

## **Tworzywa sztuczne w optoelektronice**

W ostatnich latach jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi mikroelektroniki półprzewodnikowej jest optoelektronika. Przyrządy optoelektroniczne znajdują różnorodne zastosowania, m.in. w aparaturze pomiarowej, urządzeniach radiolokacyjnych, automatyce, technice przetwarzania danych i układach pamięciowych, a najważniejsze z dotychczas opracowanych grup przyrządów - to fotodetektory, diody elektroluminescencyjne, lasery, transoptory, wskaźniki cyfrowe, mozaiki elektroluminescencyjne i układy scalone oparte na diodach i fotodetektorach.

Podobnie jak w innych dziedzinach mikroelektroniki półprzewodnikowej, rozwój optoelektroniki wiąże się ściśle z zastosowaniem tworzyw sztucznych i mimo, że teoretycznie jest możliwy bez ich udziału, to jednak szczególnie w masowej produkcji tworzywa wpływają na znaczną obniżkę kosztów wytwarzania przyrządów. Równocześnie z rozwojem przyrządów optoelektronicznych muszą być równolegle rozwijane dostosowane do nich obudowy. W przyrządach o wymaganiach specjalnych do wykonywania obudów nadal stosuje się materiały tradycyjne - ceramikę, metal i szkło, jednak w wielu przypadkach do wykonywania obudów i niektórych elementów przyrządów optoelektronicznych /soczewki, światłowody, warstwy rozpraszające, okienka, barwne warstwy filtrujące itp./ stosuje się tworzywa sztuczne. Konkurencyjność tworzyw w porównaniu z materiałami tradycyjnymi jest ogromna, gdyż obudowy czy też elementy z nich wykonane zapewniają wystarczającą niezawodność, wpływają na obniżenie ciężaru przyrządów, jak również na znaczną miniaturyzację, a ponadto ceny gotowych przyrządów są wtedy średnio o połowę niższe niż w przypadku użycia materiałów tradycyjnych.

Wielką zaletą tworzyw jest fakt, że elementy z nich wykonane /zwłaszcza soczewki/ nie wymagają dodatkowego polerowania, co jest konieczne w przypadku soczewek szklanych. Nawet w produkcji masowej zachowana jest powtarzalność wymiarów przy utrzymaniu wysokich tolerancji dla ogniskowej, średnicy i grubości, a soczewki z tworzyw bezpośrednio po wyjęciu z formy mają na ogół wystarczającą gładkość powierzchni. Soczewki o bardzo małej średnicy lub blok zawierający szereg pojedynczych soczewek, stosowanych np. do czytników kart perforowanych, praktycznie można wykonać niemal wyłącznie z tworzyw.

Niektóre przyrządy optoelektroniczne można zaprasowywać w tworzywach, możliwe jest również wykonanie z tworzyw elementów umożliwiających włączenie wsporników, tulejek dystansowych itp., co ułatwia montaż i prowadzi do obniżenia całkowitych kosztów takich przyrządów.

Oprzrzędowanie konieczne do produkcji elementów optycznych jest kosztowne, jednak jest to wydatek jednorazowy i amortyzuje się już przy produkcji około 1000 elementów, natomiast oprzrzędowanie potrzebne do szlifowania i polerowania elementów szklanych trzeba dość często wymieniać. Należy zaznaczyć, że całkowity koszt formy zwiększa się wraz ze wzrostem liczby gniazd, lecz w przeliczeniu na jedno gniazdo - a więc na jednostkę wyrobu - koszt ten maleje. W przypadku wykonywania elementów podobnych, o zbliżonych wymiarach, istnieje możliwość zastosowania tzw. "formy rodzinnej", tzn. formy zawierającej różne gniazda. Koszt jednej formy o różnych gniazdach jest niższy w porównaniu z kosztem dwóch form o gniazdach jednakowych.

Jedną z nielicznych wad elementów wykonanych z tworzyw sztucznych jest ich stosunkowo niska odporność na podwyższoną temperaturę. Mogą się one odkształcać /zależnie od rodzaju tworzywa/ przy ciągłych temperaturach pracy w zakresie od 75°C do 120°C. Może również wystąpić wtedy nadmierna absorpcja promieniowania podczerwonego przez samą soczewkę wykonaną z tworzywa, czemu można przeciwdziałać wstawiając między źródło światła a powierzchnię elementu z tworzywa planarny arkusz szkła absorbujący ciepło.

Wraz z wytwarzaniem nowych elementów optoelektronicznych wzrasta także zapotrzebowanie na coraz to nowe rodzaje tworzyw sztucznych o specyficznych własnościach.

Elementy optyczne i części obudów wykonuje się z tworzyw akrylowych, poliwęglanu, polistyrenu i jego kopolimerów oraz polipropylenu - surowce te są przetwarzane metodą wtrysku - a także z żywic epoksydowych, przy użyciu których stosowana jest technika zalewania lub niskociśnieniowego prasowania przetłocznego. Charakterystyki optyczne i inne własności wymienionych ogólnie tworzyw podano w tab. 1.

Spśród tworzyw wykazujących stosunkowo dobrą przezroczystość należy wymienić jeszcze żywice poliestrowe i silikonowe. Żywice poliestrowe charakteryzują się jednak zbyt dużym współczynnikiem skurczu podczas utwardzania, natomiast silikonowe są albo zbyt elastyczne w przypadku żywic kauczukopodobnych albo zbyt kruche w przypadku silikonowych żywic półsztywnych.

Tworzywa akrylowe charakteryzują się dużą przezroczystością, dobrą udarnością i odpornością na zarysowanie. Ich zdolność prasownicza jest doskonała. Podczas użytkowania nie stwierdza się dostrzegalnego starzenia przy pracy w warunkach zewnętrznych. Krajowe gatunki polimetakrylanu metylu są niejednorodne i każda partia wymaga przeprowadzenia osobnych prób.

Poliwęglan, dzięki dość dobrej wytrzymałości na temperaturę, stosuje się głównie do produkcji elementów i obudów przyrządów optoelektronicznych w tych przypadkach, w których występuje podwyższenie temperatury. Jest on dość trudny w przetwórstwie, jak również stosunkowo łatwo ulega zarysowaniu. Poliwęglan produkowany w Polsce o nazwie Bistan AW wytwarzany narazie w skali ćwierćtechnicznej, podobnie jak krajowy polimetakrylan, jest niejednorodny.

Jak wynikałoby pozornie z tab. 1 największe zastosowanie powinien znaleźć polistyren, zwłaszcza w produkcji masowej, gdyż jest to najtańsze tworzywo o własnościach optycznych, przy tym jest łatwy w obróbce /wtrysk/ - jego współczynnik refrakcji jest najwyższy w porównaniu z innymi tworzywami. Polistyren ulega jednak

Tabela 1

Właściwości	Tworzywo akrylowe	Poliwęglan	Polistyren	Polipropylen	Żywicę epoksydowe	ABS
Współczynnik refrakcji / $n_D$ /	1,491	1,586	1,590	1,500	1,470	
Zamglenie /%/	< 2	< 3	< 3			
Przepuszczalność światła /%/	92	88	89			
Kąt graniczny / $i_c$ /	42,2	39,1	39,0			
Temperatura odkształcenia						
20°C/min. 18,5 kG/cm <sup>2</sup>	92	138	82	99	95	88
20°C/min. 4,6 kG/cm <sup>2</sup>	101	132	110	130	120	97
Współczynnik liniowej rozszerzalności termicznej						
$\frac{\text{cm}}{\text{cm}^\circ\text{C}} \cdot 10^{-5}$	6,5	6,8	6,3	16	6,1	8,5
Zalecana maksymalna temperatura pracy /°C/	92	120	82	95	100	85
Absorpcja wody 24h zanurzenia, 23°C /%/	0,3	0,15	0,2	0,1 / 7 dni/	0,2	0,2-0,3
Gęstość /g/cm <sup>3</sup> /	1,19	1,20	1,06	0,906	1,19	1,07
Twardość /próbki 0,25 in/	M 97	M 70	M 90	750 /met.kulki/	M 107	600 /met.kulki/
Udarność z karbem /Izod/ /ft-lb/in/	0,3-0,5	12-17	0,35	10 /kGcm/cm <sup>2</sup>		3,5 /kGcm/cm <sup>2</sup>

degradacji pod wpływem promieniowania ultrafioletowego podczas długotrwałego działania światła słonecznego oraz wykazuje słabą odporność na zarysowanie.

Kopolimery ABS /kopolimer akrylonitrylu, butadienu i styrenu/ oraz SAN /kopolimer styrenu i akrylonitrylu/ nie są dotychczas produkowane w Polsce. Kopolimery ABS - oprócz specjalnych gatunków - są nieprzezroczyste, wykazują znacznie większą udarność niż polistyren, a niektóre gatunki mają duże znaczenie dzięki temu, że dają się metalizować. Ostatnio japońska firma Torray Co. wyprodukowała ABS - o dużej przezroczystości i bez żółtego odcienia - o nazwie Toyolac 900/100. Tworzywo to daje się barwić na dowolne kolory, uzyskując intensywne zabarwienie w całej masie. Kopolimery SAN mają wysoką wytrzymałość mechaniczną, dobrą twardość i przezroczystość, ale charakteryzują się stosunkowo niską udarnością. Zarówno kopolimery ABS jak i SAN są dość łatwe w przetwórstwie.

Polipropylen jest tworzywem o dużej udarności, pewne jego gatunki są podatne na metalizowanie. Jest łatwy w obróbce /wtrysk/, lecz wykazuje słabą odporność na zarysowanie. Od niedawna polipropylen jest produkowany w Polsce w Zakładach Petrochemicznych w Płocku.

Żywice epoksydowe mogą być używane przy stosowaniu techniki zalewania i formowania "okienek". Gatunków zalewowych żywic epoksydowych jest bardzo dużo. Krajową żywicą zalewową jest Epidian 5, produkowany przez Zakłady Chemiczne "Sarzyna". Wytwarzane partie nie mają jednak powtarzalnych własności, poza tym Epidian 5 ma zbyt ciemne zabarwienie, aby mógł się nadawać do zastosowania w optoelektronice.

Natomiast spośród bardzo wielu typów żywic epoksydowych, produkowanych przez różne firmy zagraniczne, istnieje kilka typów opracowanych specjalnie jako kompozycje służące do hermetyzacji przyrządów optoelektronicznych. Charakteryzują się one dobrą przepuszczalnością światła sięgającą ponad 90% oraz stosunkowo małą lepkością. Są to takie kompozycje jak: CY-179, CY-206+HT907, Stycast 1269A, Epocast 2013 A/B, Hyflo C-74 Std i C-75 Std - przeznaczone do zalewania oraz opracowane jako tłoczycwo Hyflo MC-18 - przeznaczone do niskociśnieniowego zaprasowywania. Wybrane własności tego typu żywic epoksydowych podane są w tab. 2.

Nowe tworzywa, które wyróżniają się znaczną przepuszczalnością światła i w związku z tym mogą ewentualnie znaleźć w niedalekiej przyszłości zastosowanie w produkcji elementów i obudów przyrządów optoelektronicznych, to poli /4-metylopenten/ o nazwie firmowej TPX, polihydroksyeter /produkowany również w Polsce w skali półtechnicznej pod nazwą Epiterm/, a także Polymer 360 /Astreal 360/, który dodatkowo charakteryzuje się wysoką odpornością termiczną /260°C/. Są to tworzywa termoplastyczne o niewielkiej zawartości krystalitów, a ich przepuszczalność światła wynosi około 90%.

Wszystkie wymienione powyżej tworzywa bądź są już obecnie stosowane do wytwarzania przyrządów optoelektronicznych, bądź prowadzone są prace nad ustaleniem możliwości ich zastosowania do takich przyrządów.

## Wybrane własności specjalnych typów żywic epoksydowych

Tabela 2

Własności	Stycast 1269 A	Hyflo C-74 Std	Hyflo C-75 Std	Hyflo MC-18	CY-179
Współczynnik refrakcji	1,54	200	2.500	-	60 /60°C/
Lepkość cP /25°C/	4.000	4/120	4/120		3/80
Czas żelowania h/°C	16/88	20/100	20/100	4/150	8/120
Warunki utwardzania h/°C	0,6	0,02	0,02	2	
Skurcz %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
Chłonność wody %	D-85	D-84	D-84	D-85	
Twardość °Sh	145	145	150		150
Temp. odkształcenia °C	0,00065	0,00035	0,00047		0,00033
Przewodnictwo ciepła cal/cm.s. °C	75.10 <sup>-6</sup>	70.10 <sup>-6</sup>	70.10 <sup>-6</sup>	65.10 <sup>-6</sup>	60.10 <sup>-6</sup>
Rozszerzalność l/°C	2.300	700	700	1.050	1.100
Wytrzymałość na zginanie kG/cm <sup>2</sup>	0,0045 /10 <sup>6</sup> Hz/	0,004 /10 <sup>5</sup> Hz/	0,005 /10 <sup>5</sup> Hz/		0,004 /10 <sup>6</sup> Hz/
tg δ /25°C/	3,8 /10 <sup>6</sup> Hz/ 7.10 <sup>14</sup>	3,2 /10 <sup>5</sup> Hz/ 2.10 <sup>16</sup>	3,3 /10 <sup>5</sup> Hz/ 8.10 <sup>15</sup>		3,5 /10 <sup>6</sup> Hz/ 2.10 <sup>17</sup>
Przenikalność E <sub>r</sub>					
Oporność skrośna om.cm					