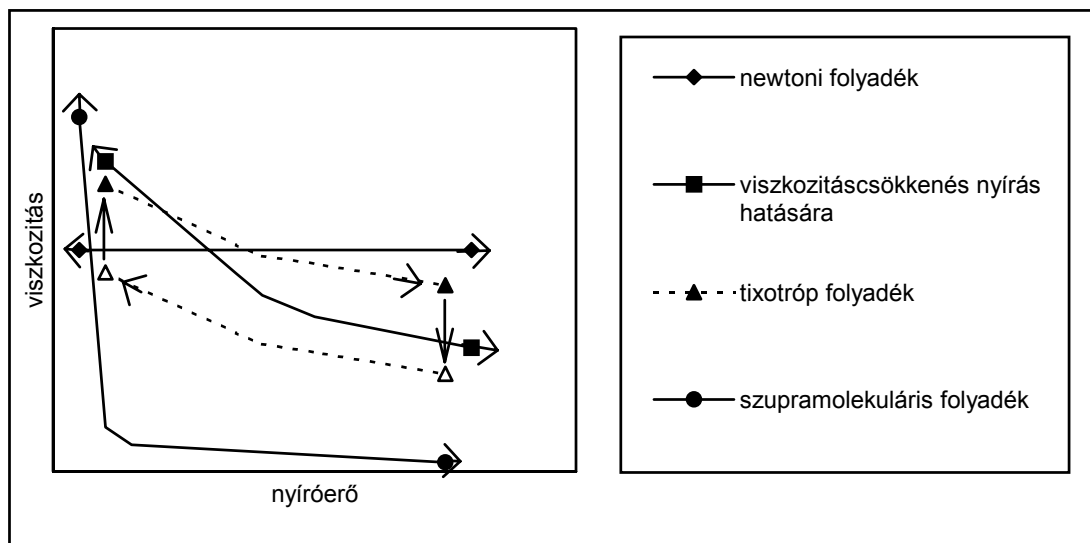
1. ábra LED-gyártáshoz felhasználható polimerek

Nem merültek ki a hagyományos, szerves félvezetők fejlesztési lehetőségei sem, és a polimer félvezetőkkel való kombináció új miniatürizált információtechnológiai eszközöket eredményezhet.

Szupramolekuláris szerveződés és biotechnológia

A polimerek orvosi alkalmazásai is elég jelentősek, de a biokémiai és biotechnológiai módszerek esetleges hozzájárulása a polimerkémiához egyenesen lélegzetelállító. Intenzíven tanulmányozzák a polimerek szupramolekuláris spontán rendeződését, amely bizonyos mértékig emlékeztet arra, ami megfigyelhető az élő szervezetekben. Kimutatták pl., hogy barbitursav- vagy uracilszármazékok amino-pirimidin csoportot tartalmazó vegyületekkel spontán polimert képeznek hidrogénhidkötések révén. Ezek a polimerek különleges és érdekes viszkoelasztikus tulajdonságokkal rendelkeznek, ami különféle gyakorlati feladatokra is alkalmassá teszi majd őket, ha kellőképpen lecsökken az áruk. A legtöbb polimer nyíróerők hatására (pl. ha egy szűk nyíláson préselik

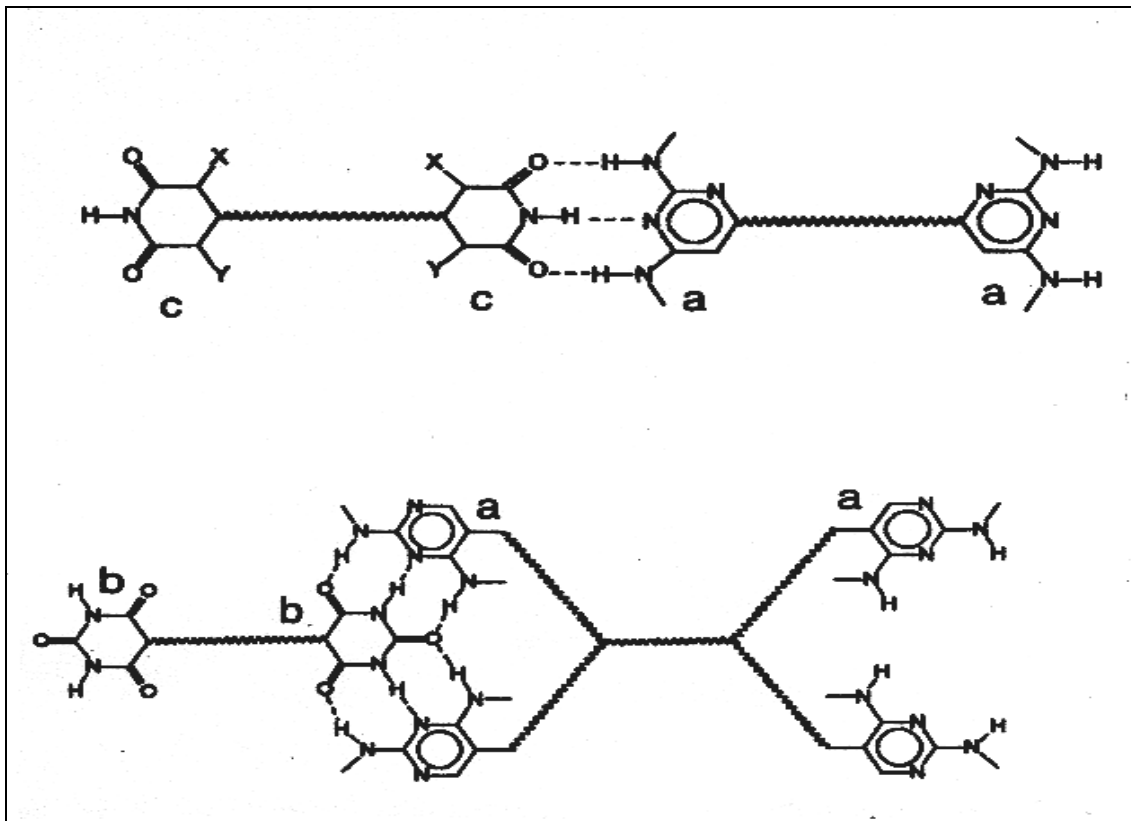
át) mérsékelten csökkenő viszkozitást mutat, de az eredeti szerkezet azonnal helyreáll, mielőtt megszűnik a nyíróhatás. Ettől eltérő jelenség a tixotropia, amikor egy folyadék annál hígabban folyó lesz, minél tovább keverik, és utána még egy darabig így is marad (2. ábra). A festékek pl. kinyitáskor gélesek, de ha felkeverik őket, kb. egy óráig kenhetőek maradnak. Ecsettel való felhordás során még tovább hígulnak, de ha befejezik a festést, ismét besűrűsödnek, ezért nem folynak meg és nem csepegnek. A 3. ábrán bemutatott szupramolekuláris polimereket hidrogénhidak tartják össze, ezért esetükben rendkívül kifejezett a nyírás hatására bekövetkező viszkozitáscsökkenés, de nem mutatnak tixotropiát.



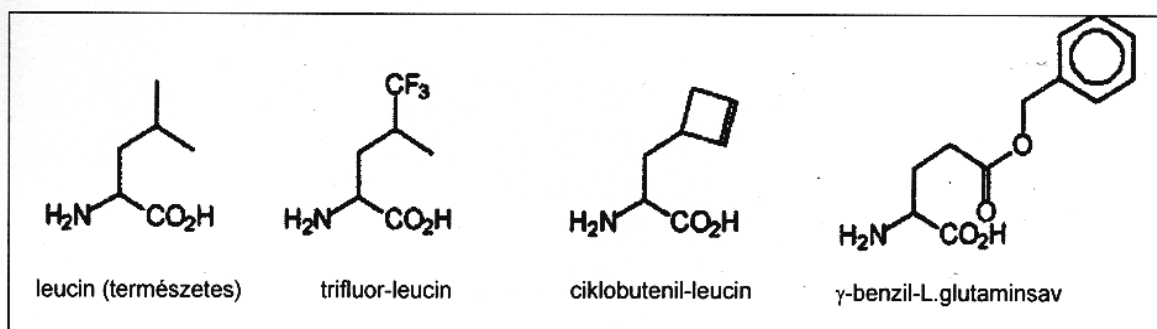
2. ábra A nyírás hatására bekövetkező viszkozitáscsökkenés és a tixotropia

A biotechnológia módszereivel akár olyan polimereket is elő lehet állítani, amelyeket más módon nem, vagy csak nehezen tudnának szintetizálni. A Kaliforniai Technológiai Intézet (California Institute of Technology) kutatói módszereket fedeztek fel arra, hogy hogyan lehet olyan egyszerű baktériumokat, mint az *E. coli*, a transzfer-RNS módosításával és speciális táptalajokkal arra kényszeríteni, hogy nem természetes aminosavakat is beépítsenek (4. ábra). A kutatók megtervezett génszekvenciákat vittek be a baktériumok DNS-ébe plazmidok segítségével, hogy különleges selyemfehérjéket és pókselymeket készíttessenek a baktériumokkal. Ha pl. trifluor-leucint visznek be egy selyemszerű szekvenciába $\{-(\text{Ala}/\text{Gly})_3\text{-F}_3\text{Leu-Gly}\}_n$, a keletkező polipeptidlánc úgy hajtogatódik, hogy a hidrofób trifluor-metil csoportok kifelé kerüljenek, és így gyengén tapadó tulajdonságú (csúszós) selymet lehet előállítani. Hasonló módszerekkel más funkciós csoportokat is be lehetett építeni polipeptidekbe, pl. halogéneket, vinilcsoportokat vagy azidokat. Még az sem biztos, hogy az

ilyen polimerek túl drágák lennének. A mostani laboratóriumi kísérletekben 25 g körüli mintákat állítottak elő. Az *E. coli* nem alkalmas nagy fermentorokban való felhasználásra, de ha hasonló génmanipulációt pl. élesztőgombákon sikerül elvégezni, nincs akadálya akár a tonnás tételekben való gyártásnak sem.



3. ábra Hidrogénhidakkal rögzített szupramolekuláris polimerek szerkezete (a-amido-pirimidin, b- barbitursav, c- uracil végcsoport)



4. ábra Természetes és szintetikus aminosavak

Új fotorezisztípusok és alkalmazásuk

A fotorezisztnek nevezett polimereket eddig sikerrel alkalmazták szerves félvezetők megmunkálásában és fotolitográfias alakításában. A Lucent Technologies cég által kifejlesztett kémiai amplifikációs (erősítési) módszer segítségével a standard 5–6 μm -es mintaméretet sikerült 0,15 μm -re csökkenteni, ami már GByte-os lapkák előállításához is elég.

A fotorezisztet tranzisztorok vagy nyomtatott áramköri minták kialakítására használják. Olyan szerves bevonatokról van szó, amelyek fény hatására bizonyos oldószerekben (általában lúgos oldatban) jobban oldhatók (pozitív fotoreziszt) vagy oldhatatlanná válnak (negatív fotoreziszt). Ha egy pozitív fotoreziszttrétegre lézerrel felvisznek egy mintázatot, onnan a gyantát ki lehet oldani, és a helyére vezető fémréteget lehet felvinni. A meg nem világított fotoreziszttrétegek a helyükön maradnak, és védik a szubsztrátum felszínét.

A GByte-os lapkák esetében azonban közel jutottak a 248 nm-es kripton-fluorid excimer lézerek teljesítőképességének határához. A hullámhosszat rövidíteni lehet Ar-F (193 nm) és molekuláris fluor (F_2) excimer lézerek segítségével (157 nm), ami 100, ill. 60 nm-es mintázatok kialakítását fogja lehetővé tenni, de ehhez meg kell változtatni a fotoreziszt-kémiát is.

A hagyományos fotoreziszt általában fenol-formaldehid típusú novolakgyanták, amelyekben diazo-naftokinont oldottak fel. Ez utóbbi UV-fény hatására lebomlik, és karbonsavat képez. Az új lézerekhez azonban kémiai amplifikációra van szükség, hogy kellően finom mintázatok lehessen kialakítani. Ezt pl. fotosav-generátorokkal (t-butilészter csoportokat tartalmazó polimerekkel) lehet elérni. Ezek erős sav jelenlétében kevésbé oldható polimereket képeznek (negatív fotoreziszt), és regenerálják az erős savat. Még jobb felbontást értek el kolsav t-butilészterével, amelynek egyik oldala hidrofíli, másik oldala hidrofób, ezért orientálódik a felszínen, és jobban definiált mintázat kialakítását teszi lehetővé.

A finomabb felbontáshoz 193 nm-es sugárzást kell használni, de az aro-más novolakoknak ezen a hullámhosszon már túlságosan nagy az elnyelése, a fény nem jut el a fotosav-generátorokhoz. Ezért ilyen esetekben metakri-látokat vagy egyéb, még speciálisabb polimereket kell használni. Ezek közül az egyik legjobb a norbornén-maleinsavanhidrid kopolimer.

157 nm-nél már a szén-hidrogén kötéseknek is túl nagy az elnyelése, ezért ott Si-O kötések tartalmazó szilszeszkvi-sziloxán polimereket alkalmaznak, amelyek létraszerű szerkezetük miatt merevebbek, mint a normál polysziloxánok.

(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)

Birkett, D.: Second polymer revolution. = Chemistry and Industry, 10. k. 2002. máj. 20. p. 14–17.

Birkett, D.: Irresistible photoresists. = Chemistry and Industry, 10. k. 2002. máj. 20. p. 18.