

Odkąd odkryto ich właściwości półprzewodnikowe, plastiki skąpały świat w nowym świetle. W tej technologii budowane są płaskie, elastyczne wyświetlacze umożliwiające wyświetlanie obrazów w pełnej gamie kolorystycznej.

Ciepłe światło zalewa pokój bez okien. Ale nie znajdujemy lamp. Wyłożone tapetami ściany i sufity emitują delikatne białe światło. Przypadkowym muśnięciem ręki dotykasz jednej ze ścian, która natychmiast zaczyna wyświetlać kolorowe obrazy, fragmenty wieczornych wiadomości. Połykające pokrycie ścian zmie-

Świat plastikowych wyświetlaczy

niło się w ekran telewizyjny. Dywany i zasłony wyświetlające obrazy, ekrany o wielkości i kształcie dopasowanym do ściany, przepięknie z ruchomą grafiką komputerową - tego wszystkiego możemy oczekiwać wkrótce. Nadchodząca dekada prawdopodobnie przyniesie wielkie, kolorowe monitory cienkie i lekkie jak papier. Użytkownicy będą nawet mogli zwinąć je w rulony, aby odstawić na bok.

„Chcemy też produkować elektroniczną gazetę” - twierdzi dr Wolfgang Rogler z Centrum Badań Technologicznych firmy Siemens w Niemczech. „Głosem będzie można przywołać najaktualniejsze wydania różnych



publikacji na elastycznym ekranie. Myślimy też o interaktywnym, przenośnym, kieszonkowym komputerze osobistym - telefonie komórkowym ze zintegrowanym, wielkoformatowym, związalnym monitorem. Używając takiego urządzenia będziemy mieli dostęp nie tylko do wszystkich funkcji komputera, ale też nieograniczony dostęp do Internetu”.

Tak, są przewodzące

Ekspert od plastików stawiają na cząsteczki plastiku - maleńkie grudki tworzone z organicznych cząsteczek. Zaledwie dziesięć lat temu badacze w Cambridge przypadkowo odkryli ich elektroluminescencję - zdolność do przetwarzania energii elektrycznej w światło. Są to cząsteczki polimerów o trudnych do wymówienia nazwach, jak polihiofen (czerwony), polifluoren (niebieski) i polifenylenowinylen (zielony).

Pierścienie aromatycznego benzenu są połączone podwójnymi wiązaniami węglowymi jak perły na długim sznurku. Tak jak elektrony w konwencjonalnych strukturach LED, elektrony w pierścieniach benzenu są wzbudzone zewnętrznym napięciem od 3V do 5V. Wracając do stanu wyjściowego wypromieniowują jasne i łagodne światło, w kolorze zależnym od użytego materiału.

Monochromatyczne organiczne diody świecące OLED, są tworzone z wykorzystaniem technologii wielowarstwowej. Cienka warstwa polimeru jest umieszczana między dwiema elektrodami. Kilka warstw atomów indium-tin-oxynu (ITO - ind-cyna-tlen) - przezroczystego przewodnika - jest rozpylanych na szklane podłoże lub przezroczyste, elastyczne folie - nośniki. W procesie wytwarzania, anoda ta jest pokrywana bardzo cienką warstwą cząsteczek półprzewodnika. Siły odśrodkowe rozprowadzają polimery, rozpuszczone przez rozpuszczalniki, w równomier-



Fot. 1. Dożywością gwarancję działania zapewniono zamykając wyświetlacze organiczne w hermetycznej obudowie wypełnionej obojętnym gazem



Fot. 2. Elastyczność jest atutem OLED-ów. Zginalne lub zwijalne ekrany wyświetlaczy nie istnieją tylko w sferze marzeń

ny sposób, nawet na dużych powierzchniach. Następnie na polimer jest napylna elastyczna katoda składająca się z różnych metali.

Elastyczność jest atutem OLED-ów

Wynikiem tych osiągnięć są wyświetlacze, które można zgiąć i zwijać. Grubość aktywnej części wyświetlacza jest mniejsza niż 500 nm. „Biorąc pod uwagę warstwę czynną elementu, w żadnej technologii nie można wyprodukować tak cienkiego, uniwersalnego źródła światła” - powiedział Erwin Wolf, który jest szefem oddziału wyświetlaczy w Osram Optosemiconductors, przedsiębiorstwie joint venture powołanym na początku roku 1999 przez Osram (51%) i Infineon (49%), z działu Siemens do spraw półprzewodników. „Jasność OLED-ów jest porównywalna z jasnością konwencjonalnej żarówki stuwatowej. Ponadto, drobne modyfikacje w strukturze chemicznej polimerów umożliwiają wygenerowanie przez nie nowych kolorów. Mieszanie kolorów podstawowych: czerwonego, zielonego i niebieskiego stwarza możliwość tworzenia innych odcieni i kolorów, włącznie z kolorem białym”.

Są również inne dowody wyższości polimerowych źródeł światła nad nieorganicznymi LED-ami. Na przykład, elektroluminescencyjne polimery mogą być używane do tworzenia zarówno bardzo małych punktów świetlnych jak i wielkich podświetlanych powierzchni. Elementy OLED o powierzchni aktywnej 16 cm² są

obecnie poddawane długoterminowym testom laboratoryjnym. Nakładanie elektrody na polimer jest czynnością krytyczną procesu wytwórczego, najpoważniej ograniczającą jej rozmiar i kształt. Ale już wkrótce, gdyż nie istnieją żadne ograniczenia dotyczące nakładania katod na elementy metalowe. Będzie można wytworzyć świecący element o dowolnym kształcie. Billboardy reklamowe lub znaki ostrzegawcze, które trudno jest teraz wyprodukować przy użyciu klasycznych struktur LED, będą w przyszłości wytwarzane tą metodą.

Pod względem wydajności świetlnej wyświetlacze OLED uzyskują wyniki tak dobre, jak ich nieorganiczne odpowiedniki. Jedyńą wadą jest to, że pozostają w tyle pod względem trwałości użytkowej. Gdy 10000 godzin żywotności nowych diod jest już akceptowalne, konwencjonalne LED-y mogą pracować około dziesięć razy dłużej.

Potencjalnie lepsze

Wolf, który jest odpowiedzialny za organizację produkcji elementów świecących na dużą skalę i kieruje marketingiem produktów OLED na całym świecie, rozpoczyna demonstrację pozwalającą pokazać co polimery mogą dokonać. Nie zostawiające poświaty litery przesuwają się po prototypowym wyświetlaczu telefonu komórkowego o wymiarach 2x4cm. „W tych pasywnych wyświetlaczach matrycowych anoda jest dzielona na linie, a katoda na kolumny tak, aby mały ekran wyświetlacza miał około 6000 pikseli. Inercja postrzegania naszych oczu powoduje wrażenie biegnącego tekstu.

„Architektura takich wyświetlaczy jest polem badań specjalistów wielu dziedzin - inżynierii materiałowej i procesowej oraz inżynierów elektronik” - mówi Rogler, który stał na czele 14-osobowej ekipy OLED przez rok. „Aktualnie rozwijamy procesy technologiczne do produkcji nowej generacji płaskich ekranów wyświetlaczy.”

Zalety takich wyświetlaczy, w porównaniu z odpowiadającymi im konwencjonalnymi wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi (LCD), są następujące - dobre nasycenie kolorów, kąt widzenia sięgający 180° i niewielka grubość matrycy. Cho-

ciaż upłynie jeszcze trochę czasu zanim nowa technologia dojrzeje, to jej aktualne możliwości pozwalają na uzyskanie łatwiejszych i tańszych rozwiązań systemowych:

- Prostsza budowa. Dodatkowe źródło światła do podświetlania nie jest już potrzebne, jak również nie są potrzebne filtry dla różnobarwnych wyświetlaczy LCD.
 - Polimery tworzą ciągłą powłokę po procesie powlekania. W przeciwieństwie do nich kryształy LCD są ciekłe i tworzą małe komórki.
 - Nowa technologia nie opiera się na efekcie złożonej reorientacji (ciekłe kryształy modyfikują tylko transmisję światła), ale na właściwości świecenia materiału organicznego.
- To wszystko jest możliwe bez wprowadzania zakłóceń elektromagnetycznych.

Wyścig łeb w łeb

W prototypowych rozwiązaniach uzyskiwany jest współczynnik wypełnienia powierzchni czynnym elementem świecącym około 90%, co oznacza, że świecące piksele stanowią 9/10 powierzchni ekranu. „Uzyskanie małych odległości między poszczególnymi paskami elektrod w wyświetlaczach macierzowych jest naszą specjalnością” - twierdzi dr Georg Wittmann, inżynier materiałoznawca. Wśród konkurencji tylko Philips ogłosił gotowość sprzedaży pierwszych elementów polimerowych LED, zawierających 7-segmentowy wyświetlacz do prezentacji liter i cyfr. Natomiast Pioneer oferuje kolorowe wyświetlacze OLED do samochodowych odbiorników radiowych.

Siemens, na targach elektronicznych CeBIT 1999, przyciągał uwagę jasno świecącym wyświetlaczem SmartCard.

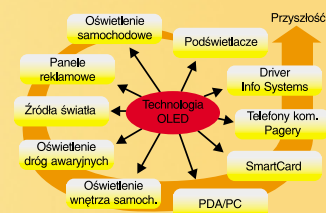
Trzy połączone firmy niemieckie wyprodukowały kartę kredytową, która informuje, ile pieniędzy zostało w elektronicznym portfelu. Współtwórcami byli: Covion Organic Semiconductor z Frankfurtu - najbardziej znany europejski producent materiałów OLED, Giesecke & Devrient z Monachium - firma wiodąca w europejskim sektorze kart chipowych i Varta AG z Elwangen, która wprowadziła do karty ultracienką baterię litową. Wielofunkcyjna karta nie potrzebuje już zewnętrznego

czytnika. Mimo tego, iż w karcie znajduje się mikroprocesor, zasilanie, wyświetlacz i płaskie złącze kontaktowe, karta nadal pozostaje tak cienka i elastyczna jak każda konwencjonalna karta kredytowa. Karty te mają żywotność sięgającą 3 lat i są odporne na typowe narażenie mechaniczne.

Siemens planuje w roku 2002 wprowadzenie do sprzedaży pasywnych wyświetlaczy macierzowych ze zintegrowanymi układami zasilania. Produkcja na dużą skalę rozpocznie się od monochromatycznych wyświetlaczy graficznych w rozmiarze do 2 cali. Wyświetlacze te będzie można stosować w komputerach pokładowych i innych urządzeniach. Niskie napięcie zasilania (poniżej 5 V) sprawia, że są one również idealne do telefonów komórkowych, pagerów i urządzeń zasilanych bateryjnie. Wkrótce pojawią się wyświetlacze świecące na niebiesko i czerwono, jak również wielokolorowe monitory. „Wkraczamy na bardzo atrakcyjny segment rynku, wart około czterech miliardów dolarów rocznie” - podkreśla Wolf. Naturalnie uwaga ta dotyczy całego rynku ekranów o płaskich wyświetlaczach, do których zaliczają się również nowoczesne 21-calowe monitory. Według Stanfordskiego Instytutu Badawczego, na tym rynku w roku 2004 zostanie wydane na elementy 21 miliardów dolarów amerykańskich.

Ku nowym granicom

Trzeba jednak wykonać wiele eksperymentów zanim możliwe będzie tworzenie dużych monitorów, w pełni zdolnych do wyświetlania kolorów i grafiki. Już przy przekątnej wyświetlacza równej 8 cali jest ponad milion pikseli, które nie mogą być pasywne, a mu-



Rys. 3. Możliwości użycia organicznych świecących diod obejmują zastosowanie do oświetlenia pojazdów, systemów nawigacyjnych i przenośnych minikomputerów do karty inteligentnej (SmartCard).



Fot. 4. Karty płatnicze ze świecącymi wyświetlaczami zrobionymi z organicznych LED-ów

są być aktywowane bezpośrednio. „W tych aktywnych wyświetlaczach macierzowych, każdy punkt świetlny otrzymuje cienkowarstwowy tranzystor“ - mówi Wittmann wyjaśniając szczegóły projektu tych monitorów. „Jest to dodatkowa warstwa krzemu polikrystalicznego obok katody i warstwy polimeru, która może być łatwo uzyskana w procesie litografii. Każdy piksel zawsze wypromieniowuje do otoczenia dokładnie taką ilość światła, jaka jest potrzebna do otrzymania wrażenia danej barwy“. W wyniku tego, nie tylko możliwe jest tworzenie dużych powierzchni, ale również wydłuża się żywotność ekranów wyświetlaczy. Spowodowane jest to tym, że poszczególne punkty świetlne nie muszą być tak jasne, jak ich odpowiedniki w pasywnych wyświetlaczach matrycowych.

Jednym z problemów było starzenie się polimerów, które są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia. Organiczne molekuły rozkładają się w kontakcie z wodą lub tlenem. Odpowiednie warunki są więc niezbędne podczas przygotowywania materiału. Złożoność procesów koniecznych dla produkcji komponentów OLED



Fot. 5. Czy elektroniczna gazeta będzie w stanie odbierać sygnały z orbity? Tak, ale minie jeszcze trochę czasu, zanim jej czytelnicy będą mogli otrzymywać jej aktualizowaną wersję na elastycznym ekranie foliowym. Żywotność takich wyświetlaczy została podniesiona z niecałych 30 do ponad 10000 godzin

nie ułatwia masowej produkcji. Komponenty muszą być produkowane w czystych pomieszczeniach, czasem wręcz w hermetycznie zamkniętych szklanych komorach zawierających atmosferę z gazu obojętnego lub próżnię. „Każdy produkt musi zostać obudowany bez dopuszczenia powietrza zanim opuści linię produkcyjną OLED“ - podkreśla Wittmann.

Pierwsze wyświetlacze OLED chronione były przed szkodliwym wpływem środowiska przez cienkie szkło. Jednak szkło jest kruche i nieelastyczne. To sprawia, że jest ono bezużyteczne do osłony elastycznych wyświetlaczy, które mogą zmieniać kształt. Aby ominąć tę trudność, inżynierowie pracują nad nieprzepuszczającym powietrza plastikiem i kompozytami plastiku. Ze względu na ich zdolność do wytrzymania zgięcia o promieniu 4 cm, pierwsze wodoodporne plastikowe laminaty o dobrej stabilności są już używane w kartach inteligentnych (SmartCard). Nowe materiały umożliwiają także wprowadzenie elastycznych wyświetlaczy w monitorach. Jest fascynujące, że deska rozdzielcza w projektowanych samochodach nie zawiera już wydzielonych wyświetlaczy, ale sama jest elementem wyświetlającym. Na żądanie szybkościomierz zmienia się w system nawigacyjny, a najnowsze e-maile mogą być odczytane na tarczy zegara.

„Świejące polimery są tylko wierzchołkiem góry lodowej, jeżeli chodzi o tę technologię półprzewodników“ - podkreśla Rogler. „Plastiki wkrótce umożliwią nam nie tylko tworzenie innowacyjnych źródeł światła, ale też ich optoelektronicznego przeciwieństwa - baterii słonecznej. Optyczne pamięci, tranzystory, nawet mikroprocesory stworzone z syntetycznego materiału są już wyobrażalne. Organiczne półprzewodniki nie zastąpią technologii krzemowej, ale będą oferować niekosztowne rozwiązania dla wielu zastosowań“.

Birgit Zellmann
© Siemens AG 2001
D-80312 München

Dodatkowe informacje

Materiały do artykułu udostępniła firma SYSTEM www.lcd.elementy.pl.