

# Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Technica V (2012)

*Jerzy Zieliński*

## Gazeta elektroniczna – rewolucja w dostępie do informacji

### Wstęp

Badania nad zbudowaniem elastycznego monitora przypominającego gazetę, na którym można by prezentować wybrane informacje w sposób maksymalnie zbliżony do naszych przyzwyczajeń związanych z czytaniem gazet i książek drukowanych prowadzone są na świecie od lat 70. XX wieku. W ich wyniku opracowano kilka rozsądnych z punktu widzenia ekonomicznego i użytkowego technik, które systematycznie od początku XXI wieku były wdrażane. Ale tak naprawdę przełom – zarówno realny w opracowanej technice, jak i w mentalności użytkowników – nastąpił w ostatnim okresie. Ewidentnym dowodem na to był fakt, że m.in. na przełomie roku 2009 i 2010 firma „Amazon” realizowała gwiazdkowe zamówienia na czytniki książek do końca pierwszego kwartału 2010. Sytuacja ta zaskoczyła praktycznie wszystkich – okazało się nagle, że grupa zastosowań, którą traktowano marginalnie, może stać się samodzielnym, poważnym graczem na rynku [1, 2].



**Rys. 1.** Pierwszy kolorowy czytnik e-booków Fujitsu FLEPia oraz 19-calowy, giętki wyświetlacz w technologii E-Ink – oba zaprezentowane w 2010 roku

Praca jest próbą odpowiedzi na pytanie, jakie rozwiązania techniczne umożliwiły ten przełom i jakich kolejnych istotnych zmian możemy oczekiwać. Przy okazji zastanowimy się nad problemem, jak rozpowszechnienie się tej nowej techniki może wpłynąć na nasze życie codzienne, zarówno zawodowe, jak i prywatne.

## Wymagania na wyświetlacz typu elektroniczny papier

Zaczynając przegląd dostępnych technologii, musimy sobie zdefiniować wymagania na budowę tak zwanego „elektronicznego papieru”. Przede wszystkim musimy uzmysłwić sobie, czym ma się on różnić od klasycznego laptopa, monitora komputerowego, gazety na ekranie TV, czy wreszcie nowoczesnego telefonu komórkowego.

Podstawowa różnica pomiędzy elektroniczną książką a innymi systemami polega na tym, że e-book powinien pracować bardzo długo na jednym zestawie baterii – bez zasilania zewnętrznego. Typowy wymóg to możliwość „przejrzenia” kilku tysięcy statycznych stron bez konieczności wymiany/ładowania baterii. W normalnych warunkach odpowiada to kilku miesiącom pracy wyświetlacza. Oczywiście, może to się odbyć kosztem ograniczenia zakresu zobrazowanej informacji. Najszybciej rezygnuje się z żądania zobrazowania kolorowego, nie jest też konieczne przedstawianie ruchu.

Zacznijmy zatem od zdefiniowania, czym jest elektroniczny papier. Jest to wyświetlacz elektroniczny, na którym dane wyświetlane są jako cała, zasadniczo niemodyfikowalna przez użytkownika, strona (lub jej duży fragment). Dane mają być wyświetlone minimalnym nakładem energii i po wyświetleniu nie powinny wymagać energii do ich podtrzymania. Przesunięcie danych może skutkować przesunięciem całego bloku (strony bądź jej fragmentu) tekstu (co również ma na celu zminimalizowanie energii potrzebnej do pracy urządzenia). Wyświetlacz gazety elektronicznej ma nam oferować:

- jakość porównywalną z papierem celulozowym,
- oszczędność energii, poprzez prace bez podświetlania ekranu,
- dobrą czytelność w typowym świetle zewnętrznym,
- dostęp do biblioteki danych zawartych w pamięci urządzenia,
- możliwie dużą elastyczność i wytrzymałość na zewnętrzne warunki i wypadki losowe,
- niewielką wagę, pozwalającą na wygodne przenoszenie wyświetlacza i korzystanie z niego niezależnie od warunków [3].

Zdaniem wielu specjalistów, wyświetlacz zawierający wszystkie te cechy będzie w stanie skutecznie zastąpić media korzystające z papieru celulozowego, a więc gazety, książki, jak również dokumenty, reklamy, a po drobnych modyfikacjach także notesy i zeszyty.

Wyświetlacze gazety elektronicznej różnią się znacznie od klasycznych wyświetlaczy komputerowych, dlatego niemożliwe okazało się bezpośrednie przeniesienie zdobytych już doświadczeń. Z tego też powodu do budowy wyświetlaczy dla elektronicznej gazety poszukiwano innych rozwiązań niż te najczęściej stosowane ciekłokrystaliczne czy plazmowe.

Podstawowe parametry opisujące papier elektroniczny to:

- kontrast – parametr określający stosunek luminancji maksymalnej do luminancji minimalnej, czyli najjaśniejszego i najciemniejszego punktu na wyświetlaczu. Standardowy papier w książce z miękką okładką czy codzienna gazeta ma kontrast 7:1,
- współczynnik odbicia koloru białego – parametr określający zdolność białego koloru na wyświetlaczu do odbijania światła. Podawany w procentach [%] współczynnik pozwala określić czytelność wyświetlacza w normalnym świetle zewnętrznym,
- czas reakcji – parametr określający ilość czasu potrzebną do przejścia między stanem czarnym a białym na ekranie wyświetlacza; podawany w mikrosekundach [ms],
- napięcie – parametr określający napięcie potrzebne do aktywowania zmiany w komórce papieru; podawany w woltach [V].

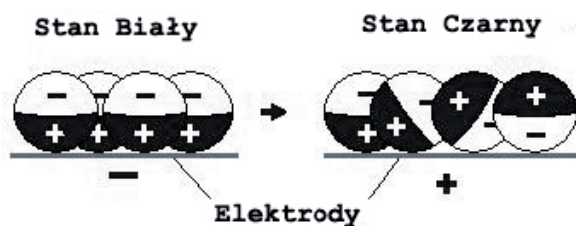
## Technologie elektronicznego papieru

Poniżej zostaną opisane podstawowe efekty – rodzaje „papieru elektronicznego”, które osiągnęły poziom pozwalający na ich praktyczne wykorzystanie. Należy zauważyć, że większość opracowań bazuje na oddziaływaniach elektrostatycznych naładowanych kulek/koralików/cząsteczek z elektrodą [4].

### Gyricon

Jednym z pierwszych rozwiązań był Gyricon – wynaleziony w latach 70. XX wieku w laboratoriach firmy Xerox w Palo Alto przez Nicka Sheridana.

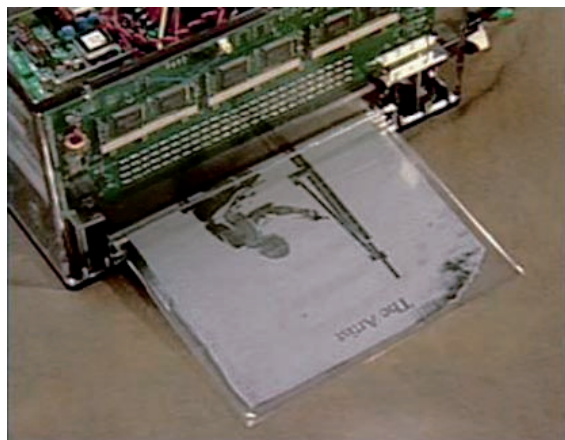
Arkusz Gyriconu to cienki, przezroczysty materiał wypełniony kulistymi drobinami. Każdy koralik znajduje się w wypełnionym olejem mikropęcherzyku, wewnątrz którego może się swobodnie obracać. Koraliki są wykonane w połowie z czarnego (lub czerwonego), a w połowie z białego materiału i naładowane tak, by stworzyć dipol elektryczny. Po przyłożeniu napięcia koraliki obracają się tak, by pokazać kolorową półkulę i stan ten utrzymuje się aż do kolejnego przyłożenia napięcia.



Rys. 2. Zasada działania Gyriconu

W najprostszych rozwiązaniach tekst i rysunki nanosi się na arkusz Gyriconu przy pomocy specjalnej drukarki, gdzie poprzedni obraz jest usuwany i nadrukowuje się nowy lub przy pomocy elektronicznej różdżki. Oba te urządzenia są stosunkowo nieduże, lekkie i niedrogie. Można je bez problemów nosić w aktówce. Nanoszenie

danych jest więc łatwe, ale w proponowanych rozwiązaniach nie spełnia wymogu zdalnego dostępu do bazy danych. Dostęp taki musi mieć „drukarka”, a użytkownik musiałby drukować każdą stronę osobno.



Rys. 3. Drukarka Gyricon

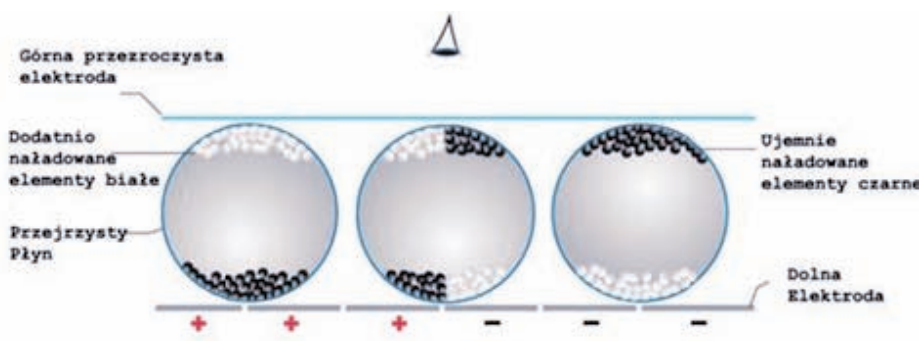
E-papier Gyricon jest lekki, giętki i wytrzymały. Sprzedawany jest również w wersji z naniesioną siecią elektrod, co upodabnia go do innych rodzajów e-papieru. Arkusze Gyriconu używane są najczęściej w tablicach ogłoszeniowych i w tabliczkach z cenami w supermarketach.

### E-Ink

W połowie lat 90. Joseph Jacobson, pracownik naukowy MIT, rozpoczął prace nad własnym elektronicznym atramentem. Zostały one zakończone sukcesem w roku 1999. W następnych latach dzięki współpracy z Lucent Technologies (transystory polimerowe) i IBM (aktywna matryca) wytworzono klasyczny – obecnie najczęściej wykorzystywany praktycznie – wzorec elektronicznego papieru.

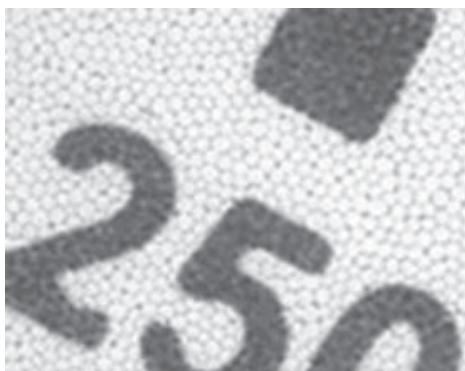


Rys. 4. Przykładowy napis w technologii E-Ink



Rys. 5. Zasada działania E-Ink

Głównym składnikiem E-Ink są mikrokapsułki o średnicy mniej więcej ludzkiego włosa. Każda z tych kapsułek wypełniona jest dodatnio naładowanymi czarnymi cząstkami i naładowanymi ujemnie cząstkami białymi. Gdy przyłożymy ujemne pole elektryczne, białe cząstki zostaną przyciągnięte przez dolną elektrodę, a czarne, wypchnięte, powędrują ku górze mikrokapsułki. Po przyłożeniu pola dodatniego proces zostaje odwrócony. W ten sposób tworzy się zarówno czarny odpowiednik atramentu, jak i biały odpowiednik papierowej strony [5].



Rys. 6. Mikrokapsułki E-Ink (powiększenie)

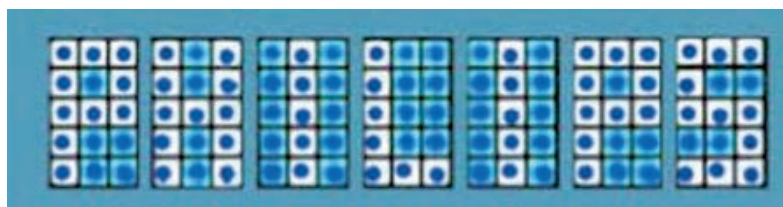
Podobnie jak w wypadku papieru Gyricon także papier E-Ink charakteryzuje się bardzo małym poborem mocy – praktycznie zasilanie jest potrzebne tylko wtedy, gdy trzeba dokonać zmiany informacji wyświetlonych na papierze, czyli wyświetlić kolejną stronę.

### Papier elektrozwilżany

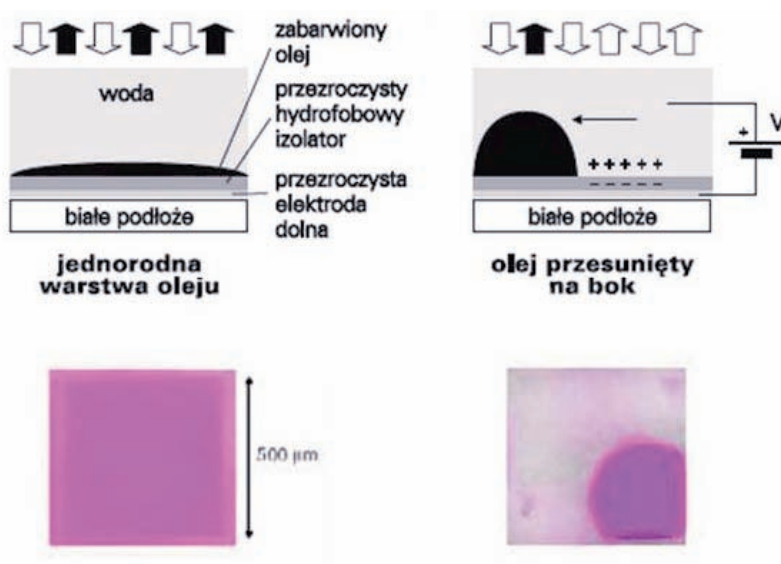
Papier oparty na zjawisku elektrozwilżania został opracowany w 2003 roku w laboratoriach firmy Philips przez Johana Finstra i Roberta Hayesa.

Zasada działania jest prosta – piksel elektronicznego atramentu umieszczony jest na białym podłożu. W spoczynku kolorowy olej pokrywa równomiernie całą powierzchnię piksela. Dzieje się tak dlatego, że warstwa hydrofobowa „woli” oddzielić

się od wody warstwą oleju. Gdy przyłożymy stałe napięcie elektryczne pomiędzy wodę a elektrodę, dochodzi do zmiany zwilżalności. Warstwa hydrofobowa zmuszona zostaje do kontaktu z wodą, odpychając olej, i kropelka oleju formuje kształt kulki, odsłaniając większość (między 70 a 90%) białego podłoża. Zachowanie oleju powodowane jest równoważeniem siły elektrycznej (związanej z przyłożonym napięciem i pojemnością między wodą a elektrodą) i sił związanych ze zjawiskami napięcia powierzchniowego i włosowatości. Oczywiście nie można usunąć oleju z komórki, dlatego nie jest możliwe ukazanie całego białego podłoża. Piksele są jednak tak małe, że ludzkie oko uśrednia obraz, przez co osiągnięte efekty są bardzo dobre. Na papierze elektrozwilżanym można uzyskać odcienie pośrednie; w zależności od przyłożonego napięcia olej odsłania mniejsze lub większe fragmenty piksela [6, 7].



Rys. 7. Przykładowy napis w technologii papieru elektrozwilżanego



Rys. 8. Zasada działania papieru elektrozwilżanego

Dobry kontrast i jakość obrazu uzyskujemy dzięki małej utracie światła na bardzo cienkich, przezroczystych warstwach: hydrofobowej (1  $\mu\text{m}$ ) i elektrodowej (około 15 nm) oraz małej ilości oleju. Dodatkowo mała ilość oleju zmniejsza potrzebne napięcie sterujące. Warstwa hydrofobowa wykonana jest z fluoropolimerów, a elektrodowa z tlenków indu i cyny (ITO).

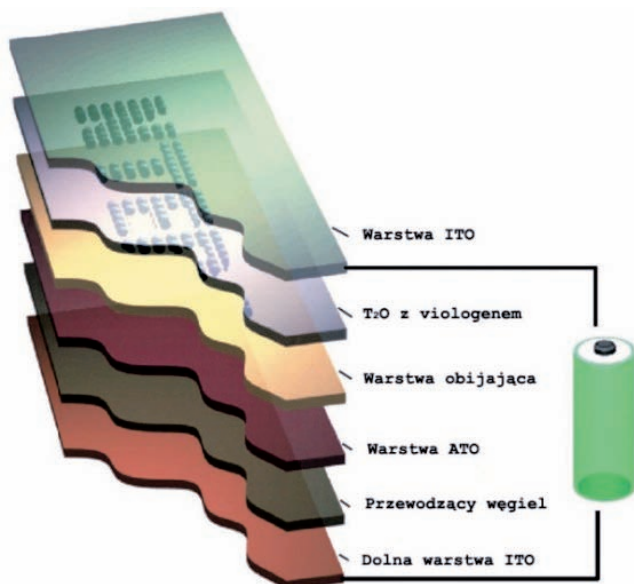


Poważną wadą papieru elektrozwilzanego jest to, że obraz tworzy się tylko wtedy, gdy przyłożone zostanie napięcie. Gdy je odejmiemy, wszystko wraca do stanu wyjściowego. W roku 2010 firma Liqavista zaprezentowała czytnik z wyświetlaczem kolorowym opartym na monochromatycznym wyświetlaczu i filtrach barwnych. Przedstawiciel wystawcy informował na SID 2010', że w najbliższym czasie pojawi się model o rozsądnym poborze mocy, gdzie barwa będzie realizowana przez skanowanie kolorów.

### Papier elektrochromowy

Efekt elektrochromowy został odkryty w 1969 roku. Nazywamy tak zdolność materiału do widzialnych zmian koloru pod wpływem prądu elektrycznego. Może to być zmiana z materiału bezbarwnego do kolorowego lub przemiana typu kolor-kolor. Zmiany mogą zachodzić w materiale, który jest utleniony (ma niedobór elektronów) lub zredukowany (nadmiar elektronów). W niektórych materiałach dostępne są więcej niż dwa stany redukcyjne. Zjawisko to nazywane jest polielektrochromizmem.

Firma Ntera wykorzystała efekt elektrochromowy, by stworzyć papier elektroniczny nazwany Nanochromics.



Rys. 9. Papier Nanochromics – schemat

Materiał ten jest skomponowany z 4 porowatych warstw, które w sumie mają grubość mniejszą niż 30 mikronów. Na górze znajduje się warstwa elektrochromowa, czyli dwutlenek tytanu z zaabsorbowanym viologenem (czyli pochodną 4,4'-bipyridyny). Viologen zmienia kolor tej warstwy pod wpływem utleniania go bądź redukcji. Kolejną warstwą jest biała warstwa odbijająca światło, która poprawia kontrast i współczynnik odbicia, a także oddziela elektrycznie warstwę elektrochromową od warstwy ATO. Materiał użyty w tej warstwie charakteryzuje się dużą

pojemnością elektryczną, dzięki czemu można zbalansować ładunek dodany bądź ujęty w warstwie elektrochromowej. Następną warstwą jest warstwa przewodzącego węgla, dającego dodatkową pojemność i służącego jako odprowadzenie dla warstwy ATO. Całość obłożona jest poliestrem połączonym z ITO, czyli warstwą elektrodową z tlenków indu i cyny.

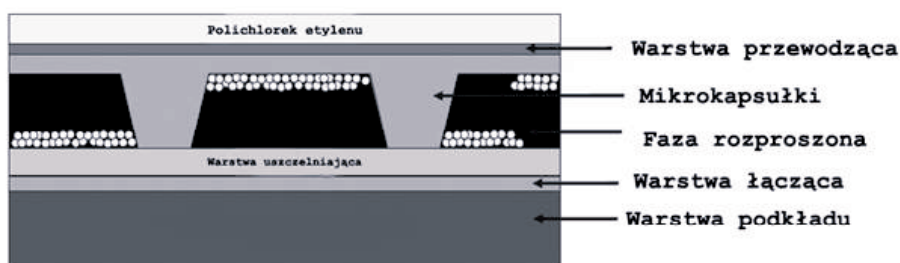
Materiał można pobudzić do działania, przykładając ujemne pole elektryczne do przezroczystej warstwy ITO, połączonej z warstwą węgla. Wywołuje to redukcję cząsteczek viologenu w warstwie dwutlenku tytanu, która powoduje zmianę koloru. Przyłożenie przeciwnego napięcia powoduje utlenienie viologenu i wybielenie papieru.

Ten rodzaj elektronicznego papieru wymaga niewielkiego napięcia (około 1 V), ze względu na małe utraty napięcia podczas zachodzenia redukcji i niewielkie utraty podczas migracji cząstek kompensujących przez pory materiału.

Dzięki zastosowaniu warstw dwutlenku węgla o dużej gęstości viologenu w kombinacji z odpowiednio dopasowaną białą warstwą odbijającą światło można uzyskać dobre kontrasty rzędu 15:1.

### Papier elektroforetyczny

Elektroforezą nazywamy proces poruszania się cząstek koloidalnych poprzez ośrodek rozpraszający pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego. Zasada działania papieru elektroforetycznego jest więc podobna do papieru E-Ink. Każda komórka wypełniona jest czarnym (lub kolorowym) płynem rozpraszającym i białymi cząstkami. Po przyłożeniu pola elektrycznego cząstki przesuwają się w stronę elektrody, tworząc fazę „papieru”. Komórki, gdzie nie przyłożono pola elektrycznego tworzą fazę „atramentu”. Prędkość zachodzenia procesu elektroforetycznego zależy od wielkości cząstek i przyłożonego pola [8].



Rys. 10. Budowa papieru elektroforetycznego

Oprócz papieru monochromatycznego istnieje papier kolorowy oparty na zjawisku elektroforezy. Tutaj komórki zgrupowane są w trójce – czerwonej, zielonej i niebieskiej. Papier taki ma jednak dość słaby kontrast i na razie nie nadaje się do realizacji książek elektronicznych.

Poza wyświetlaczami e-booków papier oparty na elektroforezie firmy SiPix Imaging znajduje zastosowanie w telefonach komórkowych i w warstwie graficznej kart kredytowych.

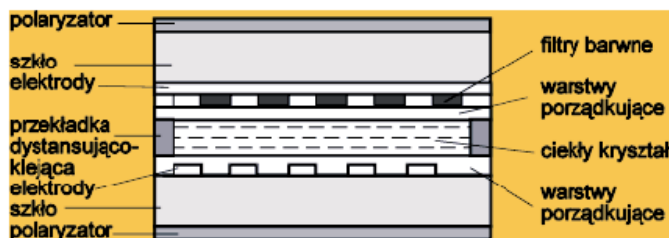


## LCD – wyświetlacze ciekłokrystaliczne

Kolejne dwie omawiane poniżej grupy wyświetlaczy – oparte na efektach w ciekłych kryształach (LCD) i organicznych materiałach luminescencyjnych (OLED, PLED) – od pewnego czasu zajmują ugruntowaną (wiodącą) pozycję w systemach obrazowania wideo i komputerowych. Są praktycznie niezastąpione tam, gdzie wymagany jest obraz kolorowy zmieniający się w czasie. Jak napisano wcześniej, ich zastosowanie dla elektronicznej gazety było mocno ograniczone. Po latach okazało się jednak, że pewne zalety: dobrze opanowana technologia, dostępność szerokiej gamy materiałów, dostępność układów adresujących i sterujących, a zwłaszcza możliwość realizacji dysплеja na podłożu giętkim spowodowały ponowne zainteresowanie się nimi.

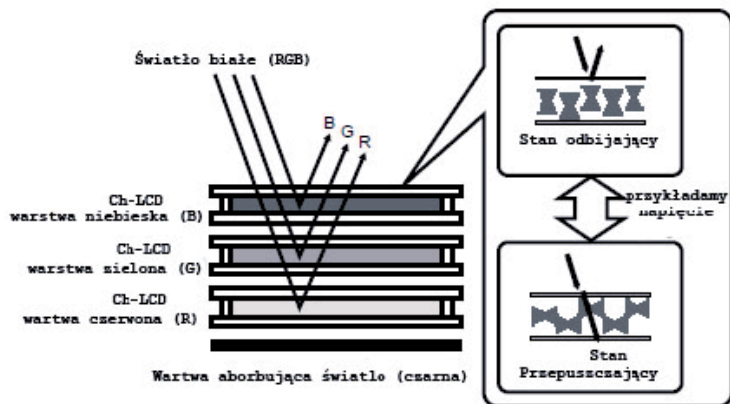
Disплеje ciekłokrystaliczne są to dysплеje pasywne, czyli takie, które nie emitują światła, a tylko rozpraszają lub pochłaniają światło pochodzące od zewnętrznego źródła promieniowania. Disплеj ciekłokrystaliczny działa jak żaluzja. Przy czym dla wielu dysплеjów prostych wystarczającym źródłem światła jest dzienne światło słoneczne lub światło sztuczne, takie jak używamy w domu, na ulicy itp. Tak więc z istoty swojego działania, dysплеje te są bardzo energooszczędne, albowiem nie przetwarzają żadnej części dostarczonej energii elektrycznej na energię promieniową. Niestety, wymagają one stałego zasilania – mocą rzędu  $\mu\text{W}$ , dlatego w swojej podstawowej wersji nie są w stanie spełnić wymogów kilku tygodni/miesiący pracy bez ładowania baterii. Z tego powodu poszukuje się efektów w strukturach bardziej złożonych, w mieszaninach nematycznych i cholesterycznych ciekłych kryształów lub w strukturach dysперgowanych.

Zaletą wyświetlaczy ciekłokrystalicznych jest natomiast dobrze rozwinięta sieć produkcyjna oraz baza systemów adresowania.



Rys. 11. Budowa najbardziej typowego wyświetlacza ciekłokrystalicznego

Na kolejnych rysunkach przedstawiono papier Fujitsu realizowany w oparciu o cholesteryczne ciekłe kryształy i papier PDLC. One nie mają problemów z wyświetlaniem kolorów. Efekt barwy w obu rodzajach papieru Ch-LCD uzyskano dzięki nałożeniu na siebie trzech warstw: niebieskiej, czerwonej i zielonej. Światło, przechodząc przez kolejne warstwy, załamuje się w odpowiedni sposób, dzięki czemu uzyskujemy pożądaną kolor. Ciekłe kryształy w poszczególnych warstwach ustawiane są za pomocą odpowiedniego napięcia przyłożonego do kolejnych warstw. Papier firmy Fujitsu jest przedstawiony na rys. 12. Przy pomocy tej technologii zrealizowano pierwszy kolorowy wyświetlacz, jaki pojawił się na rynku – potrafiący wyświetlać do 4096 kolorów [9].

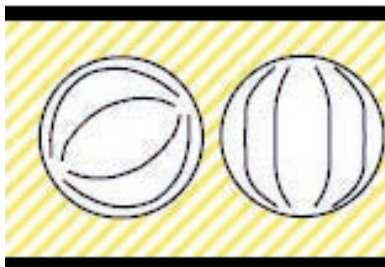


Rys. 12. Realizacja wyświetlenia koloru w papierze opartym na Ch-LCD

Papier Fujitsu charakteryzuje się przeciętną szybkością odświeżania (około 300 ms), dobrą refleksyjnością (20–45%) i przyzwoitym kontrastem (10:1). Jakość kolorów jest średnia, a dodatkową barierą jest cena.

Papier oparty na kompozycie PDLC został zaprezentowany w 2007 roku przez specjalistów z firmy Fuji Xerox.

Kompozyt PDLC (*Polymer Disperse Liquid Crystal*) jest układem dwóch materiałów: przezroczystego polimeru, stanowiącego matrycę, i rozproszonych w nim drobin cholesterycznego ciekłego kryształu (każda o średnicy kilku mikronów). Po pobudzeniu przy pomocy pola elektrycznego drobin ciekłego kryształu porządkują się, przepuszczając bądź załamując światło.



Rys. 13. Papier PDLC – przykład i budowa

Papier oparty na kompozycie PDLC jest połączeniem papieru opartego na Ch-LCD i technologii Gyriconu. Podobnie jak tam, w PDLC również mamy do czynienia z aktywnymi drobinami umieszczonymi na stałe w otaczającej je matrycy.

Współczynnik odbicia papieru opartego na kompozycie PDLC wynosi 27,4%, a jego kontrast to 6,4:1.

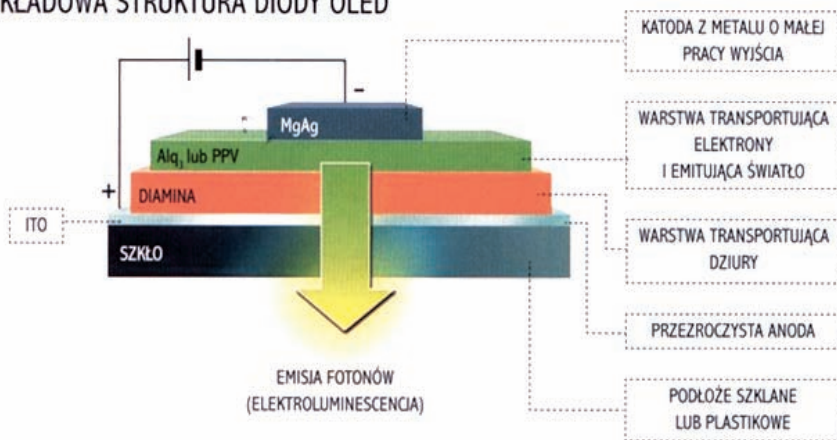
## OLED

Badania nad wykorzystaniem materiałów organicznych do budowy displejów elektroluminescencyjnych zakończyły się sukcesem w roku 1963, kiedy to zdemontowano proces podobny do elektroluminescencji, zachodzący w kryształach antracenu. Praktycznie zaobserwowano wówczas rekombinację elektronu i dziury, a następnie promienistą rekombinację powstałego stanu wzbudzonego.

Obecnie displeje te wykorzystywane są nie tylko jako proste podświetlacze dla ekranów video-LCD, czy też displeje cyfrowe, ale w roku 2010 zaprezentowano 31-calowy telewizor HD i ponad 100-calowy wyświetlacz Mitshubishi do prezentacji informacji reklamowych. OLED są wyświetlaczami aktywnymi, a więc charakteryzującymi się znacznym poborem mocy (oczywiście na poziomie wymagań dla e-booka), natomiast ich niewątpliwą zaletą w walce o ten rynek jest potencjalna łatwość wykonania wyświetlacza OLED na podłożu elastycznym.

Typowy wyświetlacz OLED jest zbudowany w sposób schematycznie przedstawiony na rysunku 14. Podstawą jest warstwa ITO jako przewodząca przezroczysta elektroda i materiał o dużej pracy wyjścia, wstrzykujący dziury. Z drugiej strony znajduje się elektroda metaliczna, np. z Al, Mg, Ca, o niskiej pracy wyjścia, która pełni rolę elektrody wstrzykującej elektrony. Pomiedzy nimi jest warstwa organiczna o grubości około 140 nm.

### PRZYKŁADOWA STRUKTURA DIODY OLED



Rys. 14. Struktura wyświetlacza OLED

## Stan i kierunki rozwoju

W tabeli poniżej zestawiono parametry osiągnięte przez poszczególne systemy.

Technologia	Zastosowanie	Kontrast	Współczynnik odbicia koloru białego	Czas reakcji	Napięcie
Gyricon	Cenniki	8:1	28%	300 ms	3V
E-Ink	Kindle, Iliad, etc.	15:1	40%	260 ms	15V
Elektrozwilżany	Telefony, Liquovista	Zależny od napięcia	Zależny od napięcia	12–13 ms	5–20V
Nanochromics	Prototyp	15:1	45–50%	<1 s	<1V
Papier Microcup (SiPIX)	Prototyp	10:1	40%	200–400 ms	Brak danych
Papier Fujitsu	FLEPIa	10:1	20–45%	300 ms	Brak danych
PDLC	Prototyp	6,4:1	27,4%	Brak danych	Brak danych

Z przedstawionych danych widać wyraźnie, że nie wszystkie rozwiązania znalazły już zastosowanie w praktyce. Nie wszystkie są do takich zastosowań predysponowane.

Pierwsze wprowadzone do sprzedaży czytniki bazowały na technologii elektronicznego atramentu i do dnia dzisiejszego są one najczęściej wykorzystywane i najtańsze. Jednym z pierwszych czytników był Kindle firmy Amazon (rys. 15). Miał on rozmiary typowej książki, wyświetlacz o przekątnej 6 cali oraz ważył ok. 300 g. Ekran Kindle, korzystający z technologii E-Ink, prezentuje tekst bardzo czytelny i kontrastowy. Na jednym zestawie baterii urządzenie to może pracować przez 30 godzin. Dołączony akumulator ładuje się około 2 godziny. Sprzęt ma kilka funkcji, których zwykła książka nie jest w stanie zaoferować. Użytkownik może bowiem zmieniać rozmiar czcionki, jak również wyszukiwać dowolne hasła czy frazy w tytułach wgranych do pamięci Kindle (tych może być ok. 200).



Rys. 15. Czytnik e-book Amazon Kindle (listopad 2007)

Również kolejne generacje czytników były oparte na tej technologii. Były i są to czytniki o różnych wielkościach wyświetlaczy, ale zawsze „sztywne” – wykonane na podłożach szklanych. Większość dostępnych urządzeń daje możliwość nie tylko czytania ulubionych publikacji we wszystkich niemal dostępnych obecnie formatach (PDF, EPUB, MOBI, TXT itd.), ale także tworzenia własnych zakładek, „odręcznych” notatek na marginesach e-książek oraz szybkiego wyszukiwania słów kluczowych w podręcznej bibliotece. Ta ostatnia opcja jest szczególnie przydatna przy korzystaniu z różnego rodzaju słowników, aktów prawnych, norm technicznych itp. W celu zapewnienia wygody czytania urządzenie daje możliwość dowolnej regulacji wielkości czcionki oraz powiększenia fragmentów tekstu bądź grafik. Niektóre pozwalają na samoczynną orientację tekstu, niezależnie od tego jak trzymamy czytnik.

Kolejny etap związany z opracowaniem „elastycznej elektroniki”, który dokonał się w ostatnich 5 latach, spowodował przełom, którego na razie nie widzimy na rynku, ale jest mocno eksponowany w postaci opracowań prototypów. Są to wyświetlacze elastyczne wykonane w jednej z poniższych technologii:

- wyświetlacz transmisyjny – ciekłokrystaliczny (LCD),
- wyświetlacz odbiciowy – e-papier (Gyricon, e-ink, elektrozwilżany, mikro-lusterka),
- wyświetlacz emisyjny – (OLED).

Podstawą ich działania jest adresowanie matrycą aktywną, dobrze opracowaną dla wyświetlaczy ciekłokrystalicznych nawet bardzo dużych pojemności. Odpowiednia adaptacja dla potrzeb podłoży elastycznych została opracowana przez Prime View International i nazwana EPLaR (*The electronics on plastic by laser relate process*). Proces ten opracowano dla wyświetlaczy elektroforetycznych. Obecnie technologia ta jest wykorzystywana również dla wyświetlaczy LCD czy OLED. Nie pozwala ona co prawda na wytwarzanie czytników „zwijanych”, natomiast w pełni może być wykorzystana dla czytników giętkich (rys. 16) [1, 10].



Rys. 16. Przykład 9,7' elastycznego czytnika wykonanego technologią EPLaR

Kolejny poważny problem, który aktualnie jest badany, to wprowadzenie do czytników koloru. Pierwsze rozsądne wyniki w tym zakresie przedstawiono na majowym „Display week” w 2010 roku. Po wielu różnych próbach, z których jedną

z ciekawszych okazało się wykorzystanie efektu elektrozwilżania, wrócono do zamiaru zbudowania czytnika w oparciu o znane z innych displejów rozwiązania – takie jak wyświetlacze mikrolusterkowe, wyświetlacze oparte na organicznych materiałach elektroluminescencyjnych czy ciekłokrystalicznych. Zdaniem wielu naukowców rozwiązania należy poszukiwać nie w nowych efektach, ale w nowych generacjach baterii. Przy czym nie stawia się już warunku pracy kilkumiesięcznej – wystarczające jest kilka, kilkanaście godzin, oczywiście przy niewielkiej wadze całego urządzenia i możliwości szybkiego doładowania baterii.

## Podsumowanie

W ten sposób w bardzo krótkim czasie na rynku pojawił się zupełnie nowy produkt, będący z jednej strony uproszczonym laptopem, a z drugiej – rozbudowaną książką. Dziś trudno jest ocenić, jaki wywrze on wpływ na nasze życie codzienne. Zamiast pięknej meblowej biblioteki będziemy mieli jedną, może dwie książki elektroniczne; zamiast wędrowki do kiosku po gazetę – wybrana i zaprenumerowana gazeta będzie rano na naszym czytniku. Spójrzmy dalej – studentowi czy uczniowi wystarczy jeden podręcznik z dostępem do biblioteki zamiast karty i całych walizek podręczników, które w całości i tak mało kto czyta (pierwsze próby w zastąpieniu książek klasycznych elektronicznymi od kilku lat robią Holendrzy).

Przy okazji pojawia się inny poważny problem – zanieczyszczenia, wiarygodności naszej biblioteki. Poważnym ostrzeżeniem jest obecny stan Internetu, gdzie można znaleźć wiele potrzebnych informacji, ale również informacje nieprawdziwe lub po prostu świadomie wprowadzające czytelnika w błąd [11, 12].

Tak więc zaczyna się kolejna era wszechogarniającej elektroniki i informatyki – stawiając nam pytanie o zachowanie podstawowych wartości i bezpieczeństwa naszego i otaczającego nas świata. Era, która będzie przebiegać pod hasłem ochrony lasów i środowiska, zmniejszenia zanieczyszczenia zarówno na etapie produkcji papieru, jak i jego utylizacji.

## Literatura

- [1] Donelan J., *What's Next for e-Readers?*, „Information Display” 2/10, 29, 2010
- [2] Zehner R., *Display Week 2010 Review: Flex and e-paper*, Information Display 7&8/10, 28, 2010
- [3] Smoter D., „Gazeta elektroniczna – nowa jakość dostępu do informacji”, praca magisterska, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków 2010
- [4] Crawford G.P. (ed.), *Flexible Flat Panel Displays*, John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, UK, 2005
- [5] Ritter J., *The Promise of 'Electronic Ink'*, Information Display 12/1, 22, 2001
- [6] Dean K. i in., *Development of flexible electro wetting displays for stacked color*, SID Symposium Digest, 40, 773, 2009
- [7] Feenstra B.J. i in., *Rapid switching in multiple color active matrix driven electrowetting displays*, Proc IDW'05, 861, 2005
- [8] French I.D. i in., *Thin Plastic Electrophoretic Displays Fabricated by a Novel Process*, SID Symposium Digest, 36, 1634, 2005



- [9] Kurosaki Y. i in. *Improvement of reflectance and contrast ratio of low-power-driving, bi-stable, color electronic paper using Ch-LCs*, SID Symposium Digest, 40, 764, 2009
- [10] French I., *Flexible e-Book Displays Produced in Standard TFT and Module Factories*, Information Display 12/09, 8, 2009
- [11] Carlson S., *Students complain about devices for reading E-book*, The Chronicle of Higher Education, 2002
- [12] Kang Y. i in., *Usability evaluation of E-books*, Displays, 30, 49, 2009

## **Electronic paper – revolution in access to information**

### **Abstract**

Recently, the market of display devices was enriched with a new group of devices called electronic paper (e-book). In this paper, technologies enabling the realization of this type of systems, their physical bases of functioning and parameters possible to obtain are introduced.

Also, the direction of development of new e-readers is described. Special attention is paid to colourful e-readers.

Simultaneously, it is showed what change in education systems as well as our everyday life this new display generation can make.

Keywords: Electronic paper, electro optical effect, e-readers.

Jerzy Zieliński  
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie  
Instytut Techniki  
ul. Podchorążych 2  
30-084 Kraków