

# 5. Afișaje ale calculatoarelor

- Afișaje cu cristale lichide
- Afișaje cu diode organice
- Afișaje cu hârtie electronică
- Afișaje cu puncte cuantice

# Afișaje cu hârtie electronică

- Afișaje cu hârtie electronică
  - Principiul afișajelor cu hârtie electronică
  - Tehnologia electroforetică
  - Tehnologii color electroforetice
  - Tehnologia de modulare interferometrică
  - Avantaje și dezavantaje
  - Aplicații

# Principiul afișajelor cu hârtie electronică

- Numite și afișaje cu cerneală electronică (e-ink)
- Afișaje reflectiv
- Pot utiliza una din mai multe tehnologii
  - Electroforetică
    - Electroforeza: deplasarea particulelor într-un fluid sub influența unui câmp electric
  - Electro-fluidică: utilizează o dispersie de pigmenți aflată într-un rezervor
  - Modulare interferometrică: culorile sunt create prin interferența luminii reflectate

# Afișaje cu hârtie electronică

- Afișaje cu hârtie electronică
  - Principiul afișajelor cu hârtie electronică
  - Tehnologia electroforetică
  - Tehnologii color electroforetice
  - Tehnologia de modulare interferometrică
  - Avantaje și dezavantaje
  - Aplicații



# Tehnologia electroforetică (1)

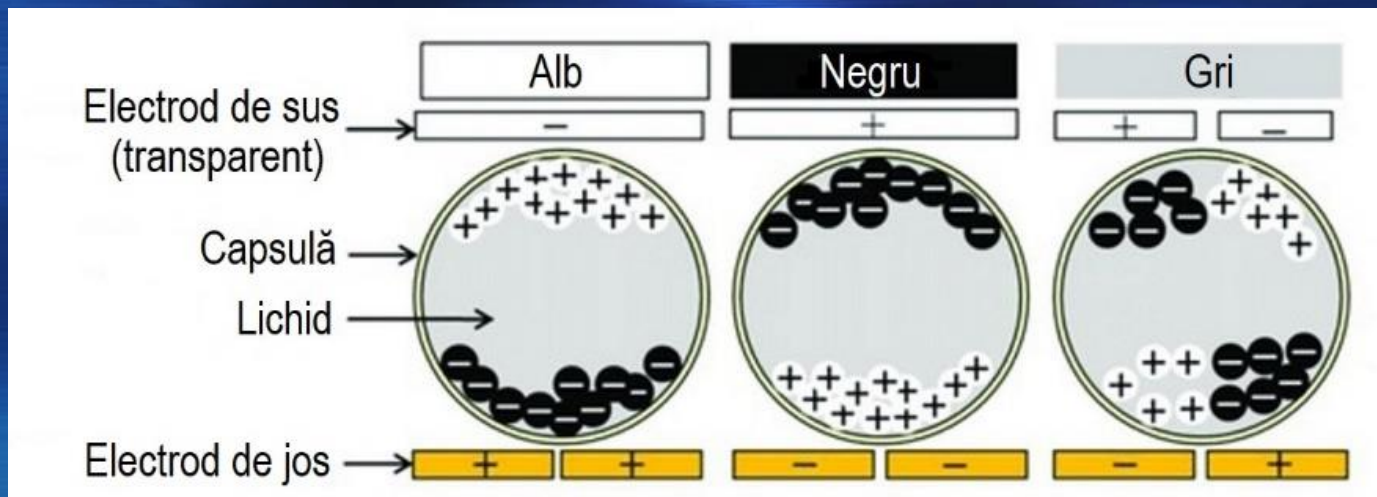
- Primele afișaje electroforetice
  - Suspensie de **particule cu pigmenți** având încărcare electrică într-un **lichid izolator colorat**
  - Două plăci de **electrozi conductivi**
  - Aplicarea unei tensiuni între plăci: particulele migrează spre electrodul cu încărcare opusă
    - Devine vizibilă culoarea pigmentului sau cea a lichidului
  - Limitări: migrarea particulelor la marginile electrozilor; depunerea / plutirea particulelor; aderența particulelor

# Tehnologia electroforetică (2)

- Afișaje electroforetice cu micro-capsule
  - Dezvoltate inițial la **E Ink Corp.**
  - Electrocul de sus: continuu și transparent
  - Stratul electrodului de jos: divizat în pixeli
  - **Cerneală electroforetică**: lichid transparent + particule microscopice de pigmenți încărcate
    - Particule negre → încărcate negativ
    - Particule albe (bioxid de titan –  $\text{TiO}_2$ ) → încărcate pozitiv
  - Cerneala este închisă în **micro-capsule**

# Tehnologia electroforetică (3)

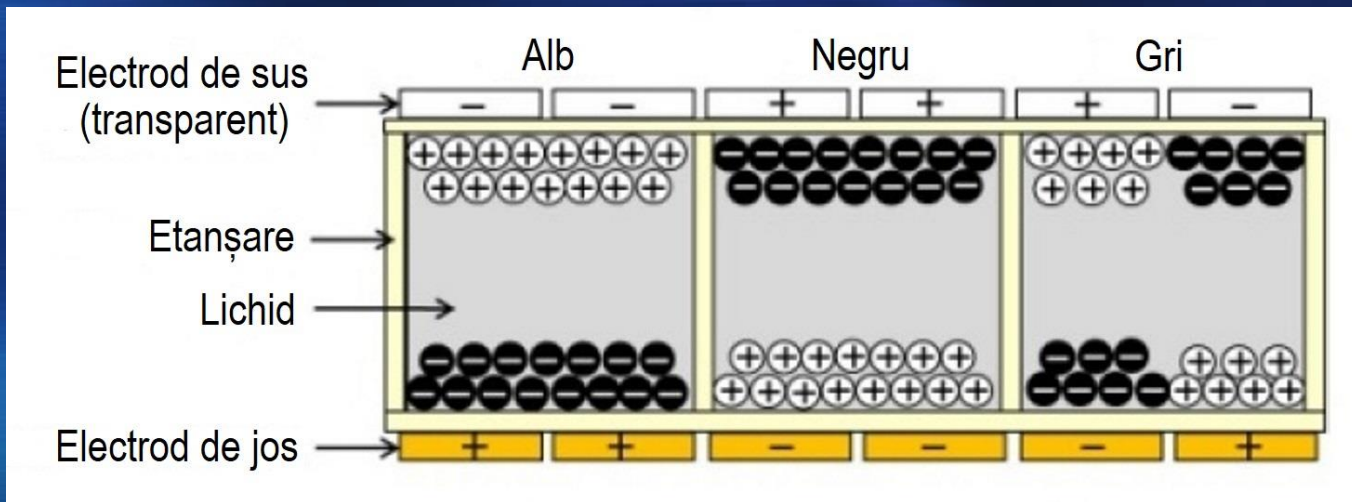
- Cerneala este laminată într-un film de plastic
- Aplicarea unei tensiuni pe electrodul de jos: particulele se deplasează în sus sau în jos





# Tehnologia electroforetică (4)

- Afișaje electroforetice cu micro-cupe
  - Cerneala electroforetică este închisă într-o structură cu **micro-cupe**
  - **Avantaj:** tehnologie de fabricație simplă



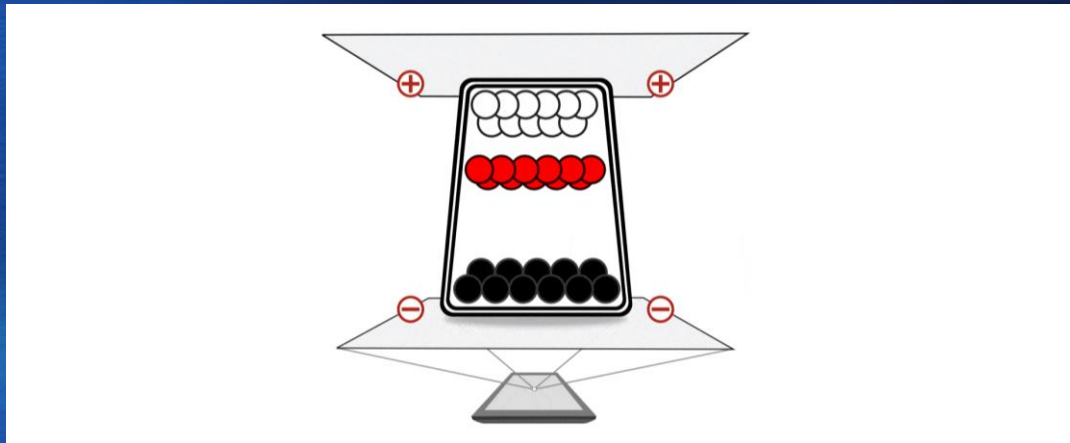


# Afișaje cu hârtie electronică

- Afișaje cu hârtie electronică
  - Principiul afișajelor cu hârtie electronică
  - Tehnologia electroforetică
  - Tehnologii color electroforetice
  - Tehnologia de modulare interferometrică
  - Avantaje și dezavantaje
  - Aplicații

# Tehnologii color electroforetice (1)

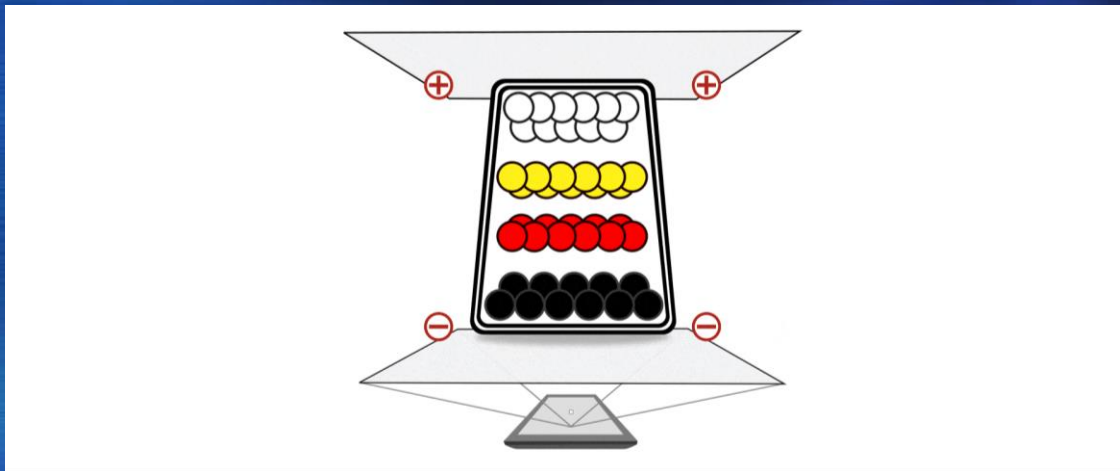
- Cerneală cu trei pigmenți
  - Utilizează, în plus, pigmenți roșii sau galbeni
  - Exemplu: tehnologia **E Ink Spectra 3000**
    - Pigmenții sunt închiși în micro-cupe
    - Pigmenții roșii și negri au mobilitate diferită



© E Ink Holdings Inc.

# Tehnologii color electroforetice (2)

- Cerneală cu patru pigmenți
  - Exemplu: tehnologia E Ink Spectra 3100
    - Pigmenți negri, albi, roșii și galbeni
    - Timpul necesar actualizării este redus

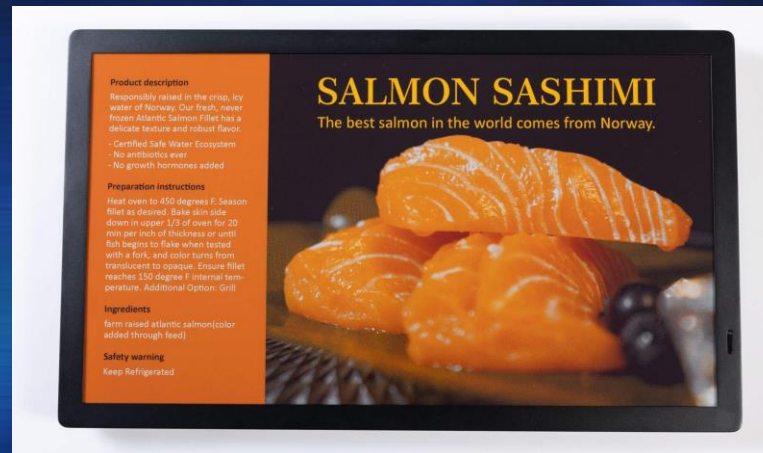


© E Ink Holdings Inc.



# Tehnologii color electroforetice (3)

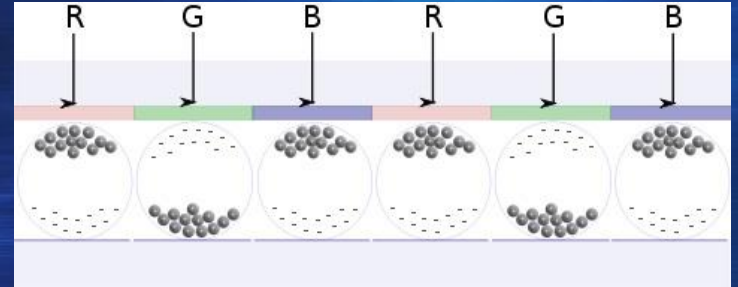
- Cerneală cu cinci pigmenți
  - Exemplu: tehnologia E Ink Spectra 3100 Plus
    - Pigmenți suplimentari portocalii
    - Efect de pâlپâire a imaginii (*E Ink Sparkle*)
    - Afișaje cu dimensiuni de până la 8 inch



© E Ink Holdings Inc.

# Tehnologii color electroforetice (4)

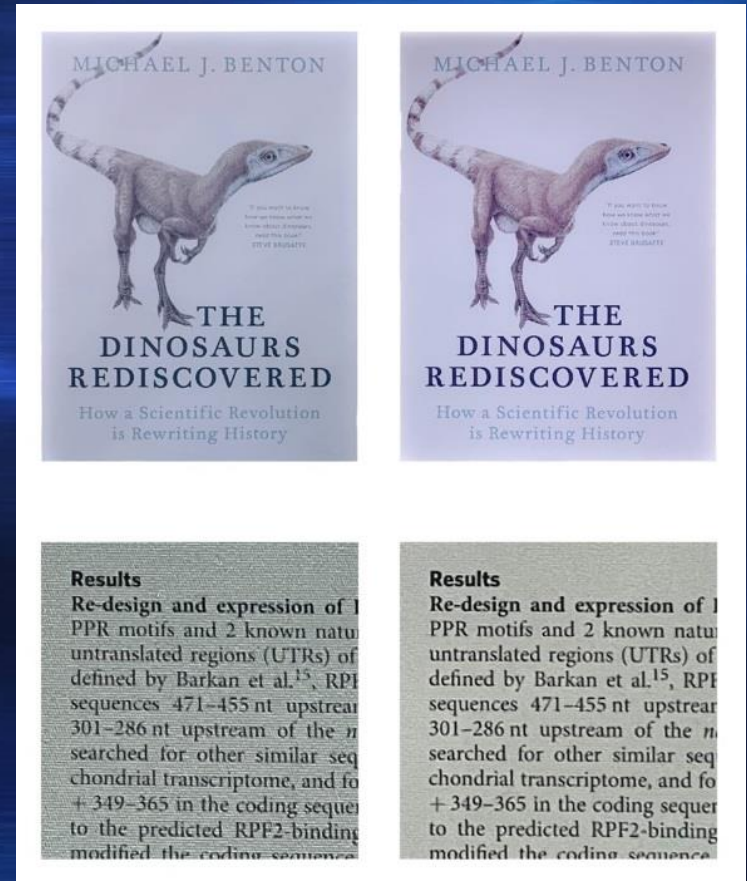
- Utilizarea filtrelor de culoare
  - Matrice de filtre R, G, B
  - Dezavantaj: lumina reflectată este redusă
  - Exemplu: E Ink Kaleido
    - Substrat cu matrice activă
    - Hârtie electronică: E Ink Carta
    - Strat de filtre color
    - Panou tactil, lumini frontale
    - 4096 culori



© E Ink Holdings Inc.

# Tehnologii color electroforetice (5)

- E Ink Kaleido Plus
  - Imprimarea filtrelor color este îmbunătățită
  - Stratul de filtre este amplasat mai aproape de hârtia electronică
  - Algoritmi îmbunătățiți de redare a textelor
  - Lumini frontale și ghiduri de lumină îmbunătățite: gamă de culori extinsă
  - Densitatea pixelilor: 300 PPI (nivele gri); 100 PPI (color)

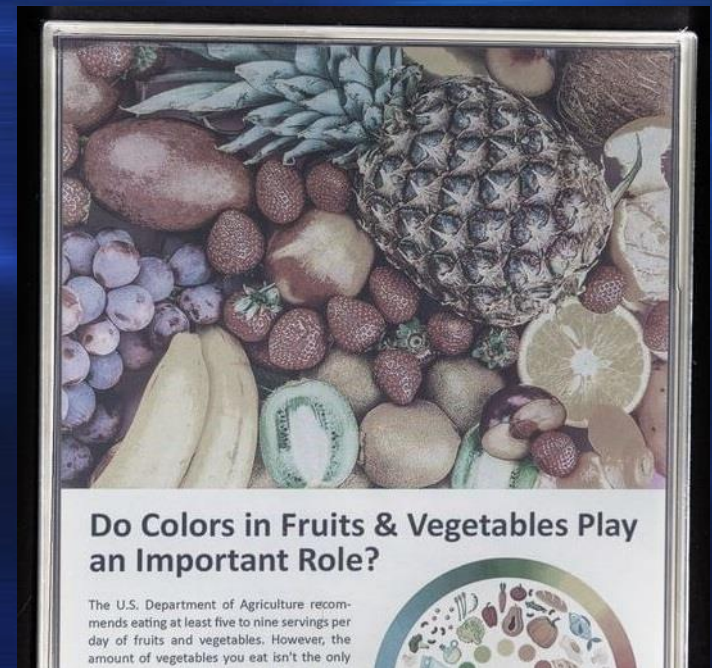


© E Ink Holdings Inc.



# Tehnologii color electroforetice (6)

- E Ink Kaleido 3
  - Culori mai saturate cu 30%
  - Densitatea pixelilor: 300 PPI (nivele gri); 150 PPI (color)
  - Sistem îmbunătățit al luminilor frontale: *E Ink ComfortGaze*
  - Timp de răspuns mai redus
  - Dimensiuni ale panourilor: 7,8; 10,3; 13,3 (inch)



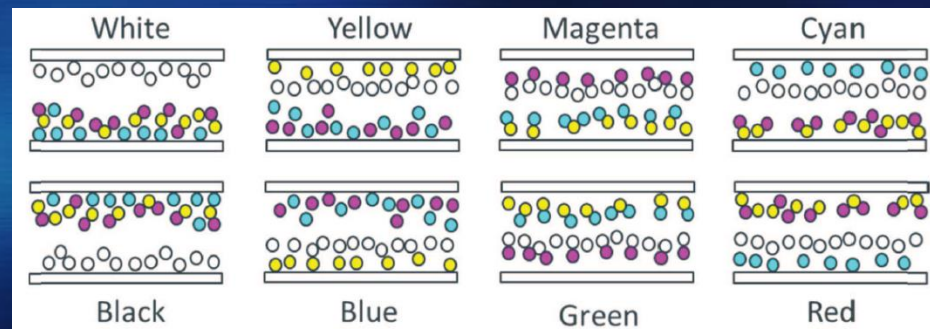
© E Ink Holdings Inc.

# Tehnologii color electroforetice (7)

- **Advanced Color ePaper (ACeP)**
  - Tehnologie dezvoltată de E Ink Corp.
  - Nu utilizează o matrice de filtre color
  - Elimină dezavantajele filtrelor
    - Filtrele absorb lumina → limitează reflectivitatea
    - Combinarea culorilor primare prin alăturare reduce rezoluția și saturația culorilor
  - Trei pigmenți transparenți, colorați (C, M, Y) și un pigment alb opac
  - Doi pigmenți: încărcăți pozitiv; ceilalți doi pigmenți: încărcăți negativ

# Tehnologii color electroforetice (8)

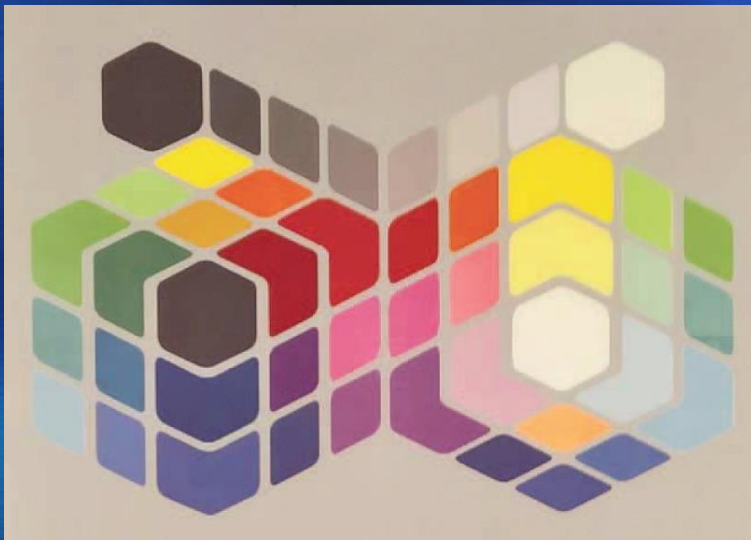
- Funcționarea se bazează pe **mișcarea electroforetică selectivă** a pigmentilor
- Pigmenții au mobilitate electroforetică diferită
- Un alt fenomen: **agregarea pigmentilor**
- Doi pigmenți **încărcați în mod opus** se grupează
- Se poate controla prin câmpurile electrice
- Există patru grupări posibile ale pigmentilor C, M și Y (C + M + Y → negru)





# Tehnologii color electroforetice (9)

- Afișaj experimental
  - 32 de culori native → 32 de tensiuni diferite aplicate fiecărui pixel
  - O imagine color este produsă din culorile native utilizând tehnici de intercalare spațială



© E Ink Holdings Inc.

# Tehnologii color electroforetice (10)

- E Ink Gallery, E Ink Gallery Plus, E Ink Gallery 3
- Tehnologia ACeP
- Pentru aplicații de afișare digitală
- Panouri până la 28 inch
- E Ink Gallery Plus: gamă de culori îmbunătățită; contrast crescut
- E Ink Gallery 3: timp de actualizare mai redus; densitate mai mare a pixelilor (300 PPI)



© E Ink Holdings Inc.



# Afișaje cu hârtie electronică

- Afișaje cu hârtie electronică
  - Principiul afișajelor cu hârtie electronică
  - Tehnologia electroforetică
  - Tehnologii color electroforetice
  - Tehnologia de modulare interferometrică
  - Avantaje și dezavantaje
  - Aplicații



# Tehnologia de modulare interferometrică (1)

- Tehnologia **IMOD**
- Se bazează pe principiul **culorii structurale**
  - Culoarea se formează prin **difracția undelor** de lumină și nu prin absorbție sau reflexie
  - Componentele de culoare sunt reflectate de pe o suprafață la unghiuri diferite
  - Anumite lungimi de undă sunt anulate prin **interferență**, iar altele rămân
- Tehnologie inspirată de specia de fluturi **Blue Morpho**

# Tehnologia de modulare interferometrică (2)

- *Morpho rhetenor rhetenor*
  - Aripile conțin striațiuni acoperite cu 10-12 straturi de lamele
  - Distanța între lamele: ~nm
  - Lumina este reflectată de lamele de la adâncimi diferite
    - Interferență constructivă: undele sunt în fază
    - Interferență distructivă: undele se anulează unele pe altele



Sursa: Muséum de Toulouse

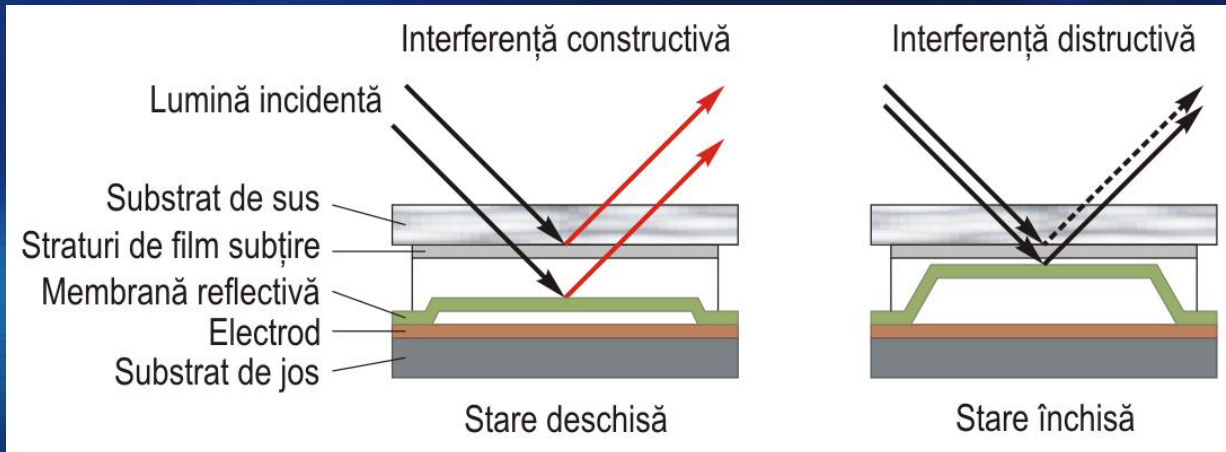
# Tehnologia de modulare interferometrică (3)

- Ideea tehnologiei **IMOD**: efectul de culoare se poate obține la scară nanometrică
  - Interferența undelor este controlată prin sisteme **micro-electromecanice** (MEMS)
  - Modulator de lumină: **cavitate optică**
  - Poate fi comutat cu circuite similare cu cele utilizate pentru adresarea pixelilor individuali din alte tipuri de afișaje
  - **Afișaj IMOD**: conține cavități optice care se pot adresa individual



# Tehnologia de modulare interferometrică (4)

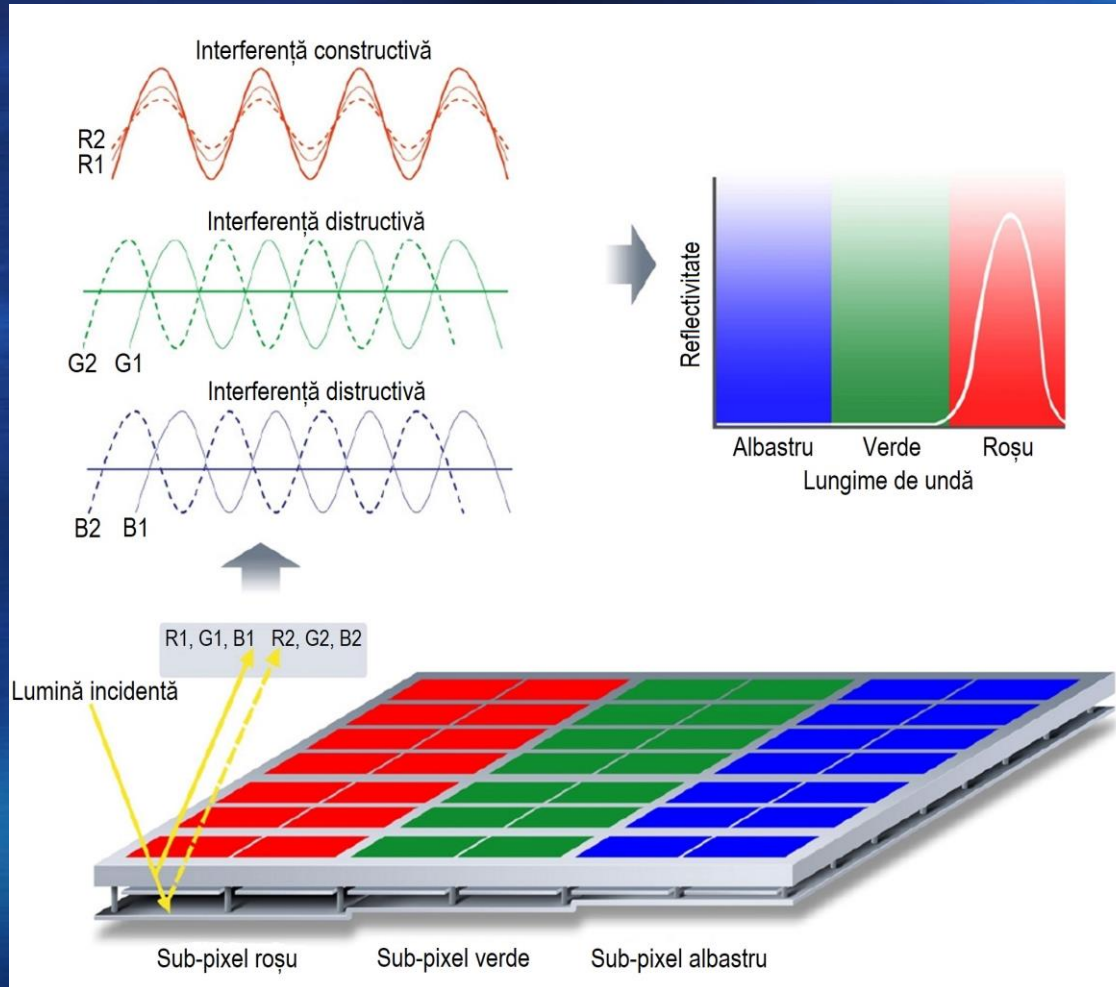
- Principiul unei cavități optice
  - Lumina reflectată poate fi de o anumită culoare sau poate fi blocată
  - **Starea deschisă** → lumină de o anumită culoare
  - La aplicarea unei tensiuni între filmul subțire și electrod: **starea închisă** → lumină blocată



# Tehnologia de modulare interferometrică (5)

- Generarea culorilor
  - Ajustarea înălțimii cavităților optice
  - Pentru fiecare înălțime, se generează o anumită culoare în starea deschisă a cavității
  - Afișajul color conține cavități optice ordonate spațial pentru sub-pixeli R, G, B
  - Pentru crearea nuanțelor de culoare, se utilizează o anumită **interpolare**
  - **Intercalare spațială**: fiecare sub-pixel este divizat în elemente adresabile individual

# Tehnologia de modulare interferometrică (6)





# Afișaje cu hârtie electronică

- Afișaje cu hârtie electronică
  - Principiul afișajelor cu hârtie electronică
  - Tehnologia electroforetică
  - Tehnologii color electroforetice
  - Tehnologia de modulare interferometrică
  - Avantaje și dezavantaje
  - Aplicații

# Avantaje și dezavantaje (1)

## ● Avantaje

### ● Energie consumată extrem de redusă

- Tehnologie **bi-stabilă**: o imagine statică este menținută și după ce alimentarea este oprită
- Nu este necesară reîmprospătarea ecranului
- Nu este necesară o lumină de fond

### ● Contrast ridicat

- Afișaje reflective
- Se utilizează aceiași pigmenți ca și în industria tipografică → aceeași lizibilitate ca și cea a hârtiei tipărite

# Avantaje și dezavantaje (2)

- Unghi de vizualizare ridicat
- Vizibilitate foarte bună la lumina soarelui sau la lumină redusă





# Avantaje și dezavantaje (3)

- Rezoluție ridicată
- **Robustețe**: substrat de film din plastic; substrat TFT bazat pe un material plastic
- Afișaje **ușoare și subțiri**
  - Materialele plastice se pot utiliza ca și conductori sau semiconductori; de exemplu, PEDOT:PSS
  - Tranzistori TFT organici
- Afișaje **flexibile**
  - Substraturi flexibile și transparente obținute prin procese de imprimare sau depunerea vaporilor

# Avantaje și dezavantaje (4)

- Dezavantaje

- Rate de reîmprospătare reduse

- Nu sunt potrivite pentru aplicații interactive

- Imagini remanente

- Vizibile după reîmprospătarea ecranului

- Ecranul trebuie reîmprospătat de mai multe ori

- Dificultatea realizării afișajelor color

- Tehnologiile color care nu utilizează filtre de culoare sunt complexe

- Afișajele color sunt mult mai costisitoare

# Afișaje cu hârtie electronică

- Afișaje cu hârtie electronică
  - Principiul afișajelor cu hârtie electronică
  - Tehnologia electroforetică
  - Tehnologii color electroforetice
  - Tehnologia de modulare interferometrică
  - Avantaje și dezavantaje
  - Aplicații



# Aplicații (1)

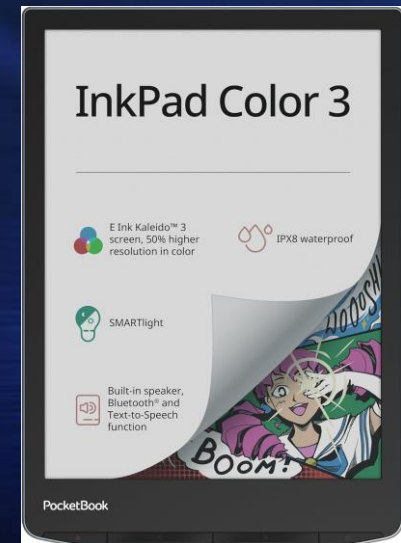
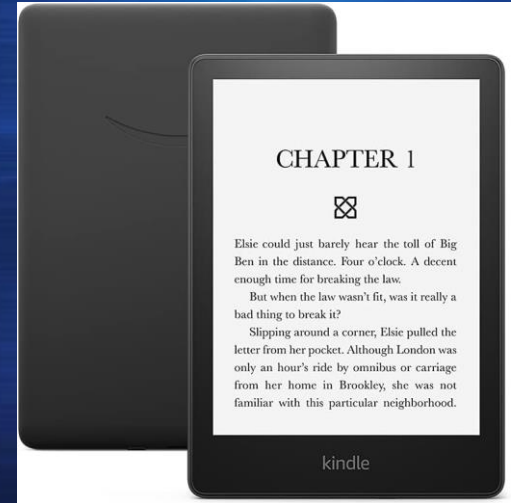
## ● Cititoare de cărți electronice

### ● Avantaje față de tablete:

- Lizibilitate superioară
- Durata de viață mai lungă a bateriei
- Greutate mai redusă

### ● Exemple:

- **Amazon:** Kindle; Kindle Paperwhite (imaginea de sus)
- **Rakuten Kobo:** Kobo Clara 2E; Kobo Clara Colour
- **PocketBook:** InkPad Color 3



# Aplicații (2)

## ● Agende electronice (E-Note)

- Se pot utiliza pentru notițe și adnotarea documentelor

- Exemplu: reMarkable 2 Paper Tablet

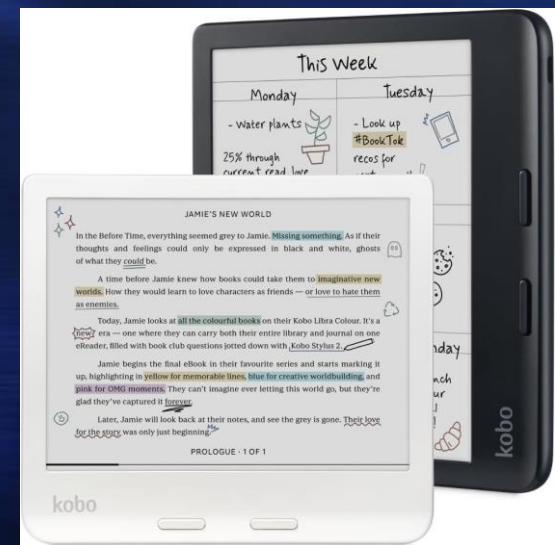
- Afișaj de 10,3 inch (CANVAS)

- Creion: 2.048 nivele de presiune

- Conversia notițelor scrise de mână în text (33 limbi)

- Exemplu: Kobo Libra Colour

- Afișaj E Ink Kaleido 3 de 7 inch



# Aplicații (3)

## ● Monitoare

- Pot reduce oboseala ochilor
- **Exemplu: BOOX Mira Pro**
  - Se poate utiliza ca monitor primar sau secundar
  - Afișaj E Ink **Carta** (25,3 inch)
  - Rezoluție: 3200 x 1800
  - Densitate: 145 PPI
  - 4 moduri de reîmprospătare
  - Interfețe: USB (tip C), HDMI, DisplayPort



© ONYX International Inc.



# Aplicații (4)

- **Table electronice**

- Conținutul poate fi partajat cu locații aflate la distanță

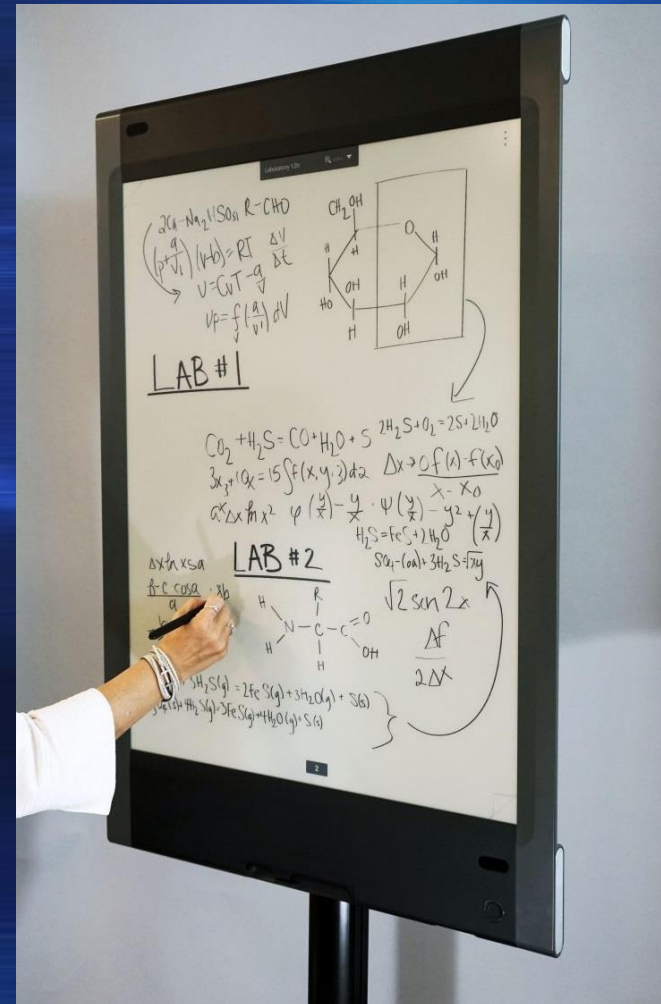
- **Exemplu: Quilla Digital Writing Device**

- Afișaj E Ink de 42 inch

- Se pot conecta mai multe dispozitive Quilla

- Modul **Cascade**: fiecare afișează o pagină diferită

- Modul **Span**: conținutul este extins pe toate dispozitivele

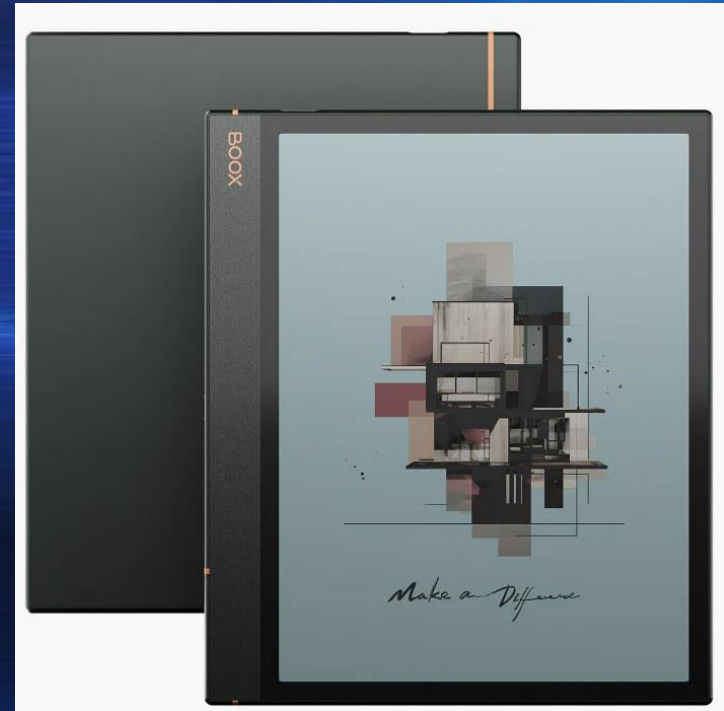


© QuirkLogic Inc.

# Aplicații (5)

## ● Tablete

- Exemplu: BOOX Note Air3 C
  - Afișaj de 10,3 inch: E Ink Kaleido 3 (color), HD Carta 1200 (nivele gri)
  - Rezoluție: 2480 x 1860 (nivele gri), 1240 x 930 (color)
  - Densitate: 300/150 PPI
  - Două straturi de senzori tactili: capacitiv + inductiv
  - BOOX Super Refresh (BSR)



© ONYX International Inc.

# Aplicații (6)

## ● Tastaturi

- Fiecare tastă are un ecran cu hârtie electronică
- Imaginea afișată poate fi modificată în mod dinamic
- Exemplu: E-Inkey



## ● Carduri

- Pot conține afișaje cu hârtie electronică
- Carduri multifuncționale, de exemplu, **Fuze Card**





# Aplicații (7)

- Afişe digitale
  - Se pot utiliza în exterior sau în interior
  - Lizibile, robuste, durabile, rezistente la intemperii
  - Etichete de prețuri
  - Afişe pentru informații publice: evenimente, indicatoare
  - Afişe pentru transportul public: orare, hărți



© Visionect

# 5. Afișaje ale calculatoarelor

- Afișaje cu cristale lichide
- Afișaje cu diode organice
- Afișaje cu hârtie electronică
- Afișaje cu puncte cuantice

# Afișaje cu puncte cuantice

- Afișaje cu puncte cuantice
  - Puncte cuantice
  - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
  - Puncte cuantice cu afișaje OLED
  - Puncte cuantice cu micro-diode
  - Puncte cuantice electro-luminiscente



# Puncte cuantice (1)

- Puncte cuantice
  - Nano-cristale semiconductoare
  - Diametrul: 1,5 nm .. 7 nm
  - Emit **lumină monocromatică** dacă sunt iluminate sau la trecerea unui curent electric
  - Culoarea emisiei depinde de dimensiune
    - Dimensiune mai mică: frecvență mai înaltă
    - Dimensiune mai mare: frecvență mai redusă
  - **Foto-emisive**: emisie la absorbția fotonilor
  - **Electro-emisive**: emisie la trecerea unui curent

# Puncte cuantice (2)

- Puncte cuantice sintetice
  - Dimensiunea și forma sunt controlate prin parametrii reacțiilor chimice de sinteză
  - Emit lumină doar de o anumită culoare
    - Diametru de 7 nm (150 atomi): lumină roșie
    - Diametru de 3 nm (30 atomi): lumină verde
    - Diametru de 2 nm (15 atomi): lumină albastră
  - Structura: nucleu; înveliș; stabilizator
  - Materiale pe bază de **cadmiu**: CdSe
  - Materiale pe bază de **indiu**: InAs, InP

# Puncte cuantice (3)

## ● Avantaje

- Posibilitatea de a genera culori primare pure
- Intensitate luminoasă ridicată
- Unghiuri de vizualizare mari
- Eficiență ridicată



Sursa: Nanoco Technologies Ltd.



# Afișaje cu puncte cuantice

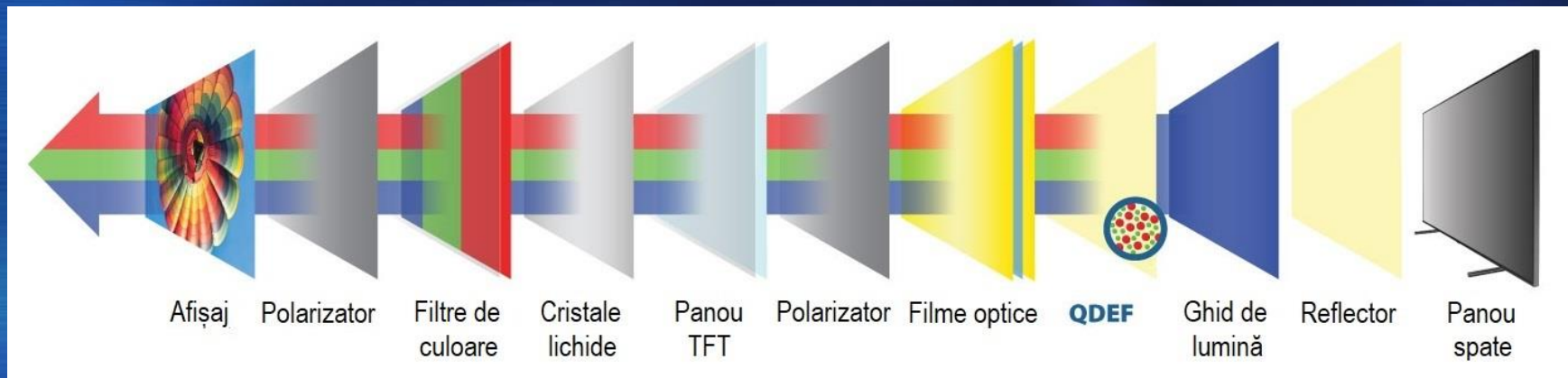
- Afișaje cu puncte cuantice
  - Puncte cuantice
  - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
  - Puncte cuantice cu afișaje OLED
  - Puncte cuantice cu micro-diode
  - Puncte cuantice electro-luminiscente

# Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide (1)

- Îmbunătățesc calitatea culorii și extind gama de culori
- **QDEF** (*Quantum Dot Enhancement Film*)
  - **Lumina de fond**: albastră → diode LED
    - Utilizată ca și culoare primară albastră
    - Furnizează energia necesară punctelor cuantice foto-emisive
  - **Ghid de lumină** (LGP – *Light Guide Plate*): difuzează lumina emisă de diodele LED
  - **Folie QDEF**: puncte cuantice pentru culorile R și G + rășină + două straturi de protecție

# Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide (2)

- Se generează o lumină albă mai pură
  - Straturi de **filme optice** pentru mixarea culorilor primare R, G cu culoarea B a luminii de fond
- Lumina albă este trecută prin aceleași straturi ca și la un panou tradițional



Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

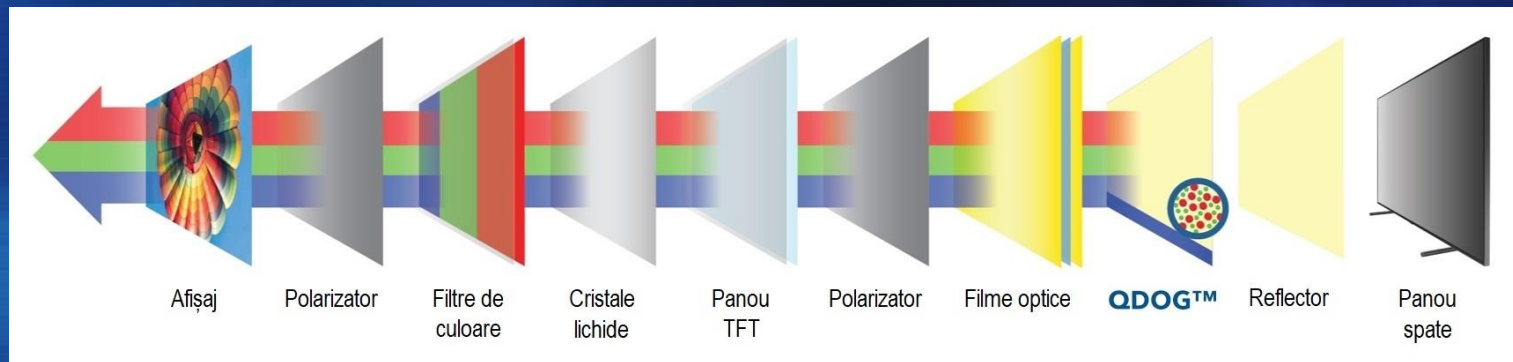


# Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide (3)

- **Avantaje**
  - **Compatibilitate** cu procesele de fabricație ale panourilor cu cristale lichide
  - **Gamă de culori** extinsă
  - **Strălucire** ridicată: 2000 cd/m<sup>2</sup>
- **Dezavantaj**
  - Necesită filtre de culoare
- **Exemple de produse**
  - **Aparate TV:** Sony (marca Triluminos); Samsung Display (marca QLED)
  - **Monitoare:** Philips, HP, Samsung Display, ASUS

# Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide (4)

- **QDOG** (*Quantum Dot on Glass*)
  - Utilizează un **ghid de lumină de sticlă**
  - Stratul de puncte cuantice este depus direct pe placa de sticlă a ghidului de lumină
    - Acoperit cu un film subțire → înlocuiește straturile de protecție ale tehnologiei **QDEF**



Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

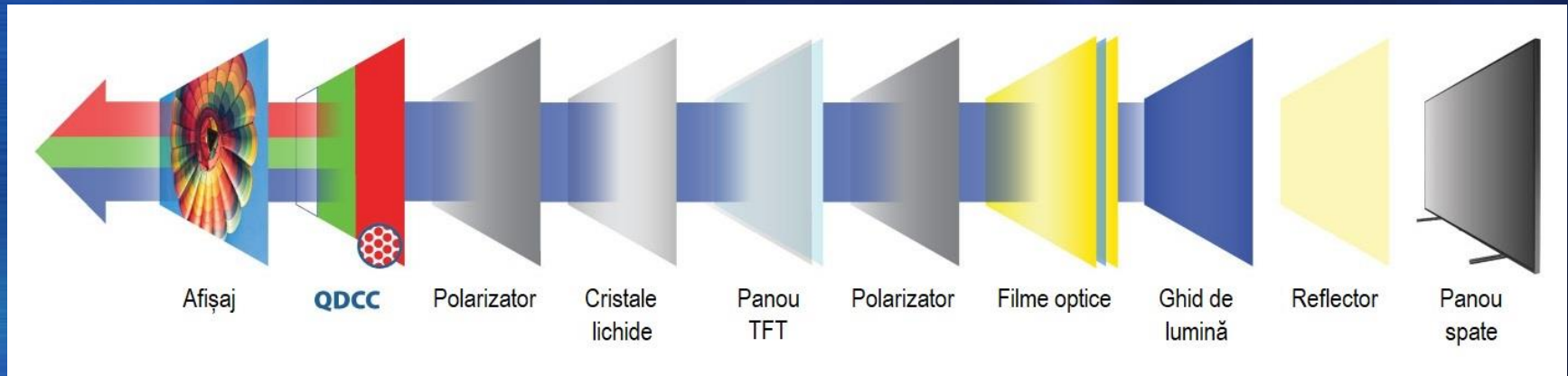
# Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide (5)

- **QDCC** (*Quantum Dot Color Conversion*)
  - Tehnologiile precedente necesită filtre de culoare → reduc luminozitatea
  - **QDCC**: înlocuiește filtrele de culoare cu un strat de puncte cuantice, divizat în sub-pixeli
    - Sub-pixelii pentru culoarea albastră sunt transparenți
  - Punctele cuantice depolarizează lumina
    - Stratul **QDCC** este mutat în fața celui de-al doilea polarizator → înglobat în panoul de sticlă



# Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide (6)

- Unghiul de vizualizare este îmbunătățit prin mutarea stratului emițător **QDCC** în față
- **Tehnologii** pentru realizarea stratului **QDCC**
  - Fotolitografie: pierderi mari de materiale
  - Imprimare cu jet de cerneală: costuri reduse



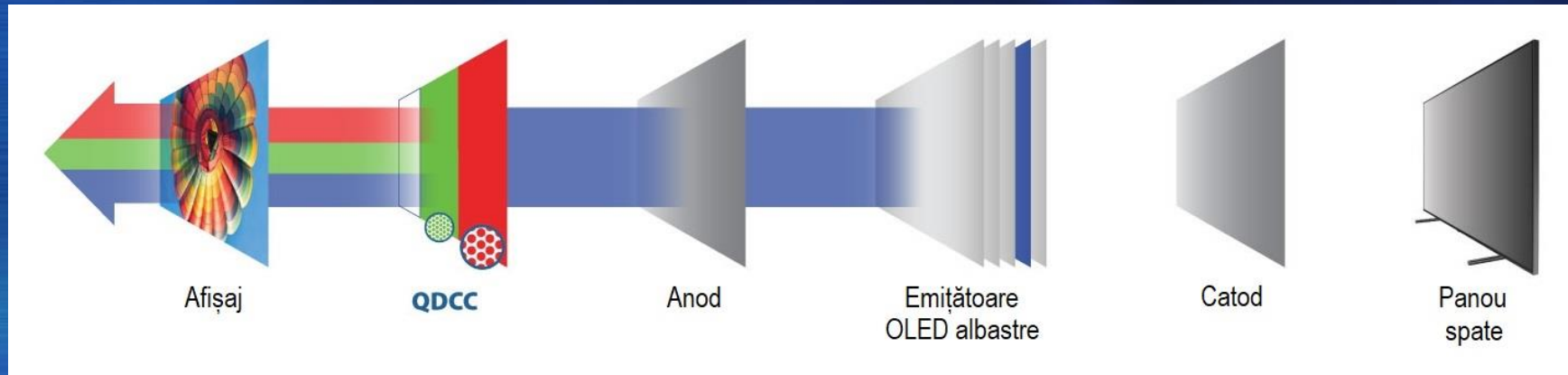
Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

# Afișaje cu puncte cuantice

- Afișaje cu puncte cuantice
  - Puncte cuantice
  - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
  - Puncte cuantice cu afișaje OLED
  - Puncte cuantice cu micro-diode
  - Puncte cuantice electro-luminiscente

# Puncte cuantice cu afișaje OLED (1)

- **QD-OLED** (*Quantum Dot on OLED*)
  - Utilizează un strat de puncte cuantice divizat în sub-pixeli pentru conversia culorii (**QDCC**)
  - Lumina de fond albastră este generată cu emițătoare **OLED**



Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)



# Puncte cuantice cu afișaje OLED (2)

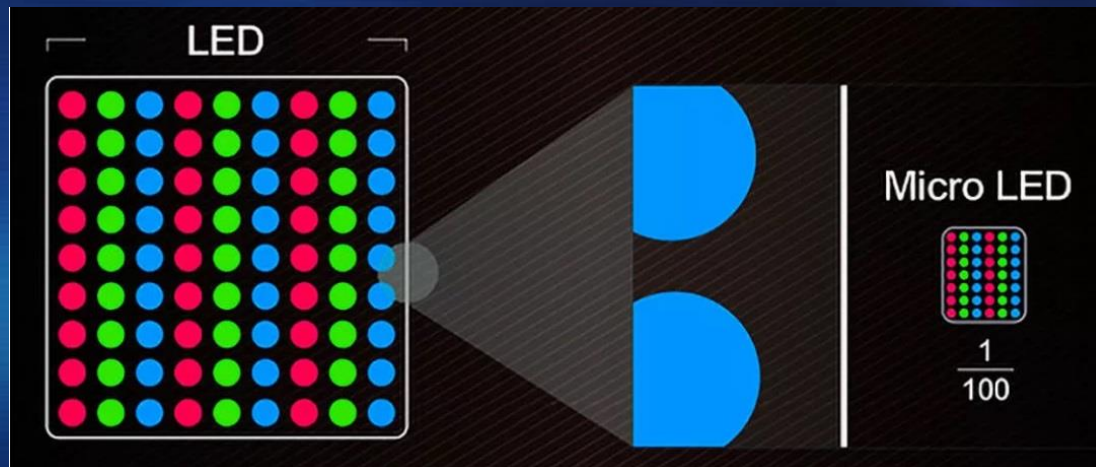
- Stratul de cristale lichide este eliminat
- Afișajul devine **complet emisiv**
- **Avantaje**
  - **Gama de culori** este extinsă față de afișajele **OLED** cu emisia luminii albe (**WOLED**)
  - Se simplifică **structura** față de afișajele **WOLED**
  - Se reduc **costurile** de fabricație
  - Tehnologia asigură **rezoluții** ridicate, mai ales cu procese fotolitografice
- Producție pilot: Samsung Display, LG Display

# Afișaje cu puncte cuantice

- Afișaje cu puncte cuantice
  - Puncte cuantice
  - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
  - Puncte cuantice cu afișaje OLED
  - Puncte cuantice cu micro-diode
  - Puncte cuantice electro-luminiscente

# Puncte cuantice cu micro-diode (1)

- **QD-MicroLED** (*Quantum Dot on MicroLED*)
  - Există câte o micro-diodă LED pentru fiecare sub-pixel
  - Tehnologia de fabricație este dificilă
  - **Avantaje:** se elimină posibila retenție a imaginii; luminozitate mai ridicată; eficiență energetică



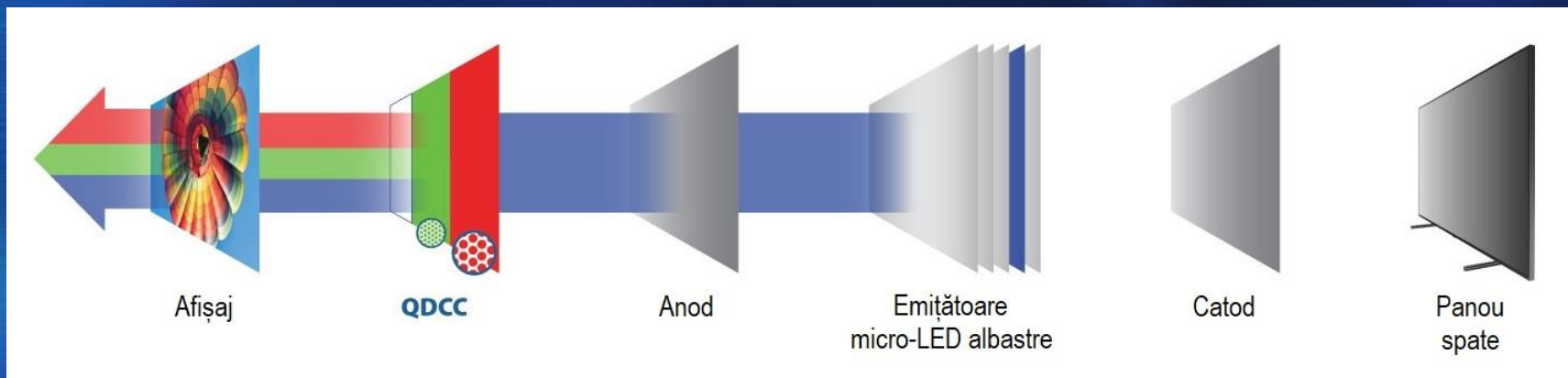


# Puncte cuantice cu micro-diode (2)

- Reducerea dimensiunii diodelor este dificilă
  - Prototip de aparat TV de 75 inch: 0,15 mm
- La reducerea dimensiunii diodelor, **se reduce cantitatea luminii emise**
  - Trebuie crescută fie intensitatea curentului, fie eficiența diodelor
- Soluție pentru reducerea complexității fabricației: utilizarea **doar a diodelor albastre**
  - Se utilizează **convertoare de culoare** pentru a crea sub-pixelii R și G
  - Este necesar un **singur proces semiconductor**
  - Pentru conversia culorii se pot utiliza **puncte cuantice**

# Puncte cuantice cu micro-diode (3)

- **Probleme tehnice** la integrarea punctelor cuantice cu micro-diode
  - Punctele cuantice sunt expuse la temperaturi înalte și flux continuu de lumină
  - Poate apare degradarea lor rapidă
- Structură similară cu a afișajului **QD-OLED**



Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

# Afișaje cu puncte cuantice

- Afișaje cu puncte cuantice
  - Puncte cuantice
  - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
  - Puncte cuantice cu afișaje OLED
  - Puncte cuantice cu micro-diode
  - Puncte cuantice electro-luminiscente

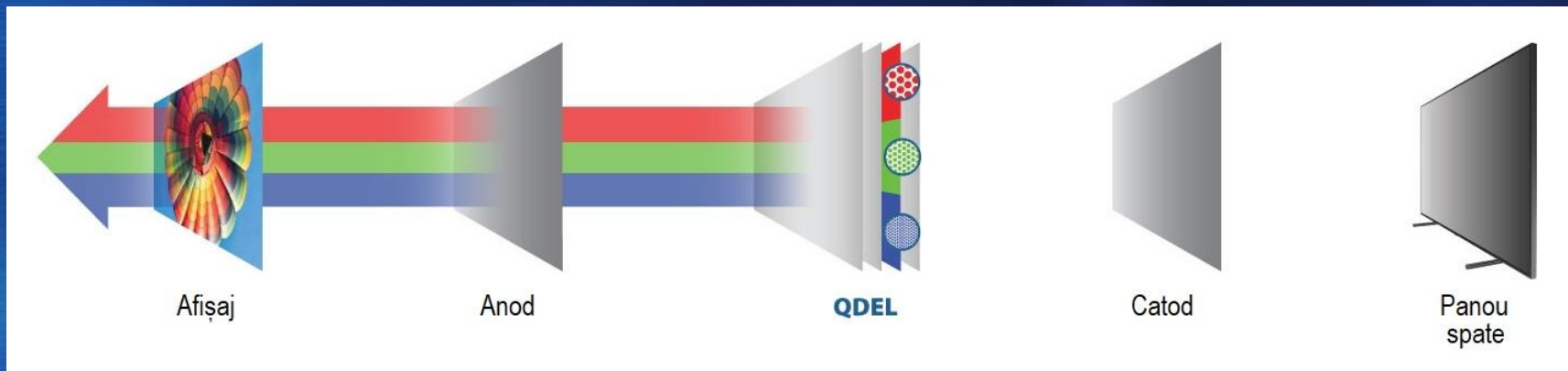


# Puncte cuantice electro-luminiscente (1)

- **QDEL** (*Quantum Dot Electro-Luminescent*)
  - Utilizează puncte cuantice **electro-emisive**
    - Similare cu diodele organice (OLED)
    - Materiale **anorganice** așezate între straturi pentru transportul electronilor și a golurilor
    - Funcția lor este similară cu cea a unei diode sau micro-diode LED convenționale
    - Sunt mai **susceptibile la degradare** decât punctele cuantice foto-emisive utilizate pentru conversia culorii
    - În prezent, **stabilitatea** lor este redusă

# Puncte cuantice electro-luminiscente (2)

- Tehnologia **QDEL** nu este disponibilă încă
- **Avantaje** potențiale ale afișajelor **QDEL**
  - **Eficiență** foarte ridicată
  - **Intensitate luminoasă** ridicată
  - Permit procese de fabricație cu **costuri** reduse



Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

# Rezumat (1)

- Afișajele cu hârtie electronică sunt reflective
  - Tehnologia electroforetică este cea mai utilizată
  - În practică, se utilizează afișaje electroforetice cu micro-capsule sau micro-cupe
  - Tehnologii color care au fost dezvoltate:
    - Cerneală cu trei pigmenți
    - Utilizarea filtrelor de culoare
    - Advanced Color ePaper (ACeP)



# Rezumat (2)

- Tehnologia de modulare interferometrică se bazează pe principiul **culorii structurale**
  - Culoarea se formează prin **difracția** undelor
  - Apare **interferența** constructivă sau distructivă
  - Modulator de lumină: cavitate optică
- **Avantaje**: vizibilitate superioară chiar și în condiții de iluminare intensă; consum redus de energie; robustețe
- **Dezavantaje**: rată de reîmprospătare redusă; imagini remanente; tehnologii color complexe

# Rezumat (3)

- **Puncte cuantice:** cristale semiconductoare cu dimensiuni de ordinul nanometrilor
  - Emit **lumină monocromatică** sub acțiunea luminii sau a curentului electric
  - Lungimea de undă a luminii emise depinde de diametrul cristalului
  - **Foto-emisive** sau **electro-emisive**
  - **Puncte cuantice sintetice:** dimensiunea lor poate fi controlată în timpul producției
    - Emit lumină doar cu o anumită lungime de undă

# Rezumat (4)

- **Tehnologii** cu puncte cuantice pentru afișaje cu cristale lichide
  - **QDEF**: utilizează puncte cuantice roșii și verzi; lumina de fond este albastră
  - **QDOG**: utilizează un ghid de lumină de sticlă, pe care se depun direct punctele cuantice
  - **QDCC**: înlocuiește filtrele de culoare cu puncte cuantice (R, G) divizate în sub-pixeli
- **Tehnologia QD-OLED** utilizează diode **OLED** albastre pentru generarea luminii de fond



# Rezumat (5)

- Tehnologia QD-MicroLED utilizează câte un micro-LED pentru fiecare sub-pixel
- Tehnologia QDEL utilizează puncte cuantice electro-emisive
- Avantaje ale afișajelor cu puncte cuantice
  - Gamă de culori extinsă: acoperirea a peste 90% din spațiul BT.2020; realizarea afișajelor cu gamă dinamică extinsă (HDR)
  - Intensitate luminoasă ridicată
  - Consum de energie redus

# Noțiuni, cunoștințe (1)

- Afișaje electroforetice cu hârtie electronică care utilizează micro-capsule
- Afișaje electroforetice cu hârtie electronică care utilizează micro-cupe
- Tehnologia cernelii electronice cu trei pigmenti
- Tehnologia Advanced Color ePaper
- Tehnologia de modulare interferometrică
- Avantaje ale afișajelor cu hârtie electronică
- Dezavantaje ale afișajelor cu hârtie electronică

# Noțiuni, cunoștințe (2)

- Proprietăți ale punctelor cuantice
- Tehnologia QDEF
- Tehnologia QDOG
- Tehnologia QDCC
- Tehnologia QD-OLED
- Tehnologia QD-MicroLED
- Tehnologia QDEL