

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 afişajelor cu hârtie electronică

- Numite și afişaje cu cerneală electronică (e-ink)
- Afişaje 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)

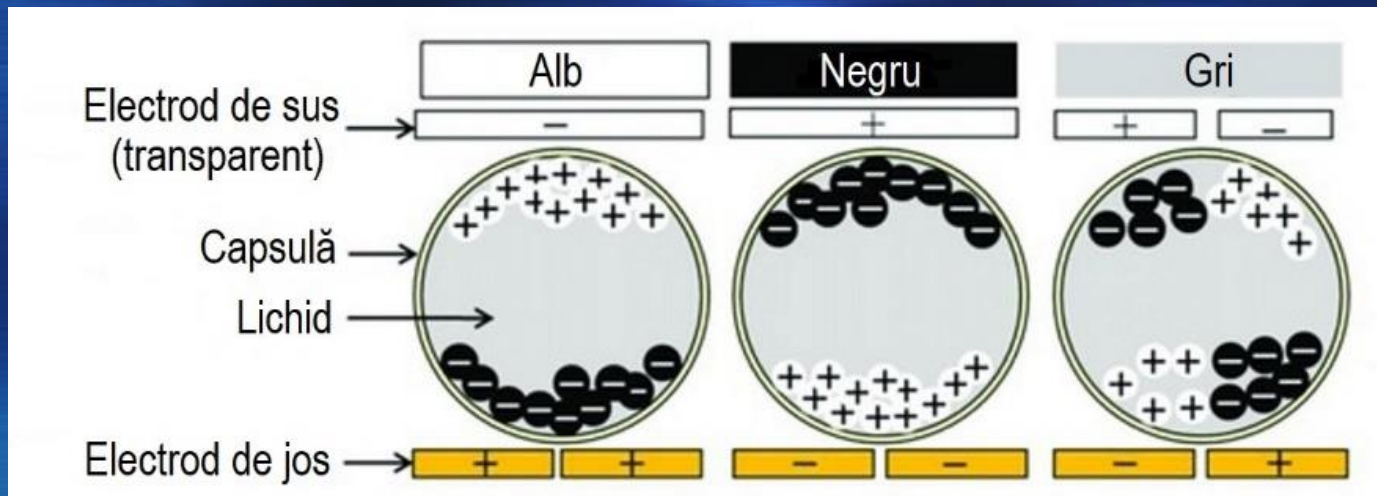
- Primele afișaje electroforetice
 - Suspensie de **particule cu pigmenți** având încărcare electrică într-un **lichid izolator colorat**
 - Două plăci de **electrozi conductivi**
 - Aplicarea unei tensiuni între plăci: particulele migrează spre electrodul cu încărcare opusă
 - Devine vizibilă culoarea 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 – TiO_2) → încărcate pozitiv
 - Cerneala este închisă în **micro-capsule**

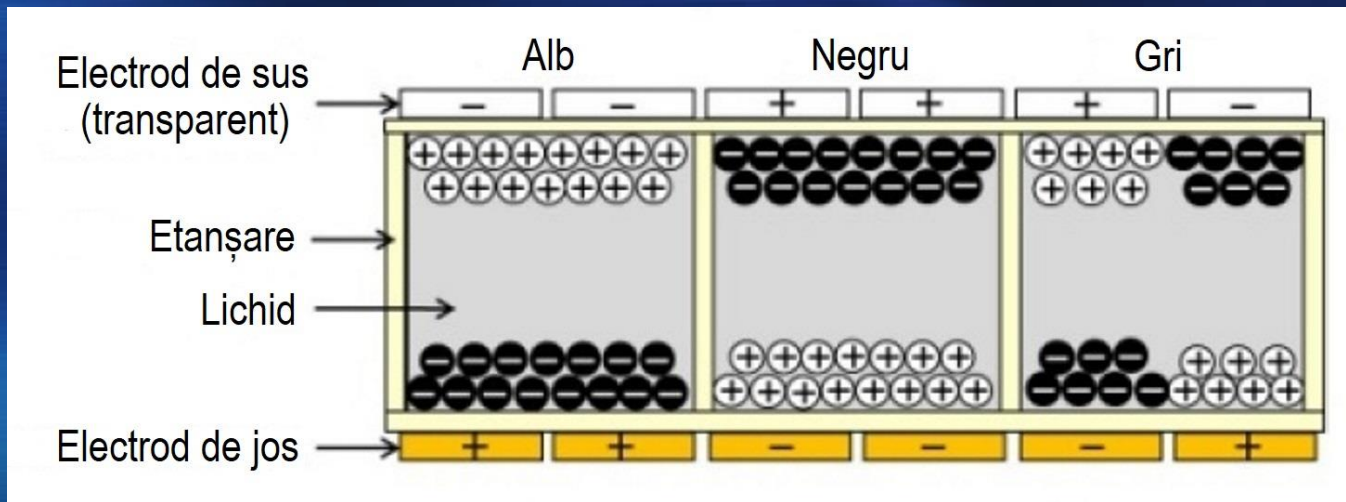
Tehnologia electroforetică (3)

- 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

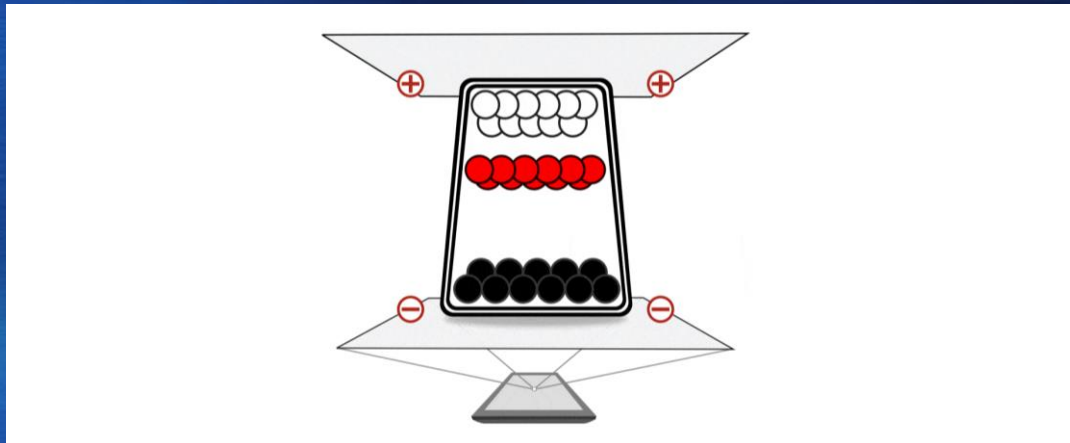


Afișaje cu hârtie electronică

- 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)

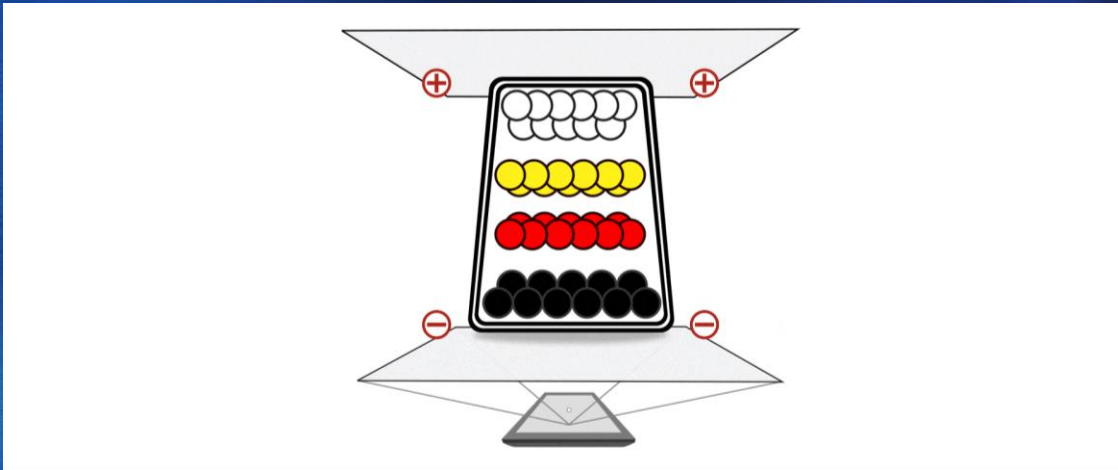
- Cerneală cu trei pigmenți
 - Utilizează, în plus, pigmenți roșii sau galbeni
 - Exemplu: tehnologia **E Ink Spectra 3000**
 - Pigmenții sunt închiși în micro-cupe
 - Pigmenții roșii și negri au mobilitate diferită



© E Ink Holdings Inc.

Tehnologii color electroforetice (2)

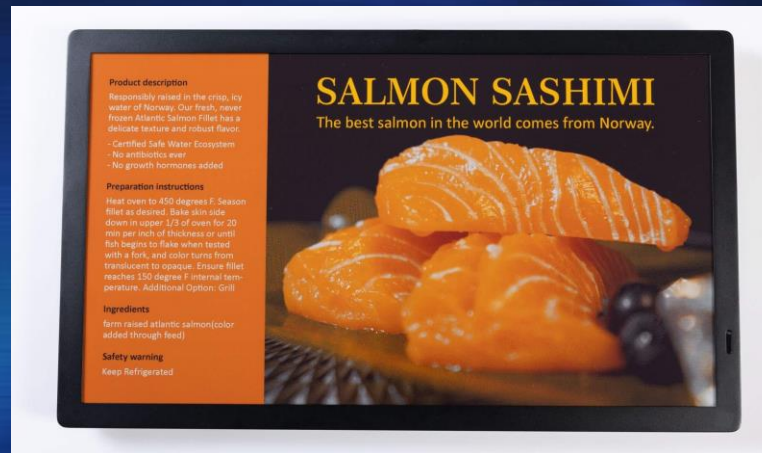
- Cerneală cu patru pigmenți
 - Exemplu: tehnologia E Ink Spectra 3100
 - Pigmenți negri, albi, roșii și galbeni
 - Timpul necesar actualizării este redus



© E Ink Holdings Inc.

Tehnologii color electroforetice (3)

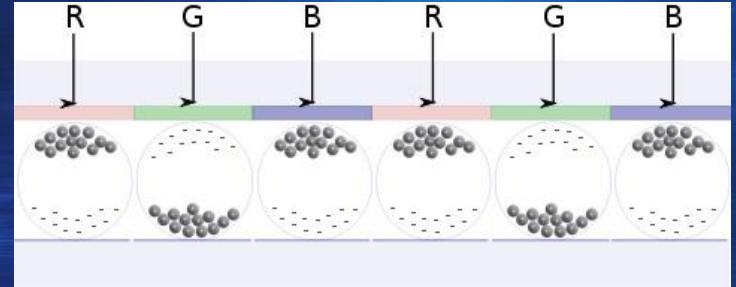
- Cerneală cu cinci pigmenți
 - Exemplu: tehnologia E Ink Spectra 3100 Plus
 - Pigmenți suplimentari portocalii
 - Efect de pâlpare a imaginii (*E Ink Sparkle*)
 - Afișaje cu dimensiuni de până la 8 inch



© E Ink Holdings Inc.

Tehnologii color electroforetice (4)

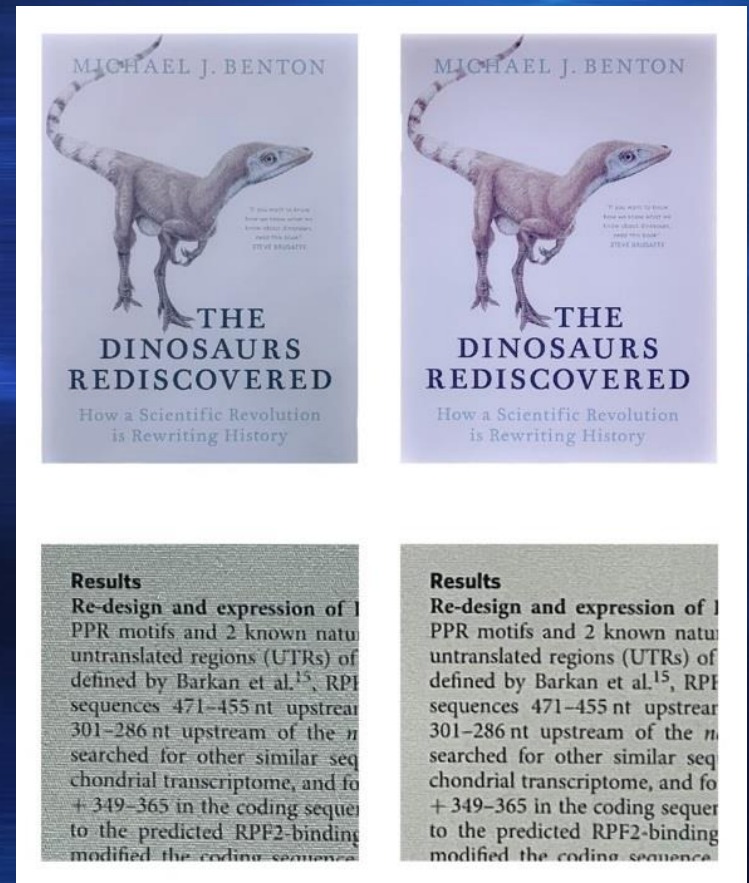
- **Utilizarea filtrelor de culoare**
 - Matrice de filtre R, G, B
 - Dezavantaj: lumina reflectată este redusă
 - **Exemplu: E Ink Kaleido**
 - Substrat cu matrice activă
 - Hârtie electronică: E Ink Carta
 - Strat de filtre color
 - Panou tactil, lumini frontale
 - 4096 culori



© E Ink Holdings Inc.

Tehnologii color electroforetice (5)

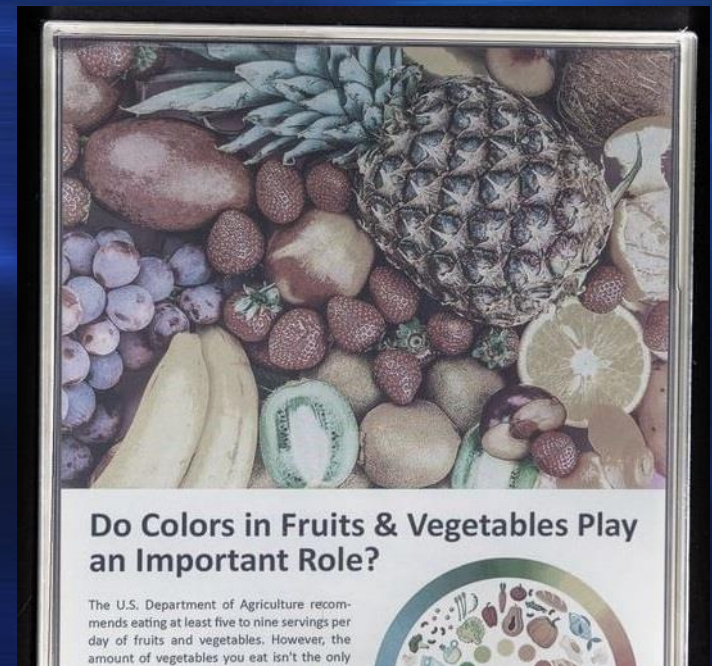
- **E Ink Kaleido Plus**
 - Imprimarea filtrelor color este îmbunătățită
 - Stratul de filtre este amplasat mai aproape de hârtia electronică
 - Algoritmi îmbunătățiți de redare a textelor
 - Lumini frontale și ghiduri de lumină îmbunătățite: gamă de culori extinsă
 - Densitatea pixelilor: 300 PPI (nivele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



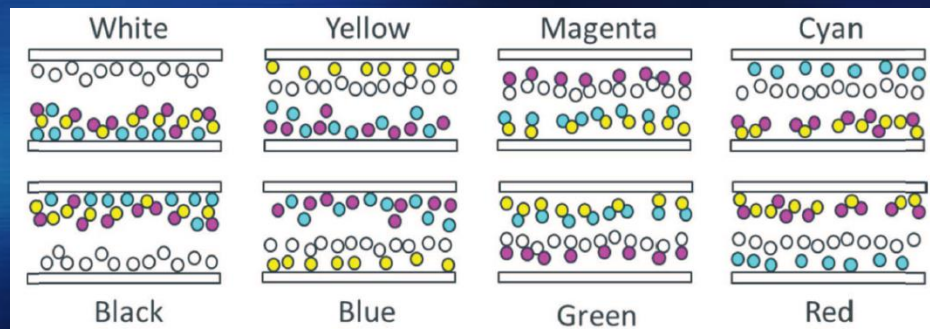
© E Ink Holdings Inc.

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 ($C + M + Y \rightarrow \text{negru}$)



Tehnologii color electroforetice (9)

- 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: $\sim \text{nm}$
- Lumina este reflectată de lamele de la adâncimi diferite
- Interferență constructivă: undele sunt în fază
- Interferență distructivă: undele se anulează unele pe altele



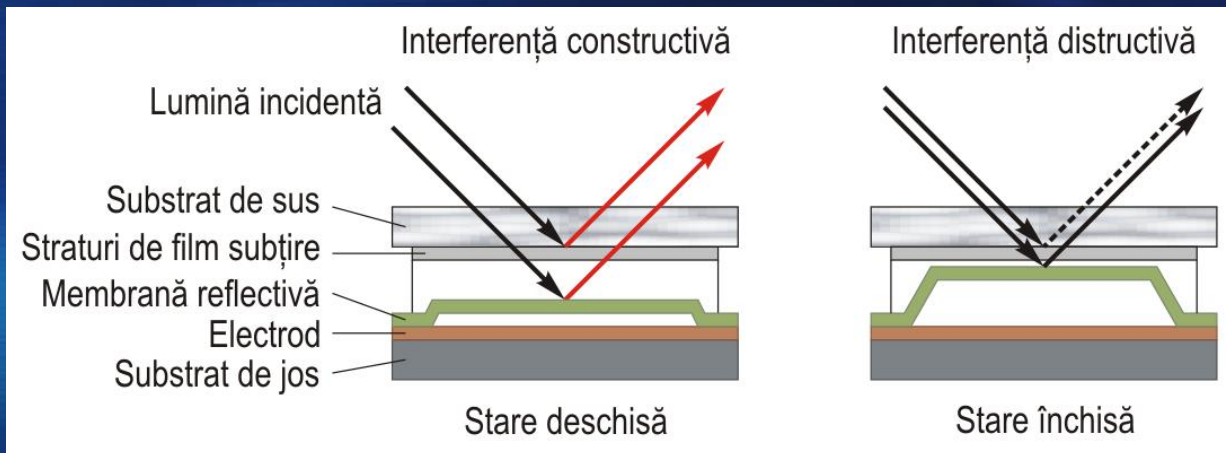
Sursa: Muséum de Toulouse

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)

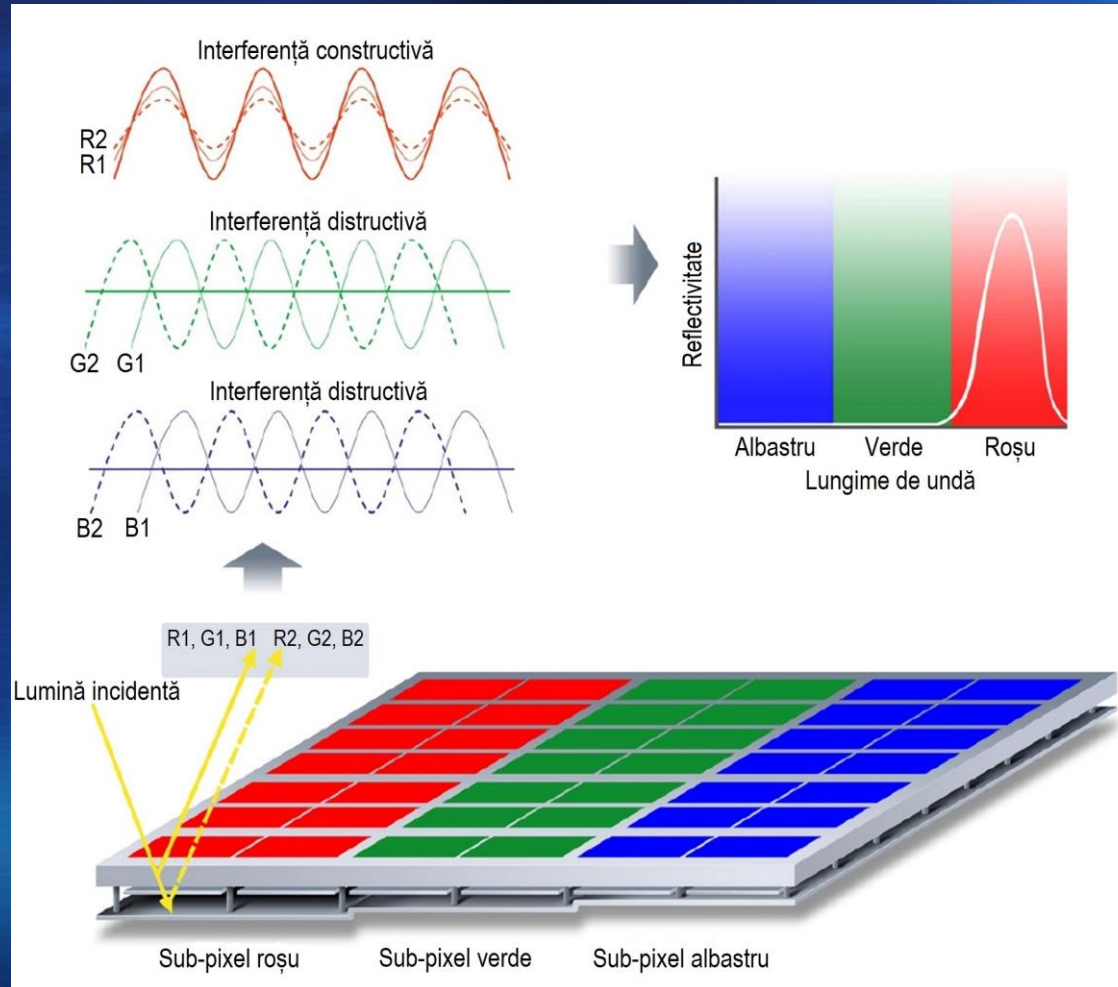
- Principiul unei cavități optice
 - Lumina reflectată poate fi de o anumită culoare sau poate fi blocată
 - Starea deschisă → lumină de o anumită culoare
 - La aplicarea unei tensiuni între filmul subțire și electrod: starea închisă → lumină blocată



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)

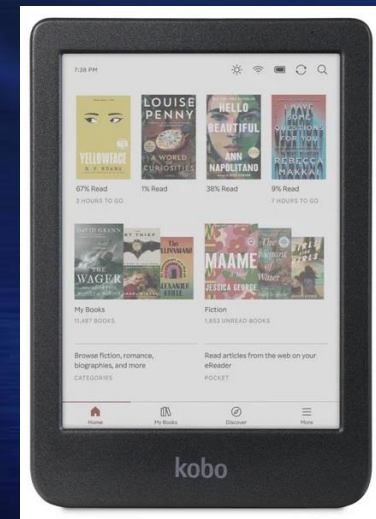
- Cititoare de cărți electronice

- Avantaje față de tablete:

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

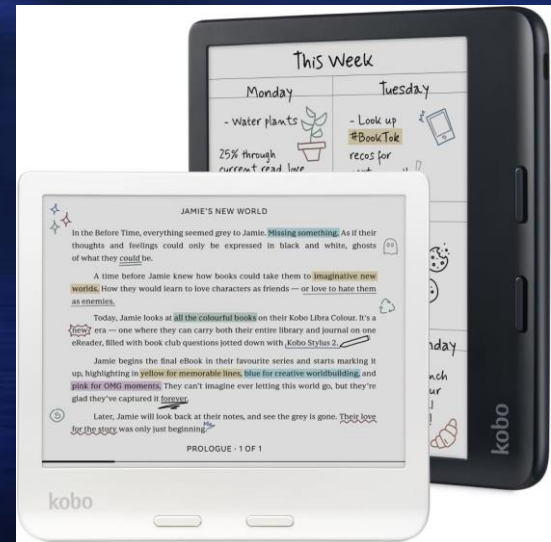
- Exemple:

- Amazon: Kindle Paperwhite; Kindle Colorsoft (sus)
- Rakuten Kobo: Kobo Clara 2E; Kobo Clara Colour (jos)
- PocketBook: Verse Pro Color



Aplicații (2)

- Agende electronice (E-Note)
 - Se pot utiliza pentru notițe și adnotarea documentelor
 - **Exemplu:** reMarkable Paper Pro (sus)
 - Afișaj de 11,8 inch (Canvas Color), bazat pe **E Ink Gallery 3**
 - Creion: detectează nivele de presiune și înclinare
 - Conversia notițelor scrise de mână în text
 - **Exemplu:** Kobo Libra Colour
 - Afișaj **E Ink Kaleido 3** de 7 inch



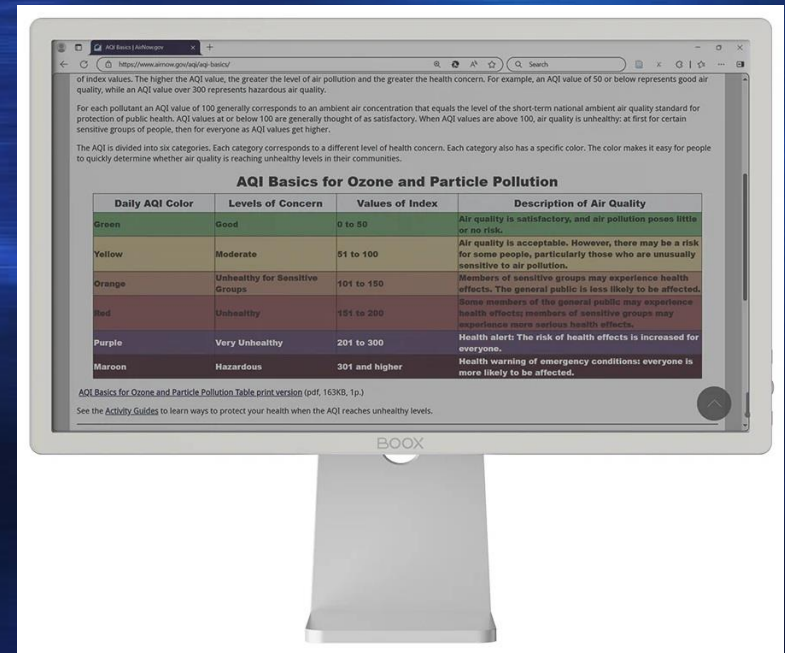
Aplicații (3)

● Monitoare

- Pot reduce oboseala ochilor

● Exemplu: BOOX Mira Pro

- Versiune alb-negru și color
- Se poate utiliza ca monitor primar sau secundar
- Afișaj E Ink Carta / Kaleido 3 (25,3 inch)
- Rezoluție: 3200 x 1800
- Densitate: 145 PPI
- 4 moduri de reîmprospătare



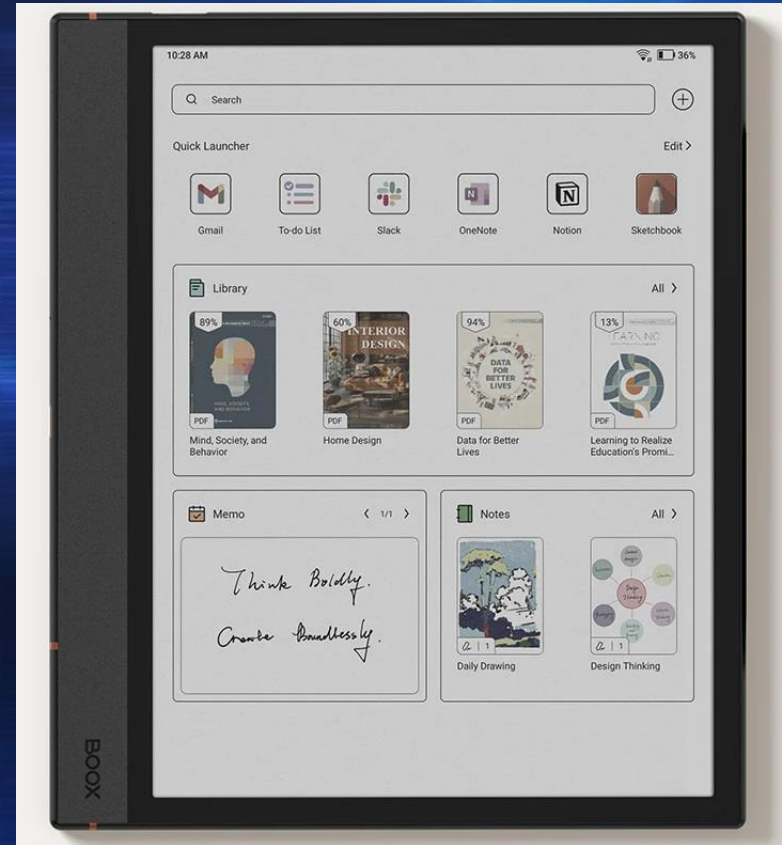
© BOOX

Aplicații (4)

● Tablete

● Exemplu: BOOX Note Air4 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)



© BOOX

Aplicații (5)

● Afișe digitale

- Se pot utiliza în exterior sau în interior
- Lizibile, robuste, durabile, rezistente la intemperii
- Etichete de prețuri
- Afișe pentru informații publice: evenimente, indicatoare
- Afișe 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

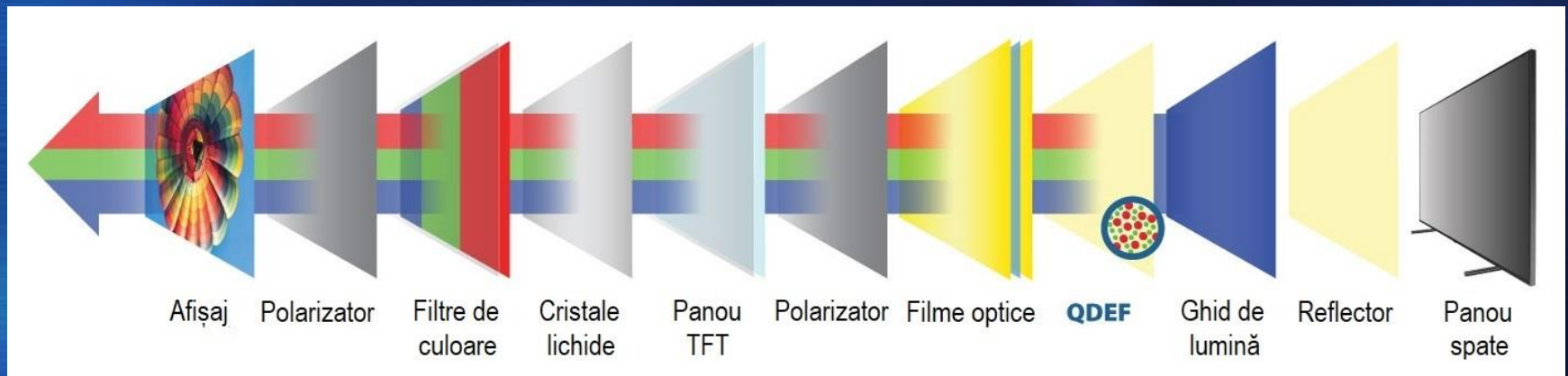
- Afișaje cu puncte cuantice
 - Puncte cuantice
 - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
 - Puncte cuantice cu afișaje OLED
 - Puncte cuantice cu micro-diode
 - Puncte cuantice electro-luminiscente

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/m²

- **Dezavantaj**

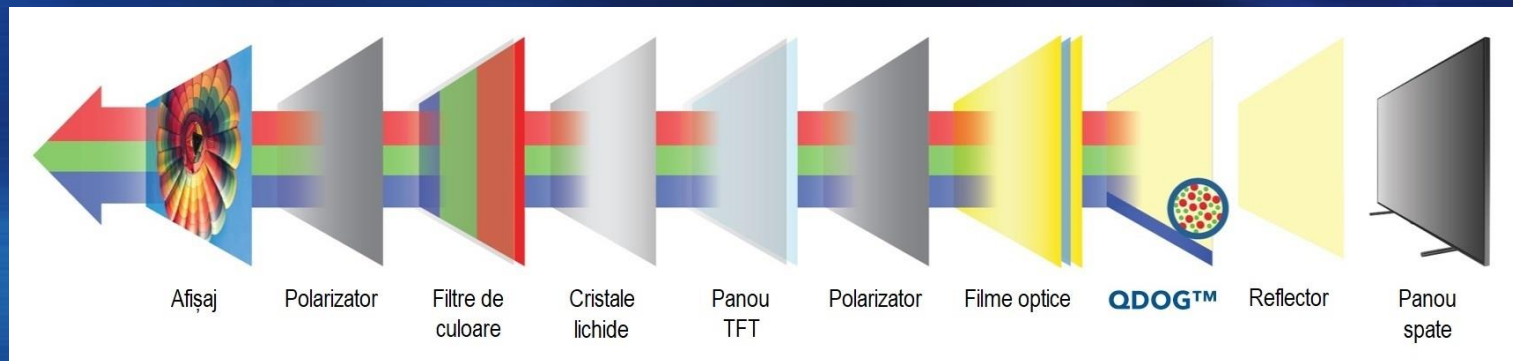
- Necesită filtre de culoare

- **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**



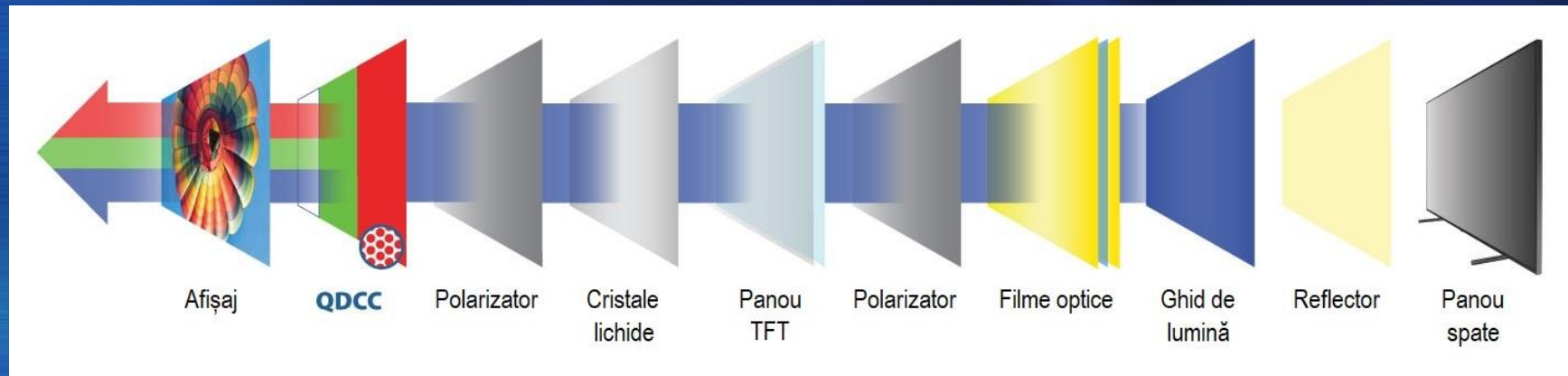
Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

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



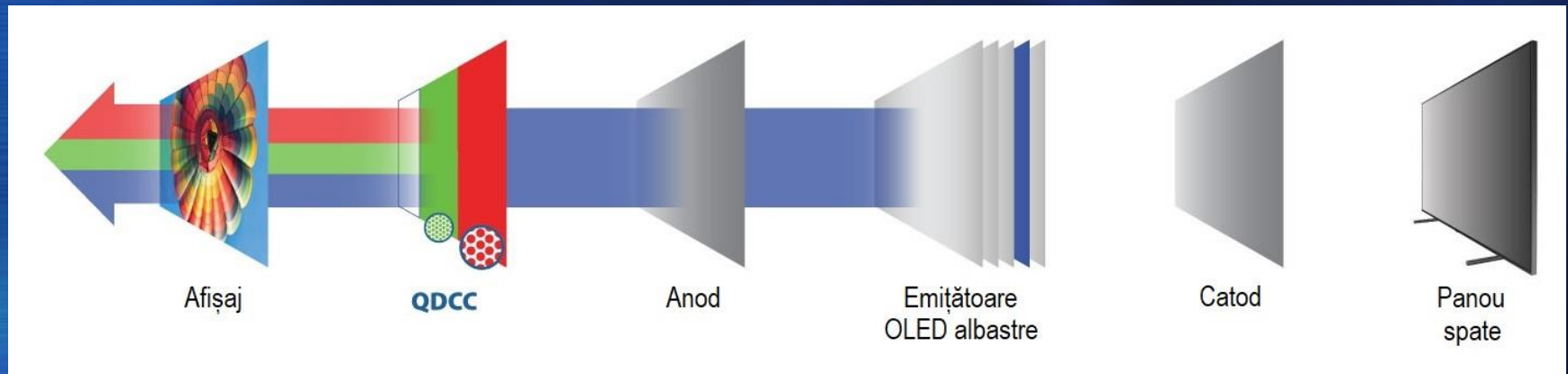
Imaginea originală © Nanosys Inc. (Shoei Chemical Inc.)

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)

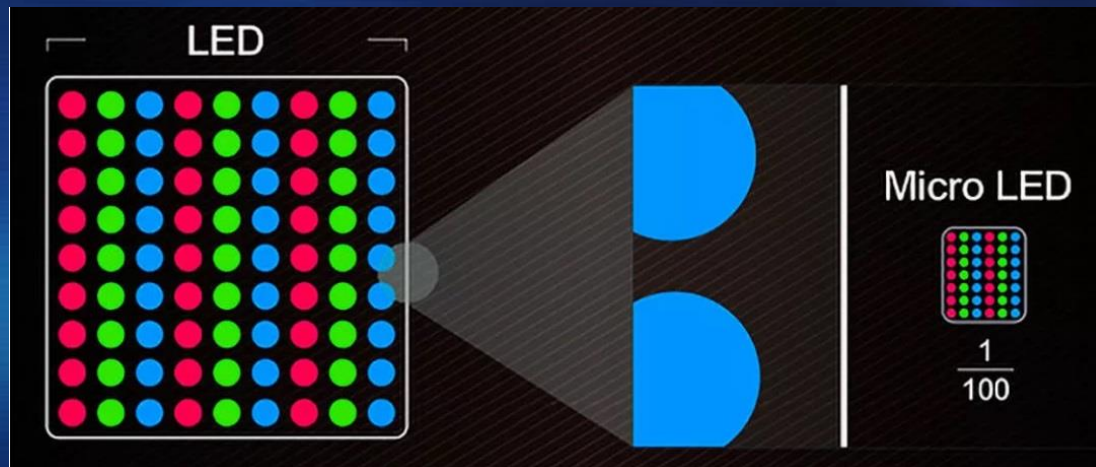
- Stratul de cristale lichide este eliminat
- Afișajul devine **complet emisiv**
- **Avantaje**
 - **Gama de culori** este extinsă față de afișajele **OLED** cu emisia luminii albe (**WOLED**)
 - Se simplifică **structura** față de afișajele **WOLED**
 - Se reduc **costurile** de fabricație
 - Tehnologia 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

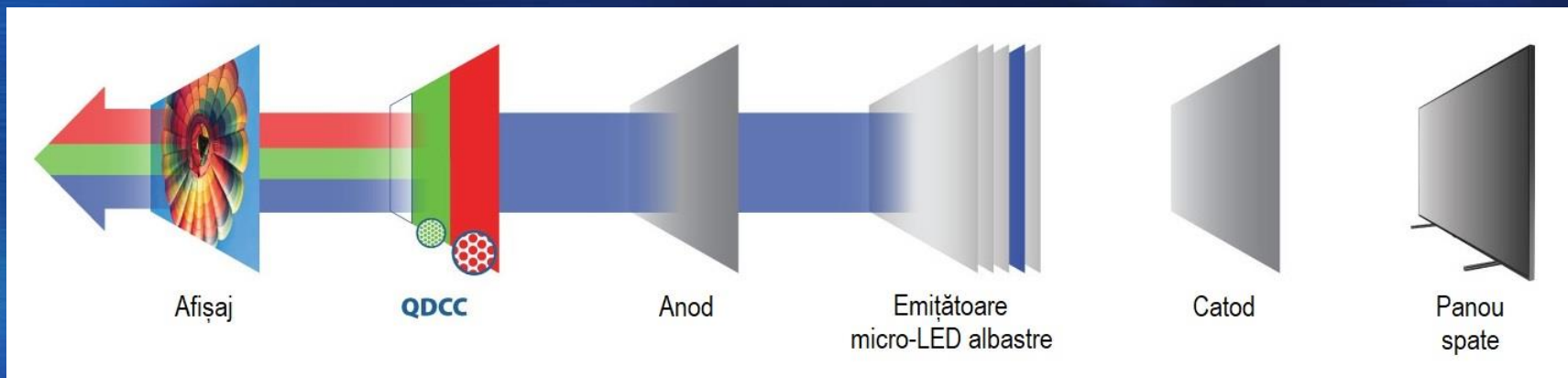


Puncte cuantice cu micro-diode (2)

- 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

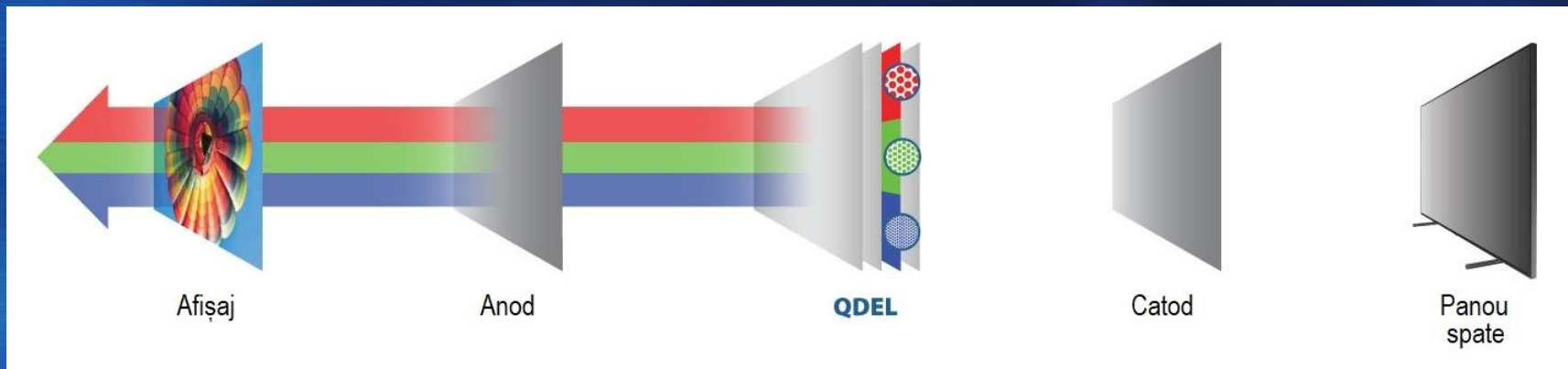
- Afișaje cu puncte cuantice
 - Puncte cuantice
 - Tehnologii pentru afișaje cu cristale lichide
 - Puncte cuantice cu afișaje OLED
 - Puncte cuantice cu micro-diode
 - Puncte cuantice electro-luminiscente

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 afişajelor cu puncte cuantice
 - Gamă de culori extinsă: acoperirea a peste 90% din spaţiul BT.2020; realizarea afişajelor 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 pigmenți
- 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