

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Relazione Fisica dei Dispositivi Integrati

Leonardo Testolin - VR436823

24 Ottobre 2019

Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

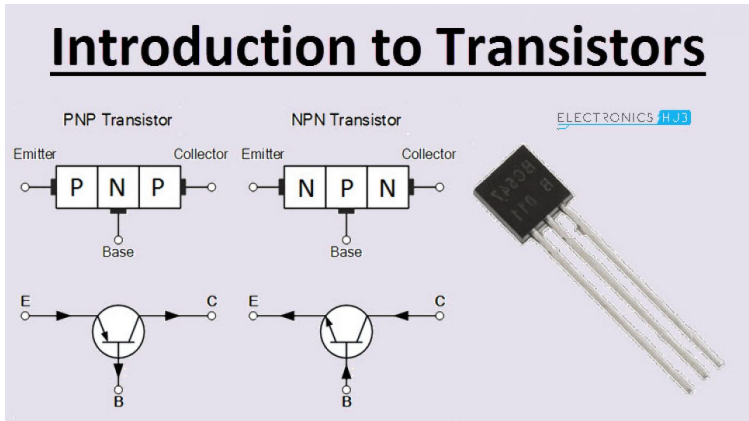


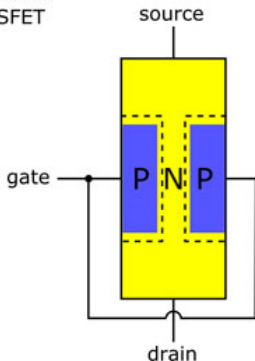
Figure: Transistor TFT

Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

N-channel
MOSFET



P-channel
MOSFET

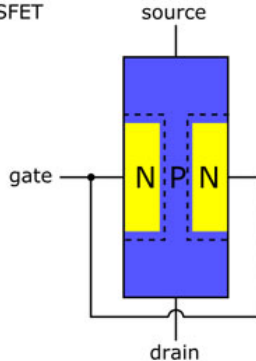


Figure: Transistor FET

Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

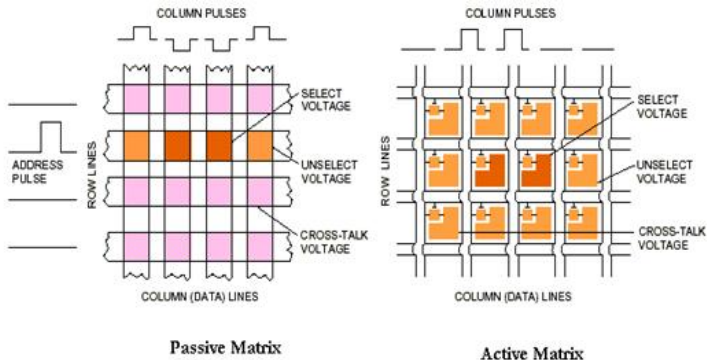


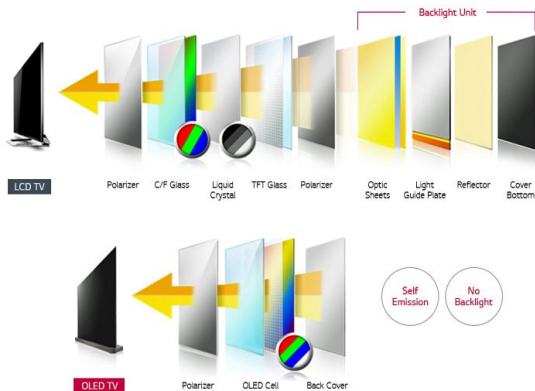
Figure: Passive Matrix and Active Matrix

Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

OLED TV structure map



Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

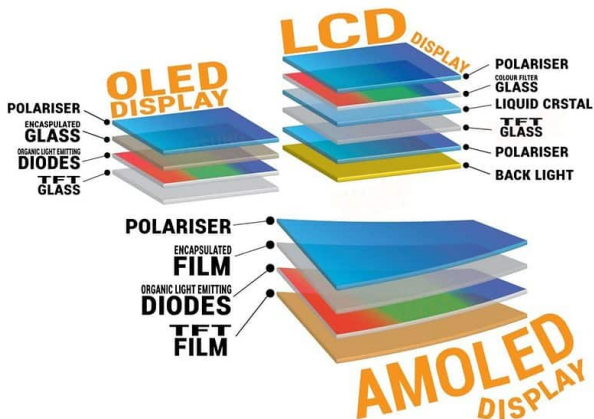


Figure: AMOLED vs LCD

Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Advantage 1

High Resolution

Smaller and more compact components of the new IGZO TFT (thin-film transistor) result in a clearer picture

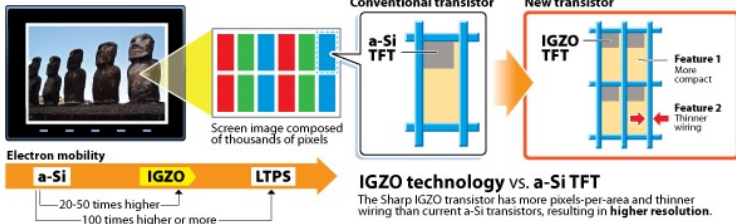


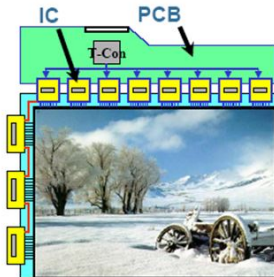
Figure: IGZO vs a-Si

Introduzione: alcuni concetti base

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

a-Si TFT vs. LTPS TFT-LCD



<a-Si TFT-LCD>



<LTPS TFT-LCD>

Advantages of LTPS TFT-LCD

1. Higher Panel Reliability
2. Higher Resolution
3. Smaller Form Factor
4. Smaller Power Consumption

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Sorgono molti problemi nella creazione di schermi di grandi dimensioni
- Molti approcci sono stati adottati per cercare di superare l'insufficienza della ricarica del pannello, cercando di usare tecniche guidate, cercando di manipolare il tempo di ricarica
- Quando pixel e dimensione dello schermo aumentano, il consumo energetico che deve essere fornito ai pixel diventa un problema molto critico

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Sorgono molti problemi nella creazione di schermi di grandi dimensioni
- Molti approcci sono stati adottati per cercare di superare l'insufficienza della ricarica del pannello, cercando di usare tecniche guidate, cercando di manipolare il tempo di ricarica
- Quando pixel e dimensione dello schermo aumentano, il consumo energetico che deve essere fornito ai pixel diventa un problema molto critico

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Sorgono molti problemi nella creazione di schermi di grandi dimensioni
- Molti approcci sono stati adottati per cercare di superare l'insufficienza della ricarica del pannello, cercando di usare tecniche guidate, cercando di manipolare il tempo di ricarica
- Quando pixel e dimensione dello schermo aumentano, il consumo energetico che deve essere fornito ai pixel diventa un problema molto critico

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- I problemi maggiori sono legati anche a problemi di ritardo e la distorsione data dall'alta resistenza e capacità parassitaria

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

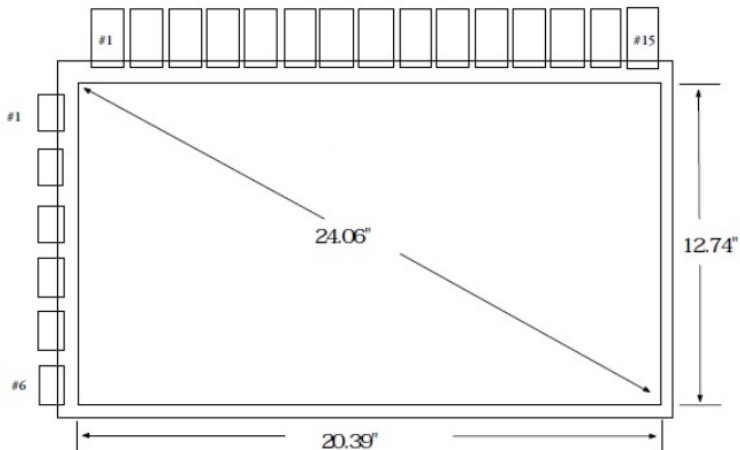


Figure: Schermo LCD

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Dall'analisi di alcuni risultati, si è potuto notare che i ritardi sulle gate line causano insufficienza di carica nei pixel causando lo sfarfallio dello schermo, mentre i ritardi sulle data line causano insufficienza di carica nei pixel relativi al cross-talk verticale

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV: Possibili Soluzioni

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Se ci sono questi problemi è possibile implementare lo split delle data line
- Si riduce così il clock e il data rate abbastanza da usare un device con frequenze molto più basse

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV: Possibili Soluzioni

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Se ci sono questi problemi è possibile implementare lo split delle data line
- Si riduce così il clock e il data rate abbastanza da usare un device con frequenze molto più basse

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD per applicazioni HDTV: Metodi

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

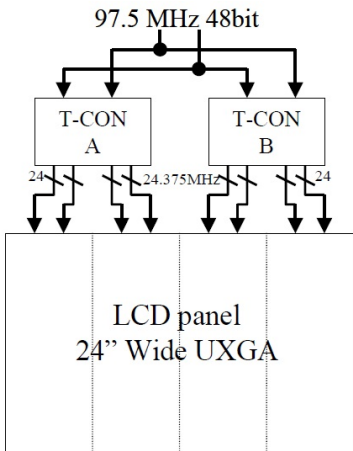


Figure: T-CON

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD:

Configurazione di sistema

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Un sistema totale usato per un display WUXGA consiste di 3 parti:

- Scheda video
- Interfaccia IC
- Modulo TFT-LCD di 24-inch

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD: Configurazione di sistema

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

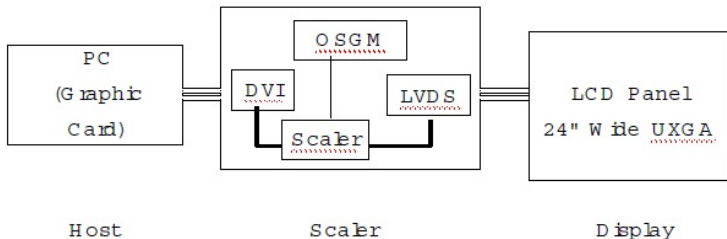


Figure: Configurazione di sistema

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD: angolo di visione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per migliorare la visione d'angolo dello schermo è stato sviluppato un nuovo modello VA (vertical alignment) ridenominato PVA (patterned vertical alignment), che utilizza dei campi della frontiera che sono guidati rispettivamente con il modello VA
- Così facendo dopo alcuni test si sono potuti ottimizzare le prestazioni delle celle del display

24-INCH WIDE UXGA TFT-LCD: angolo di visione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per migliorare la visione d'angolo dello schermo è stato sviluppato un nuovo modello VA (vertical alignment) ridenominato PVA (patterned vertical alignment), che utilizza dei campi della frontiera che sono guidati rispettivamente con il modello VA
- Così facendo dopo alcuni test si sono potuti ottimizzare le prestazioni delle celle del display

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- In particolare si fa una comparazione tra accuratezza, velocità di guida, consumo energetico e area occupata

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Organic light-emitting diode (OLED) sono display che sono efficienti dal punto di vista del consumo energetico, vivido e ideale per applicazioni portatili
- Sono costituiti da materiali a basso costo e vengono utilizzati meno processi di produzione per la loro creazione rispetto agli LCDs

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Organic light-emitting diode (OLED) sono display che sono efficienti dal punto di vista del consumo energetico, vivido e ideale per applicazioni portatili
- Sono costituiti da materiali a basso costo e vengono utilizzati meno processi di produzione per la loro creazione rispetto agli LCDs

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

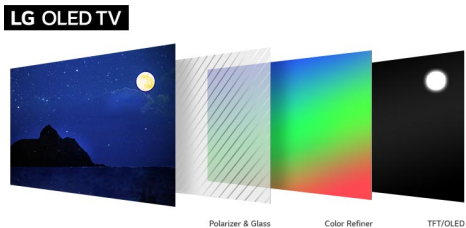
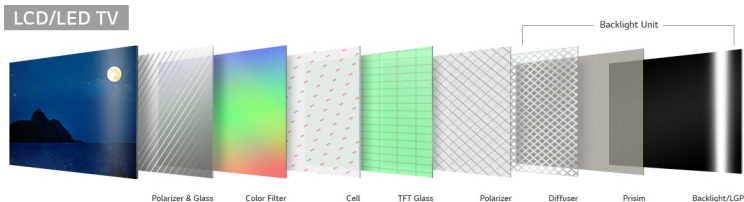


Figure: OLED

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- L'OLED è un device guidato da corrente dove il livello di luminosità è determinato dal livello di corrente che lo attraversa

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per queste ragioni gli OLED appaiono i migliori candidati per le diverse applicazioni mobili
- Questa corrente può essere fornita da una matrice passiva OLED (PMOLED) oppure da una matrice attiva (AMOLED)

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per queste ragioni gli OLED appaiono i migliori candidati per le diverse applicazioni mobili
- Questa corrente può essere fornita da una matrice passiva OLED (PMOLED) oppure da una matrice attiva (AMOLED)

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- La soluzione proposta prevede un approccio in cui si tende ad utilizzare la matrice passiva, in particolare, quando la dimensione dello schermo va aumentando
- La matrice passiva richiede un picco elevato di corrente per poter funzionare, ma questo, permette di ottenere alta luminosità
- Un consumo elevato di energia ha dimostrato effetti di maggior affidabilità da parte degli schermi OLED

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- La soluzione proposta prevede un approccio in cui si tende ad utilizzare la matrice passiva, in particolare, quando la dimensione dello schermo va aumentando
- La matrice passiva richiede un picco elevato di corrente per poter funzionare, ma questo, permette di ottenere alta luminosità
- Un consumo elevato di energia ha dimostrato effetti di maggior affidabilità da parte degli schermi OLED

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- La soluzione proposta prevede un approccio in cui si tende ad utilizzare la matrice passiva, in particolare, quando la dimensione dello schermo va aumentando
- La matrice passiva richiede un picco elevato di corrente per poter funzionare, ma questo, permette di ottenere alta luminosità
- Un consumo elevato di energia ha dimostrato effetti di maggior affidabilità da parte degli schermi OLED

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Circuiti driver per gli schermi OLED

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

I circuiti OLED possono essere divisi in due classi:

- Circuiti guidati dal voltaggio
- Circuiti guidati dalla corrente

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Circuiti driver per gli schermi OLED

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

I circuiti OLED possono essere divisi in due classi:

- Circuiti guidati dal voltaggio
- Circuiti guidati dalla corrente

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Voltage-programming driver circuits

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Il più semplice circuito chiamato 2-TFT, può essere creato tramite due TFT (T1 e T2)

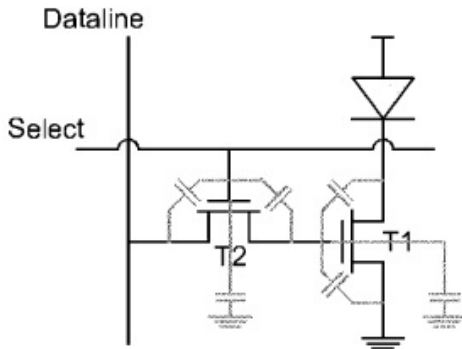


Figure: TFT OLED driver

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Voltage-programming driver circuits

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Problemi:

- Pesante drenaggio di corrente dovuto alla threshold del TFT
- Variazione di mobilità delle cariche

Soluzione:

- Per poter superare questo inconveniente deve essere introdotto un circuito che si auto-compensa, è semplice da realizzare, ma ha bisogno di più componenti

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Voltage-programming driver circuits

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Problemi:

- Pesante drenaggio di corrente dovuto alla threshold del TFT
- Variazione di mobilità delle cariche

Soluzione:

- Per poter superare questo inconveniente deve essere introdotto un circuito che si auto-compensa, è semplice da realizzare, ma ha bisogno di più componenti

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Voltage-programming driver circuits

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Problemi:

- Pesante drenaggio di corrente dovuto alla threshold del TFT
- Variazione di mobilità delle cariche

Soluzione:

- Per poter superare questo inconveniente deve essere introdotto un circuito che si auto-compensa, è semplice da realizzare, ma ha bisogno di più componenti

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Voltage-programming driver circuits

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Introducendo questa miglioria, il circuito risultante sarà denominato 4-TFT

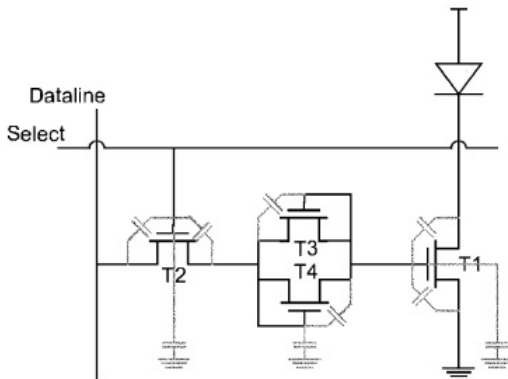


Figure: TFT OLED major

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Current-programming driver circuits

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Possiamo settare in maniera precisa la corrente che viene data allo schermo OLED con un approccio basato sulla programmazione di corrente

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Current-programming driver circuits

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

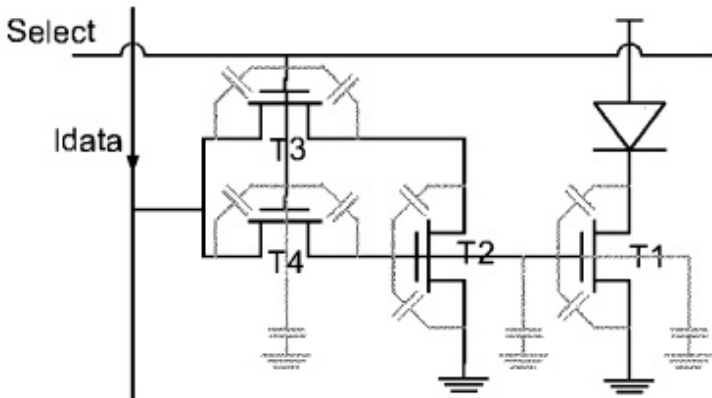


Figure: Current Mirror

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Current-programming driver circuits

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Una variante migliore rispetto alla precedente, introduce un circuito driver con memoria. Questo permetterà di ottenere migliori prestazioni in quanto è possibile salvare il voltaggio precedente

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Current-programming driver circuits

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

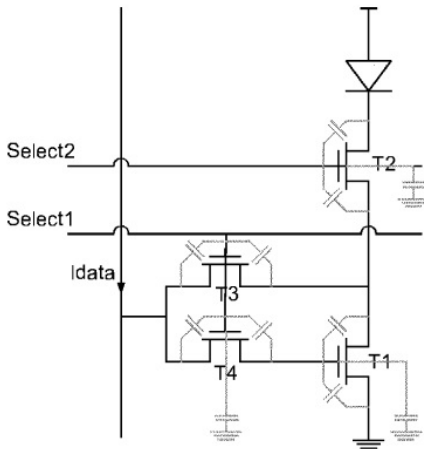


Figure: One-transistor current memory driver circuit

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Velocità di guida

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per calcolare il frame rate dei pixel si utilizza una formula che considera il numero di righe per matrice, il tempo di ricarica dei capacitori, il tempo di ricarica del capacitore TFT e il tempo di carica e scarica delle righe della matrice

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Conclusioni

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Il migliore circuito risulta essere il 2-TFT, in termini di velocità, consumo energetico e area occupata. Ma è molto sensibile alla mobilità e alla soglia di tensione
- La migliore, quindi è la 4-TFT con la quale la velocità è 10 volte più alta rispetto alla topologia basate su corrente e con un risparmio del 30% più alto. Le prestazioni sono ottime grazie alla combinazione dei TFT che permettono di controllare la corrente

Pixel AMOLED basati su circuiti in poly-Si TFTs: Conclusioni

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Il migliore circuito risulta essere il 2-TFT, in termini di velocità, consumo energetico e area occupata. Ma è molto sensibile alla mobilità e alla soglia di tensione
- La migliore, quindi è la 4-TFT con la quale la velocità è 10 volte più alta rispetto alla topologia basate su corrente e con un risparmio del 30% più alto. Le prestazioni sono ottime grazie alla combinazione dei TFT che permettono di controllare la corrente

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- La fisicità del display risulta essere molto importante in termini di portabilità e design

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Ci sono alcuni punti chiave da dover tenere in considerazione quando si parla di display OLED pieghevoli ed è la rottura del display dovuta alla curvatura
- Di solito, un display OLED include un sottostrato di plastica piuttosto che un sottostrato di vetro
- La plastica trasmette condensa/umidità; quindi, dei film passivi sono richiesti per poter reagire con l'umidità e la degradazione

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Ci sono alcuni punti chiave da dover tenere in considerazione quando si parla di display OLED pieghevoli ed è la rottura del display dovuta alla curvatura
- Di solito, un display OLED include un sottostrato di plastica piuttosto che un sottostrato di vetro
- La plastica trasmette condensa/umidità; quindi, dei film passivi sono richiesti per poter reagire con l'umidità e la degradazione

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Ci sono alcuni punti chiave da dover tenere in considerazione quando si parla di display OLED pieghevoli ed è la rottura del display dovuta alla curvatura
- Di solito, un display OLED include un sottostrato di plastica piuttosto che un sottostrato di vetro
- La plastica trasmette condensa/umidità; quindi, dei film passivi sono richiesti per poter reagire con l'umidità e la degradazione

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Soluzione:

- Per ridurre, invece, WVRT in maniera sufficiente, un film inorganico deve essere inserito ed essere sufficientemente sottile
- Il substrato di plastica dell'OLED non può resistere ad alte temperature. Infatti, un film inorganico deve essere formato a basse temperature, creando così il film con una bassa densità in relazione alla temperatura
- Il film deve essere formato in maniera ordinata, eliminando le possibili condense che potrebbero risultare

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Soluzione:

- Per ridurre, invece, WVRT in maniera sufficiente, un film inorganico deve essere inserito ed essere sufficientemente sottile
- Il substrato di plastica dell'OLED non può resistere ad alte temperature. Infatti, un film inorganico deve essere formato a basse temperature, creando così il film con una bassa densità in relazione alla temperatura
- Il film deve essere formato in maniera ordinata, eliminando le possibili condense che potrebbero risultare

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Soluzione:

- Per ridurre, invece, WVRT in maniera sufficiente, un film inorganico deve essere inserito ed essere sufficientemente sottile
- Il substrato di plastica dell'OLED non può resistere ad alte temperature. Infatti, un film inorganico deve essere formato a basse temperature, creando così il film con una bassa densità in relazione alla temperatura
- Il film deve essere formato in maniera ordinata, eliminando le possibili condense che potrebbero risultare

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Alcuni problemi:

- I film essendo così fini, ne compromettono la funzionalità

Soluzione:

- Si è fabbricato un display AMOLED flessibile usando un **trasferimento di tecnologia** che implementa la separazione inorganica dei vari livelli

Display AMOLED pieghevoli: introduzione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Alcuni problemi:

- I film essendo così fini, ne compromettono la funzionalità

Soluzione:

- Si è fabbricato un display AMOLED flessibile usando un **trasferimento di tecnologia** che implementa la separazione inorganica dei vari livelli

Display AMOLED pieghevoli: CAAC-OS

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Si è sviluppato un c-axis-aligned-crystal oxide semiconduttore (CAAC-OS) chiamato anche c-axis-aligned-nano-crystal oxide semiconduttore (CANC-OS), utilizzato in questo caso per creare il display FET

Display AMOLED pieghevoli: IGZO

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Possiamo identificare come OS (Ossido semiconduttore) l'IGZO (Indio, Gallio, Zinco)
- La formazione del CAAC-IGZO come un film sottile su uno strato di vetro è richiesta la 'ricottura' a meno di 500 °C

Display AMOLED pieghevoli: IGZO

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Possiamo identificare come OS (Ossido semiconduttore) l'IGZO (Indio, Gallio, Zinco)
- La formazione del CAAC-IGZO come un film sottile su uno strato di vetro è richiesta la 'ricottura' a meno di 500 °C

Display AMOLED pieghevoli: IGZO

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per il pannello posteriore è stato utilizzato LTPS ovvero il polisilicone a basse temperature
- LTPS ha alcuni problemi

Display AMOLED pieghevoli: IGZO

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per il pannello posteriore è stato utilizzato LTPS ovvero il polisilicone a basse temperature
- LTPS ha alcuni problemi

Display AMOLED pieghevoli: LTPS problemi

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- I display consumano una grande quantità di corrente dovuta ai livelli alti di funzionamento della corrente
- La fabbricazione richiede molti step, il costo molto elevato e un'equipaggiamento di manifattura non da poco (irradiazione laser)

Display AMOLED pieghevoli: LTPS problemi

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- I display consumano una grande quantità di corrente dovuta ai livelli alti di funzionamento della corrente
- La fabbricazione richiede molti step, il costo molto elevato e un'equipaggiamento di manifattura non da poco (irradiazione laser)

Display AMOLED pieghevoli: CAAC-OS vantaggi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Consumo di energia per la visualizzazione dell'immagine molto basso dovuto a livello di funzionamento della corrente molto basso
- Non sono richieste presenza di laser a differenza di LTPS

Display AMOLED pieghevoli: CAAC-OS vantaggi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Consumo di energia per la visualizzazione dell'immagine molto basso dovuto a livello di funzionamento della corrente molto basso
- Non sono richieste presenza di laser a differenza di LTPS

Display AMOLED pieghevoli: Cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

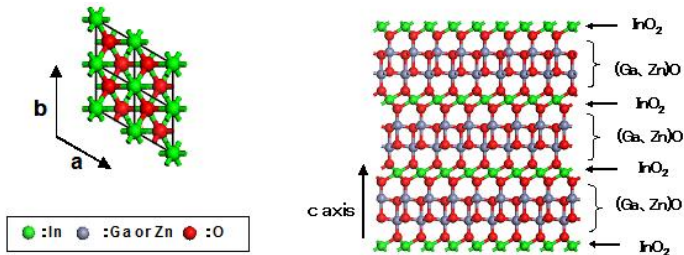


Fig.1 (a) Crystals seen from the c-axis direction

(b) Crystals seen from the direction perpendicular to the c-axis

Figure: Crystals

Display AMOLED pieghevoli: Cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

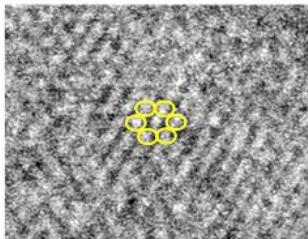
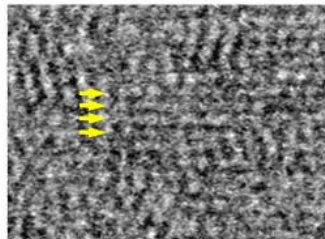


Fig.2 (a) Plane TEM image
of CAAC-IGZO



(b) Cross-sectional TEM image
of CAAC-IGZO

Figure: Crystals

Display AMOLED pieghevoli: Cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

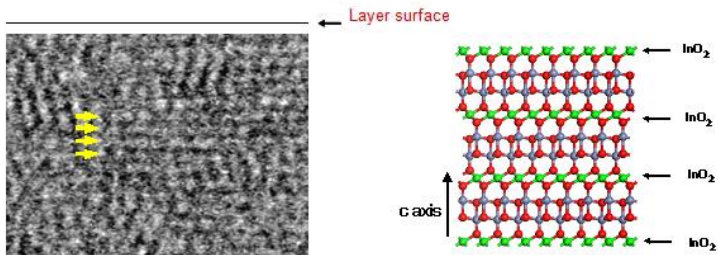


Fig.3 (a) Cross-sectional TEM
image of CAAC-IGZO

(b) Crystals seen from the
direction perpendicular to
the c-axis

Figure: Crystals

Display AMOLED pieghevoli: Trasferimento tecnologico

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Il processo di trasferimento tecnologico richiede un array di transistor field-effect (FET) formati da un substrato di vetro che è separato da un livello inorganico
- Permette di ottenere **alte performance** e **alta affidabilità**

Display AMOLED pieghevoli: Trasferimento tecnologico

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Il processo di trasferimento tecnologico richiede un array di transistor field-effect (FET) formati da un substrato di vetro che è separato da un livello inorganico
- Permette di ottenere **alte performance** e **alta affidabilità**

Trasferimento tecnologico: processo produttivo

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

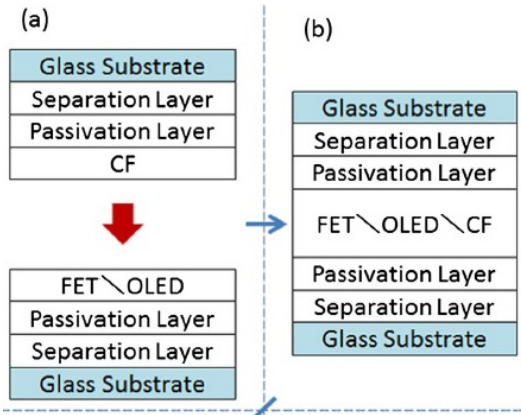


Figure: Processo produttivo

Trasferimento tecnologico: processo produttivo

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

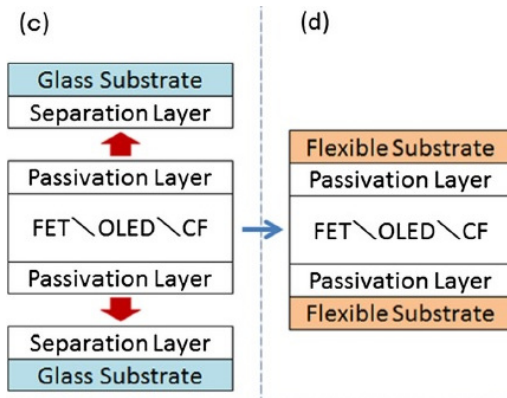


Figure: Processo produttivo

Test di piegatura schermo

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

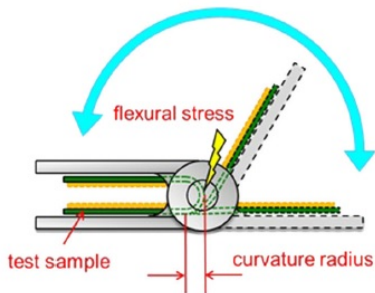
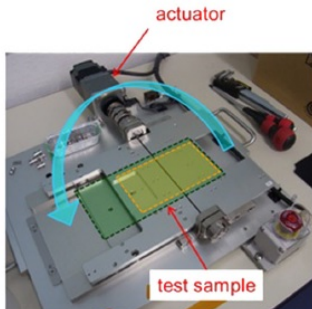


Figure: Test di piegatura

Misurazione del rate di trasmissione del vapore acqueo

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

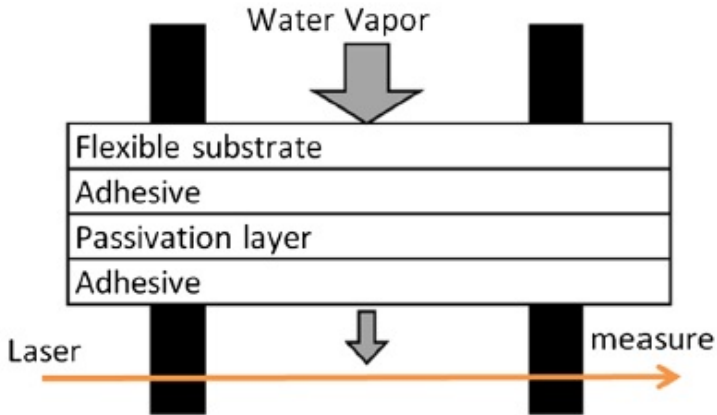


Figure: Test di temperatura e umidità

Test su pannello flessibile ad alte temperature e alte umidità

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Dopo ben 500 ore non è stato possibile osservare alcun punto nero dei pixel e nemmeno restringimento dei pixel
- Si può concludere che il livello passivo ha una buona affidabilità e qualità costruttiva

Test su pannello flessibile ad alte temperature e alte umidità

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Dopo ben 500 ore non è stato possibile osservare alcun punto nero dei pixel e nemmeno restringimento dei pixel
- Si può concludere che il livello passivo ha una buona affidabilità e qualità costruttiva

Sfida tecnologica per implementare schermi AMOLED di grandi dimensioni

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Si va ad analizzare alcune tecnologie come:

- L'ossido di TFTs combinato con i vantaggi del LTPS e a-Si TFTs. Questi portano dei vantaggi su schermi molto grandi
- Comparazione tra ossido dei TFTs con l'uso dell'ELA LTPS e l'uso di IGZO amorfo

Sfida tecnologica per implementare schermi AMOLED di grandi dimensioni

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Si va ad analizzare alcune tecnologie come:

- L'ossido di TFTs combinato con i vantaggi del LTPS e a-Si TFTs. Questi portano dei vantaggi su schermi molto grandi
- Comparazione tra ossido dei TFTs con l'uso dell'ELA LTPS e l'uso di IGZO amorfo

3 punti fondamentali per gli schermi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- **Fabbricazione e performance dei TFT**
- Il design degli OLED
- L'incapsulamento degli schermi

3 punti fondamentali per gli schermi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- **Fabbricazione e performance dei TFT**
- **Il design degli OLED**
- L'incapsulamento degli schermi

3 punti fondamentali per gli schermi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- **Fabbricazione e performance dei TFT**
- **Il design degli OLED**
- **L'incapsulamento degli schermi**

Sfida tecnologica: introduzione delle tecnologie

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Un primo approccio per la creazione di un pannello posteriore dell'OLED è stato creare una metodologia, per la creazione di TFT, che si basa su ELA e LTPS
- Queste tecniche sono valide sia per la loro **mobilità** che **stabilità**

Sfida tecnologica: introduzione delle tecnologie

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Un primo approccio per la creazione di un pannello posteriore dell'OLED è stato creare una metodologia, per la creazione di TFT, che si basa su ELA e LTPS
- Queste tecniche sono valide sia per la loro **mobilità** che **stabilità**

Sfida tecnologica: introduzione delle tecnologie

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Ma come tutte le tecniche, anche queste hanno delle **limitazioni** derivanti dai raggi laser che vengono impiegati per lo sviluppo di questa tecnica (ELA)

Sfida tecnologica: introduzione delle tecnologie

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Seconda tecnologia implementata è la **fine metal shadow mask** (FMM), cioè una maschera che viene posta tra i diversi strati per introdurre i colori primari all'interno dello schermo OLED
- Presenta delle limitazioni aumentando la dimensione dell'area da ricoprire

Sfida tecnologica: introduzione delle tecnologie

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Seconda tecnologia implementata è la **fine metal shadow mask** (FMM), cioè una maschera che viene posta tra i diversi strati per introdurre i colori primari all'interno dello schermo OLED
- Presenta delle limitazioni aumentando la dimensione dell'area da ricoprire

Sfida tecnologica: introduzione delle tecnologie

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Ci sono alcune soluzioni valide per la sostituzione della FMM, quali per esempio: Laser-based patterning methods, radiation-induced sublimation transfer (RIST), laser-induced pattern-wise sublimation (LIPS) and laser-induced thermal transfer (LITI)

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Ci sono 4 principali problemi che riguardano il pannello posteriore di uno schermo OLED

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Riduzione del numero di 'photo-mask'
- Miglioramento della luminosità non uniforme
- IR drop prevention (introdurre un elettrodo di supporto per prevenire una rottura dovuta ad un salto di tensione)
- Affidabilità del device

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Riduzione del numero di 'photo-mask'
- Miglioramento della luminosità non uniforme
- IR drop prevention (introdurre un elettrodo di supporto per prevenire una rottura dovuta ad un salto di tensione)
- Affidabilità del device

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Riduzione del numero di 'photo-mask'
- Miglioramento della luminosità non uniforme
- IR drop prevention (introdurre un elettrodo di supporto per prevenire una rottura dovuta ad un salto di tensione)
- Affidabilità del device

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Riduzione del numero di 'photo-mask'
- Miglioramento della luminosità non uniforme
- IR drop prevention (introdurre un elettrodo di supporto per prevenire una rottura dovuta ad un salto di tensione)
- Affidabilità del device

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- La creazione del LCD attraverso a-Si (Silicio Amorfo) permette di avere costi bassi in merito alla fabbricazione, ma non permette di ottenere delle prestazioni altrettanto buone

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per ottenere prestazioni migliori di solito, al giorno d'oggi, viene utilizzato il Si LTPS, ovvero, silicio policristallino a basse temperature
- Fornisce così una migliore **mobilità** e **stabilità**
- **Processo chiave:** trasformare a-Si in Si policristallino

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e sfide per gli schermi AMOLED e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per ottenere prestazioni migliori di solito, al giorno d'oggi, viene utilizzato il Si LTPS, ovvero, silicio policristallino a basse temperature
- Fornisce così una migliore **mobilità** e **stabilità**
- **Processo chiave:** trasformare a-Si in Si policristallino

Stato di corrente e problemi sulla tecnologia di cristallizzazione

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Per ottenere prestazioni migliori di solito, al giorno d'oggi, viene utilizzato il Si LTPS, ovvero, silicio policristallino a basse temperature
- Fornisce così una migliore **mobilità** e **stabilità**
- **Processo chiave:** trasformare a-Si in Si policristallino

Cristallizzazione senza l'ausilio di laser

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Senza laser: il processo richiede una temperatura che stia sui 600 °C, con una cottura che dura all'incirca una decina d'ore
- Questa soluzione se non fatta in maniera precisa porta ad avere delle crepe nella fase di cristallizzazione

Cristallizzazione senza l'ausilio di laser

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Senza laser: il processo richiede una temperatura che stia sui 600 °C, con una cottura che dura all'incirca una decina d'ore
- Questa soluzione se non fatta in maniera precisa porta ad avere delle crepe nella fase di cristallizzazione

Cristallizzazione ELA (Excimer Laser Annealing)

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

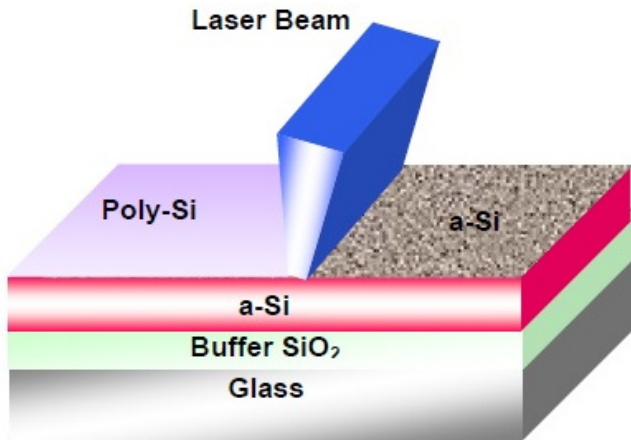


Figure 1. The schematic diagram of ELA crystallization in LTPS TFT

ELA (excimer laser annealing) vantaggi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- **Eccellente cristallizzazione, veloce cristallizzazione e un'alta mobilità**

ELA (excimer laser annealing) svantaggi

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- **Alto costo di mantenimento e fabbricazione, lunghezza e instabilità del raggio laser su piani di grandi dimensioni**

Alternativa di ELA: Ossido TFT

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Si uniscono i vantaggi derivanti da a-Si e LTPS
- Si creano dei vantaggi per quanto riguarda la mobilità e la stabilità

Alternativa di ELA: Ossido TFT

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Si uniscono i vantaggi derivanti da a-Si e LTPS
- Si creano dei vantaggi per quanto riguarda la mobilità e la stabilità

Ossido TFT

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Molto simile al processo che viene fatto attraverso a-Si
- In aggiunta al processo produttivo "standard" viene inserito l'ossido di TFT in una camera di temperatura

Ossido TFT

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- Molto simile al processo che viene fatto attraverso a-Si
- In aggiunta al processo produttivo "standard" viene inserito l'ossido di TFT in una camera di temperatura

Processo produttivo a-Si e LTPS

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

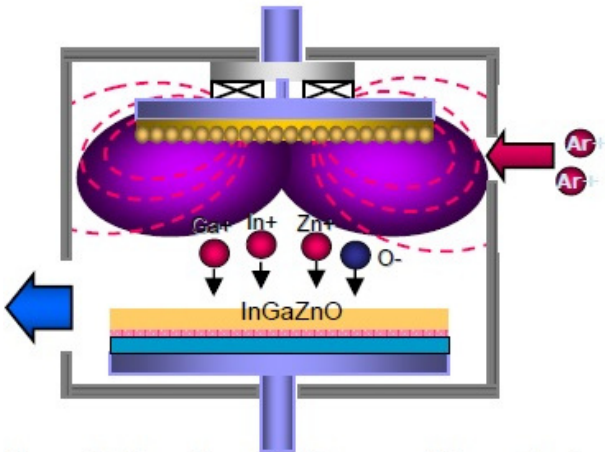


Figure 2. The schematic diagram of the sputtering system of IGZO channel layer in oxide TFT.

Tecnologia Ossido TFT

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

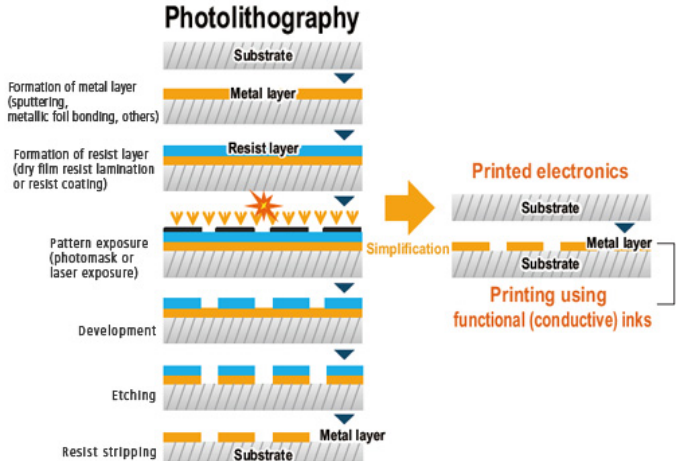


Figure: Photolithography

Implementare schermi AMOLED di grandi dimensioni: conclusioni

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- In definitiva si è sviluppato un display WXGA AMOLED full-color da 12.1 inch
- Per la realizzazione del display si è utilizzato a-IGZO
- Alla fine il processo, attraverso il quale si è realizzato il pannello posteriore del display, può essere facilmente esteso in una produzione di grandi schermi, potendo utilizzare tecniche, quali sputtering per la creazione dei canali

Implementare schermi AMOLED di grandi dimensioni: conclusioni

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- In definitiva si è sviluppato un display WXGA AMOLED full-color da 12.1 inch
- Per la realizzazione del display si è utilizzato **a-IGZO**
- Alla fine il processo, attraverso il quale si è realizzato il pannello posteriore del display, può essere facilmente esteso in una produzione di grandi schermi, potendo utilizzare tecniche, quali sputtering per la creazione dei canali

Implementare schermi AMOLED di grandi dimensioni: conclusioni

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

- In definitiva si è sviluppato un display WXGA AMOLED full-color da 12.1 inch
- Per la realizzazione del display si è utilizzato **a-IGZO**
- Alla fine il processo, attraverso il quale si è realizzato il pannello posteriore del display, può essere facilmente esteso in una produzione di grandi schermi, potendo utilizzare tecniche, quali sputtering per la creazione dei canali

The end

Diverse soluzioni e
sfide per gli
schermi AMOLED
e OLED

Leonardo Testolin
- VR436823

Grazie per l'attenzione