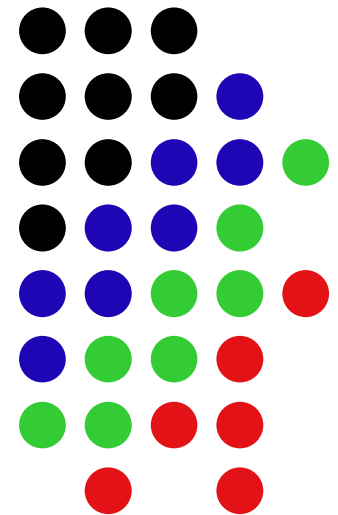
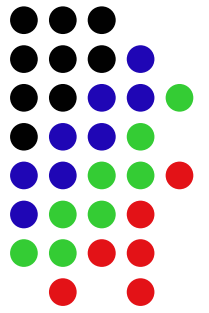


Elektrolumineszenz

Ein Vortrag von

Annett Rabis, Tobias Blang und Dennis Weber

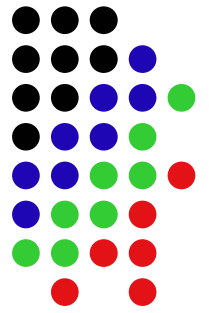




Inhalt

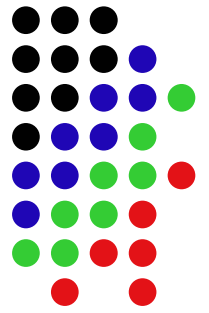
- Geschichte
- Grundbegriffe
- Wirkungsprinzip der Elektrolumineszenz
- Herstellungsverfahren
- Materialien
- Vorteile
- Anwendungen
- LYTTTRON
- Zukunft

Geschichte

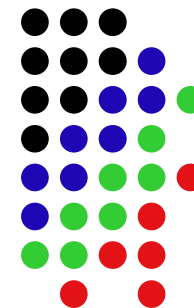


- Entdeckung durch Destriau im Jahre 1936
- 1950er erstmal Forschung da transparente Leiter entwickelt wurden
- Anfang der 60er Konzentration auf Dünnschicht-EL
- 1967 Verbesserung durch Einsatz von doppelter Isolatorschicht
- 1980er Anwendung in monochromatischen Displays
- Aktuell werden Fernseher mit EL Technologie entwickelt

Geschichte

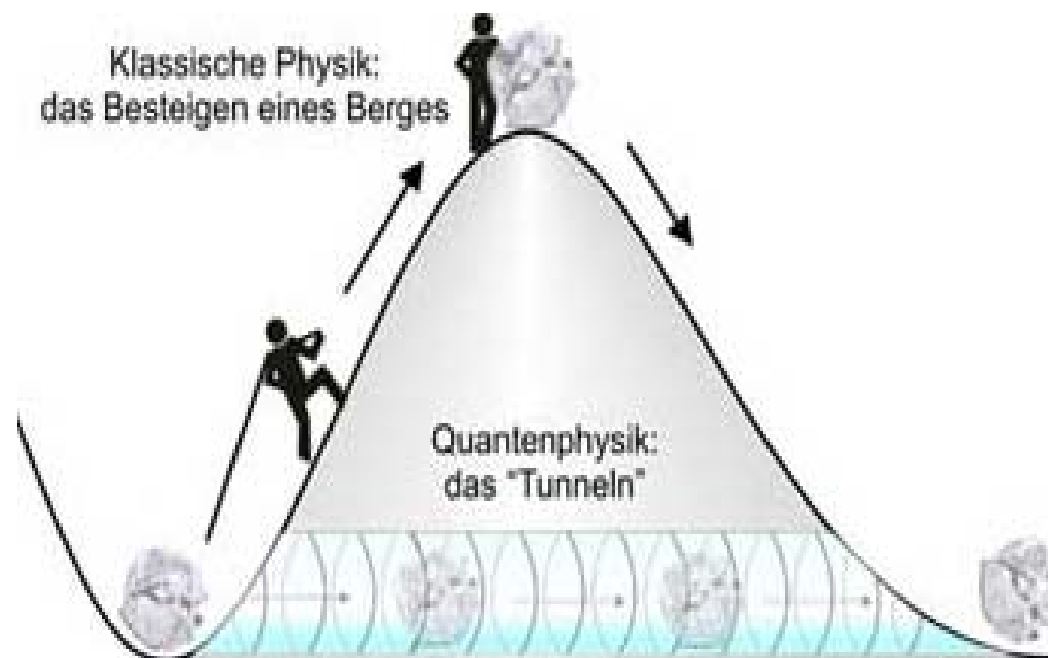
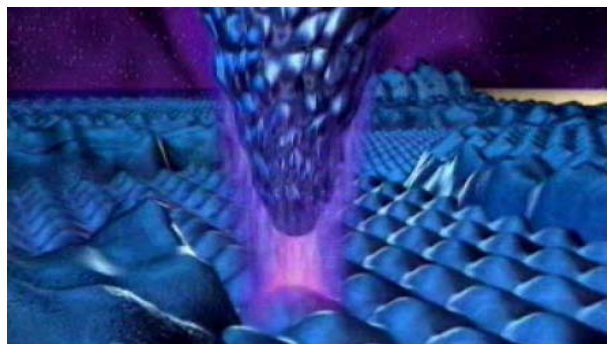


- Einer der ersten Laptops
 - mit EL-Display ausgestattet
- monochrom, jedoch:
 - wenig anfällig
 - großer Betrachtungswinkel
 - geringer Stromverbrauch

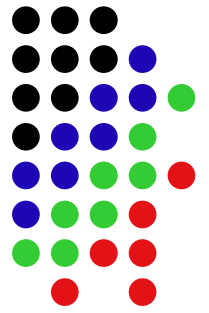


Tunneleffekt

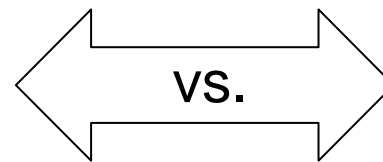
- quantenmechanisches Phänomen
- Überwindung einer Energiebarriere ohne die notwendige Energie zu besitzen
- „tunneln“ von Elektronen durch eine Energiebarriere
- Beschreibung durch Wellenfunktion
 - Unschärferealisation
- Nutzung des Effekts bei Rastertunnelmikroskopen



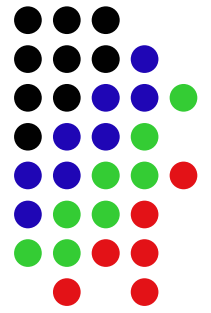
Lumineszenz



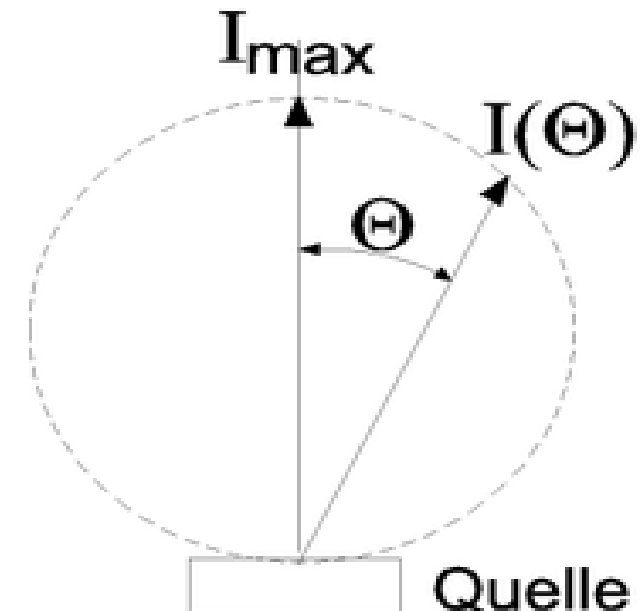
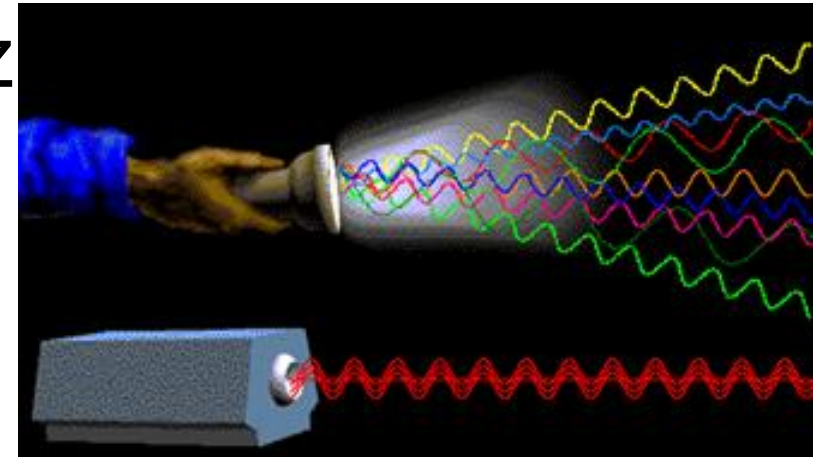
- Aussendung von Strahlung im nicht-thermischen Gleichgewicht
- Elektrolumineszenz durch:
 - Anlegen einer Spannung
 - Und Stromfluss



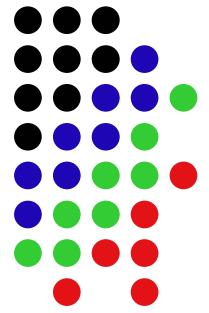
Kohärenz



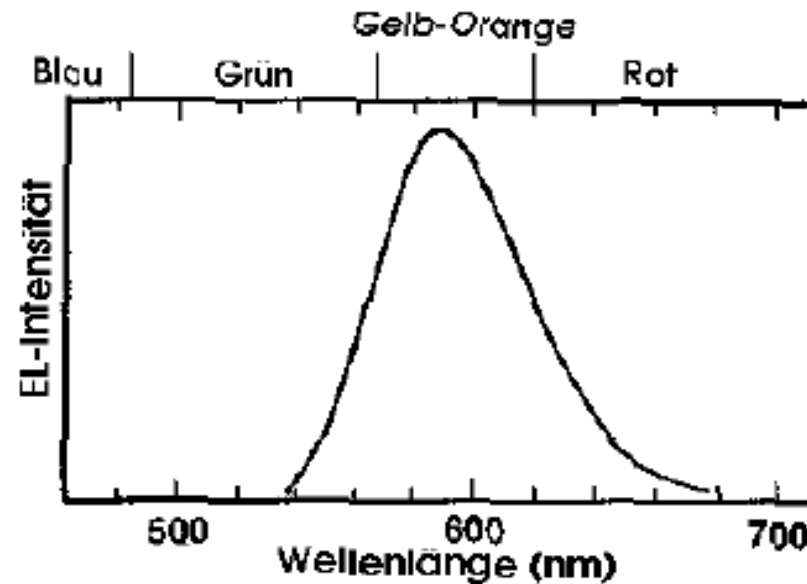
- Aus der Elektrolumineszenz entstandenes Licht ist nicht kohärent
 - es breitet sich in alle Raumrichtungen aus
- Die Leuchtdichte ist in alle Richtungen konstant
 - Lambert-Strahler



Kohärenz

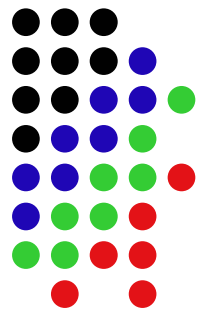


- Das emittierte Licht ist nicht monochromatisch wie das eines Lasers
- Bsp. ZnS:Mn



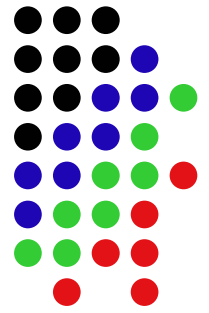
- Durch Filtern lässt sich auch rotes und grünes Licht erhalten
 - geringere Intensität

Wirkungsprinzip Elektrolumineszenz

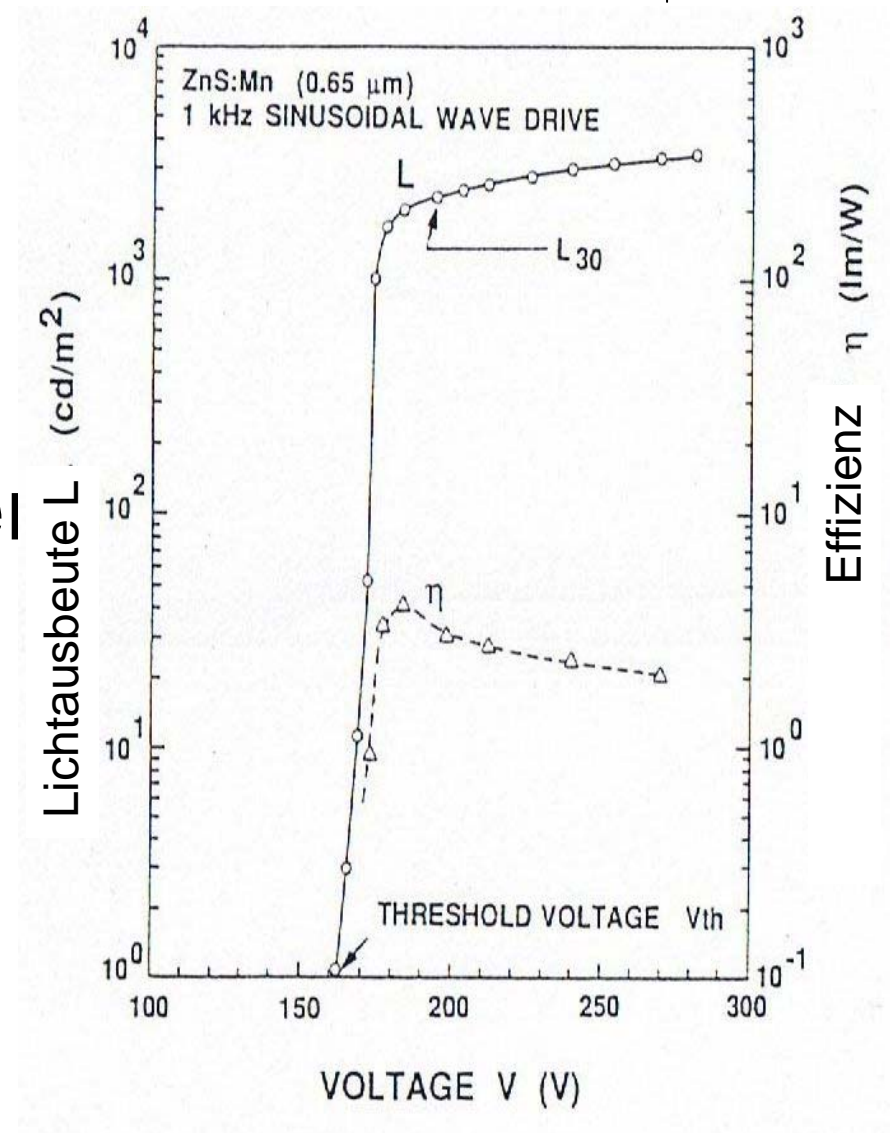


- Anlegen von Spannung erzeugt ein elektrisches Feld
- Elektronen werden beschleunigt
- lumineszierende Zentren werden angeregt
- Licht wird ausgesendet
 - inkohärentes Licht
 - kein monochromatisches Licht

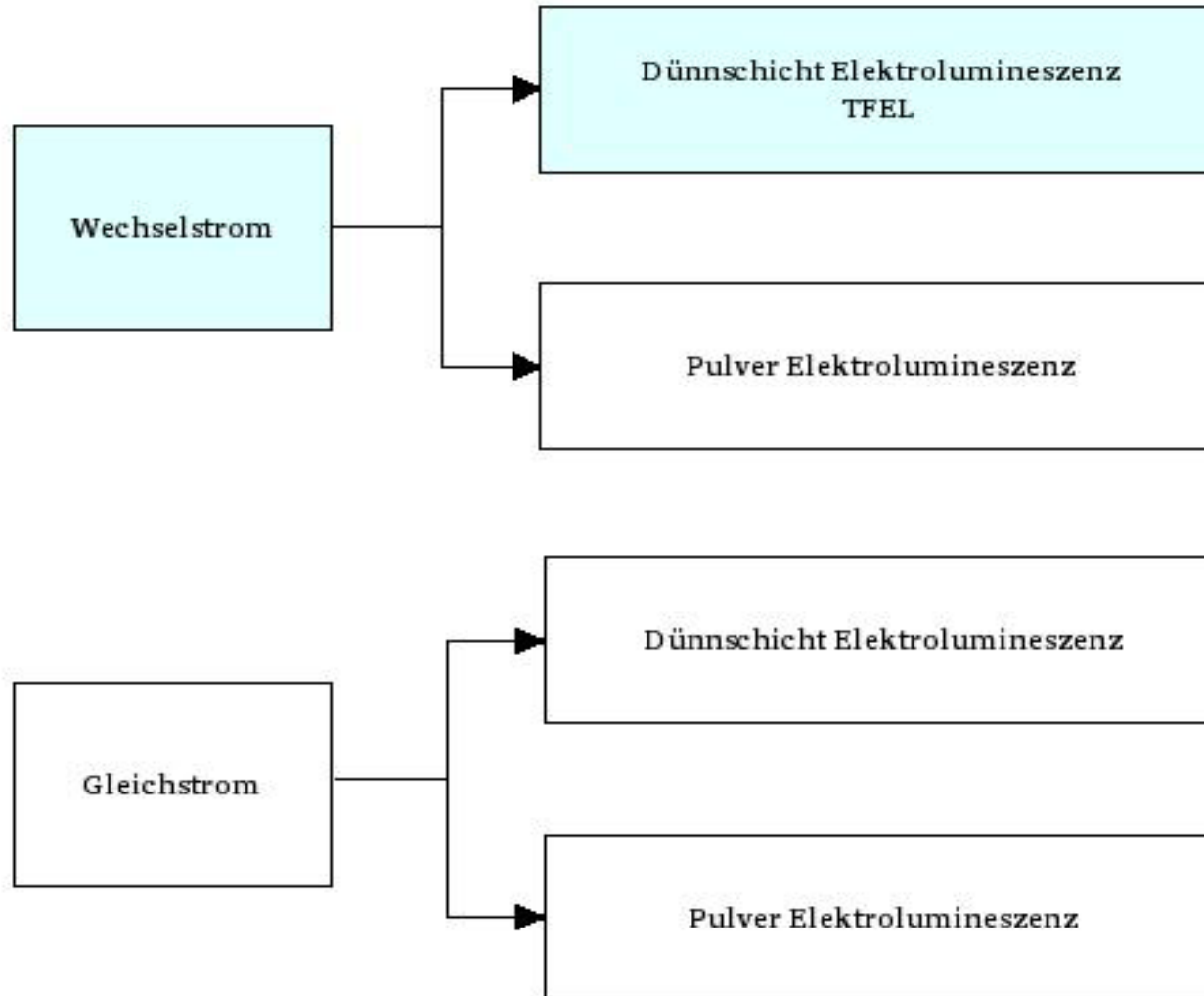
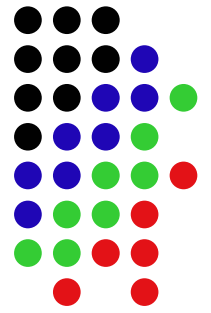
Wirkungsprinzip Elektrolumineszenz



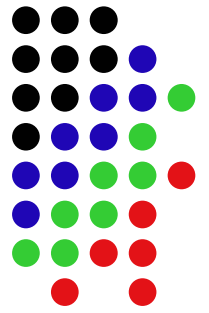
- Kondensator unter U_{th}
 - „Leuchtkondensator“
- steiler Anstieg der Lichtausbeute bei U_{th}
- Abflachung bei steigender Spannung
- Üblicherweise wird bei 20V bis 40V über U_{th} gearbeitet
- Bsp.: ZnS:Mn



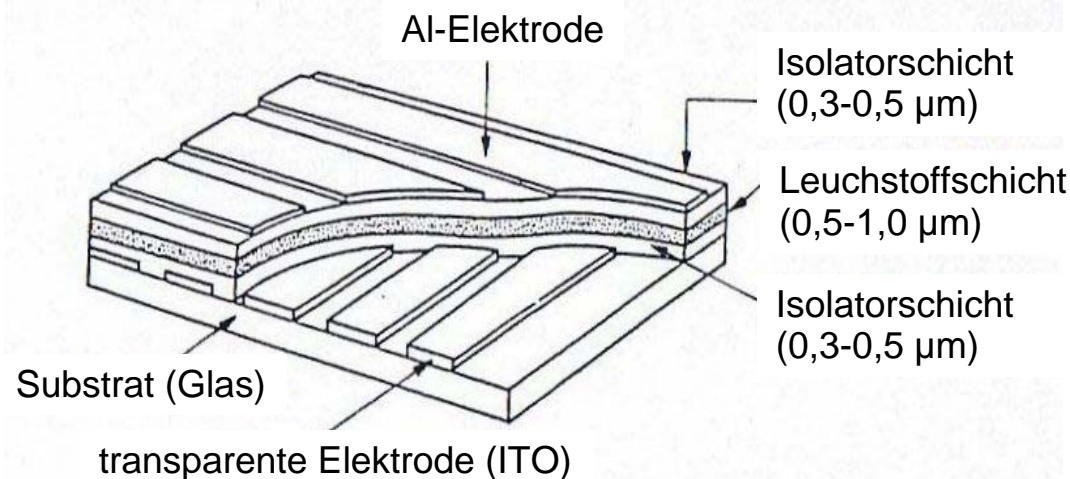
4 Strukturen der Elektrolumineszenz



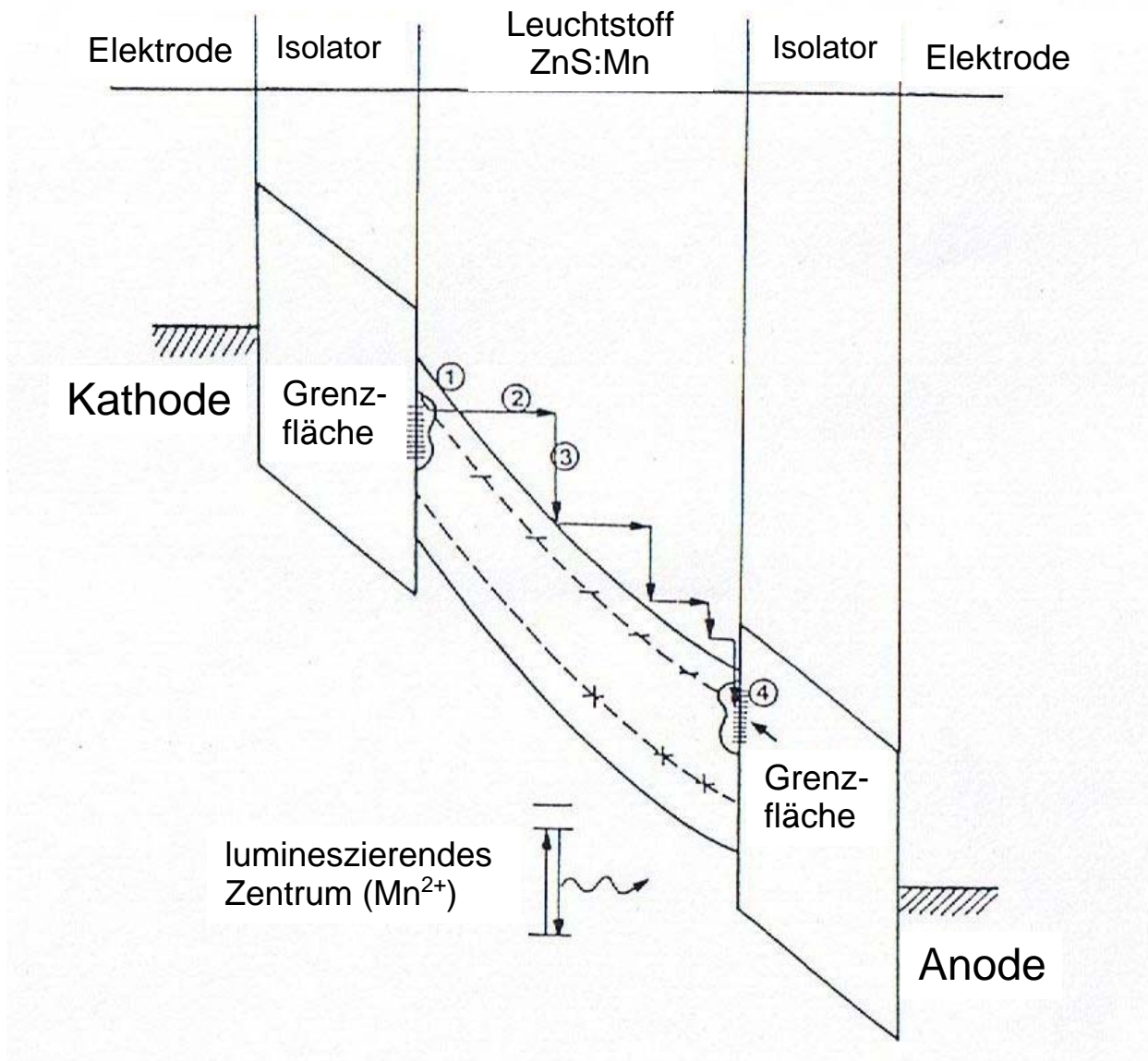
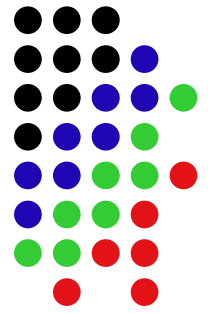
Wechselstrom – Dünnschicht EL



- Doppelte Isolatorschicht
 - Vermeidung von Kurzschlüssen
 - Abgrenzung des Leuchtstoffes
 - Aufbau des elektr. Feldes
- Transparenz für Substrat, Elektrode und Isolator

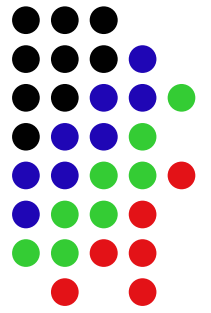


Wechselstrom – Dünnschicht EL



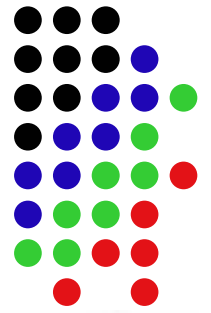
- „tunneln“
- beschleunigen
- anregen des Aktivators
- Polarisation
- Unterschied bei
 - CaS
 - SrS

Wechselstrom – Dünnschicht EL

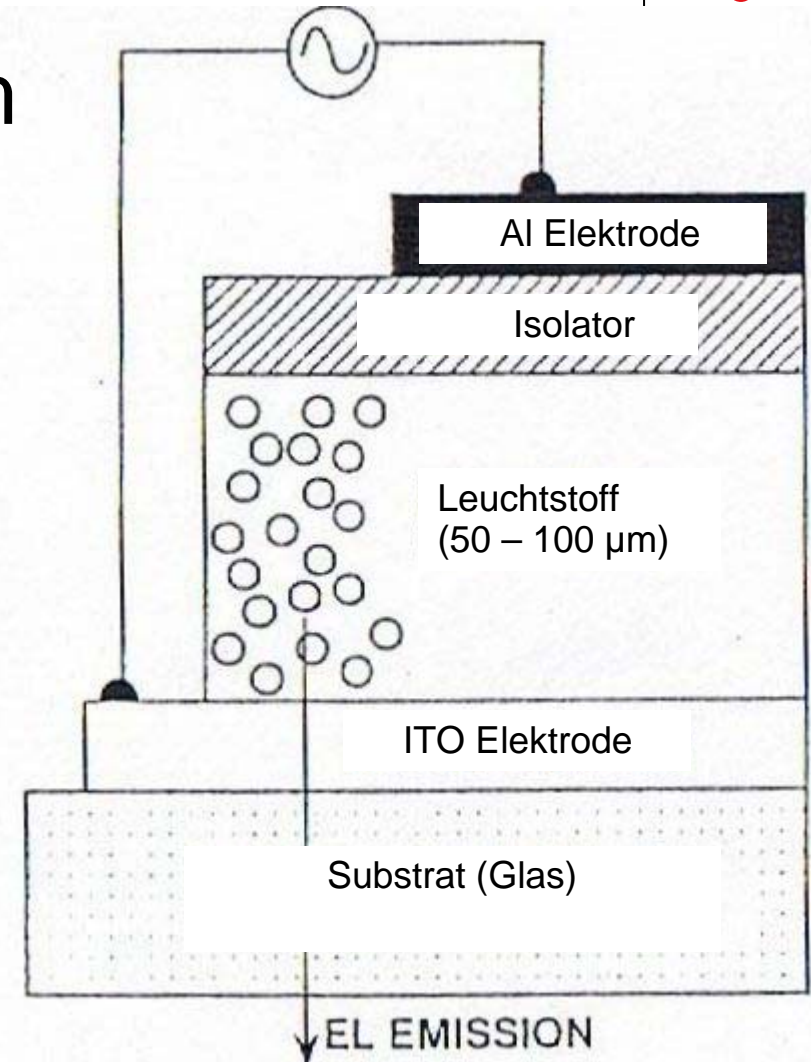


- Eigenschaften dieser Struktur
 - elektr. Feld in der Größe von 10^8 V/m
 - Kupfer ungeeignet als lumineszierendes Zentrum
 - hoher Temperaturspanne
 - robust
 - großer Betrachtungswinkel
 - guter Kontrast

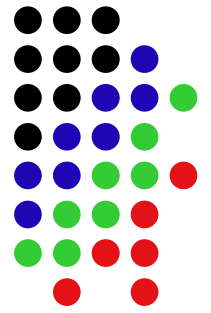
Wechselstrom – Pulver EL



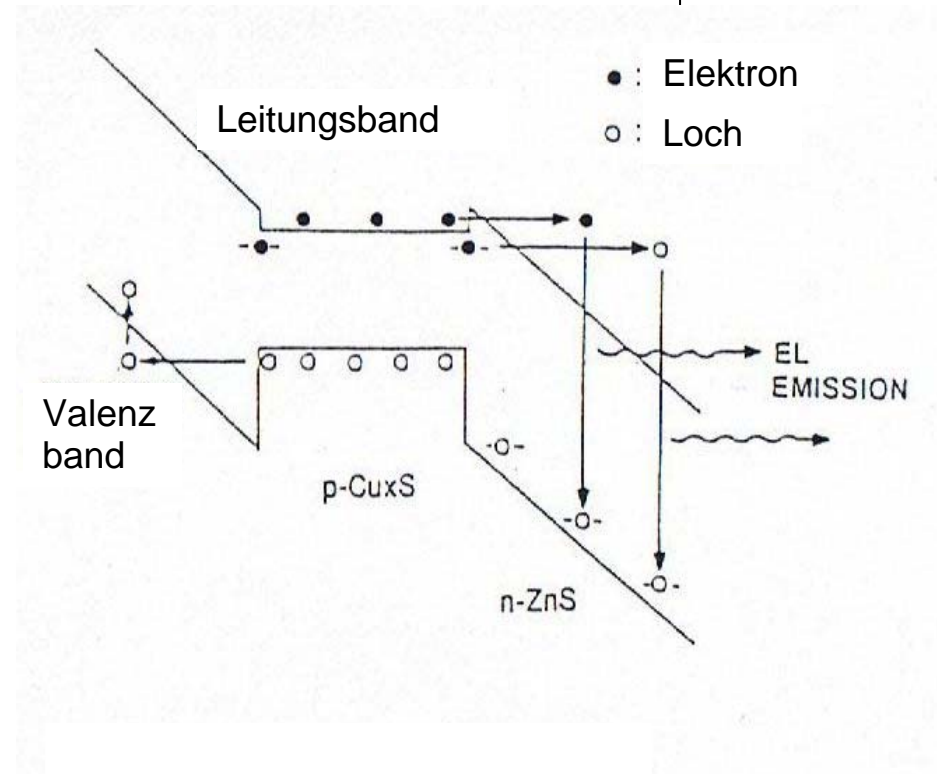
- Leuchtstoff in Dielektrikum eingebettet
 - Trennung der Leuchtstoffpartikel
- elektr. Feld von 10^6 bis 10^7 V/m
- Einfache Kontrolle der emittierten Farbe
- Einsatz als Hintergrundbeleuchtung für LCDs



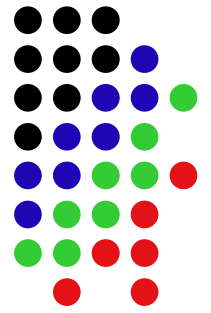
Wechselstrom – Pulver EL



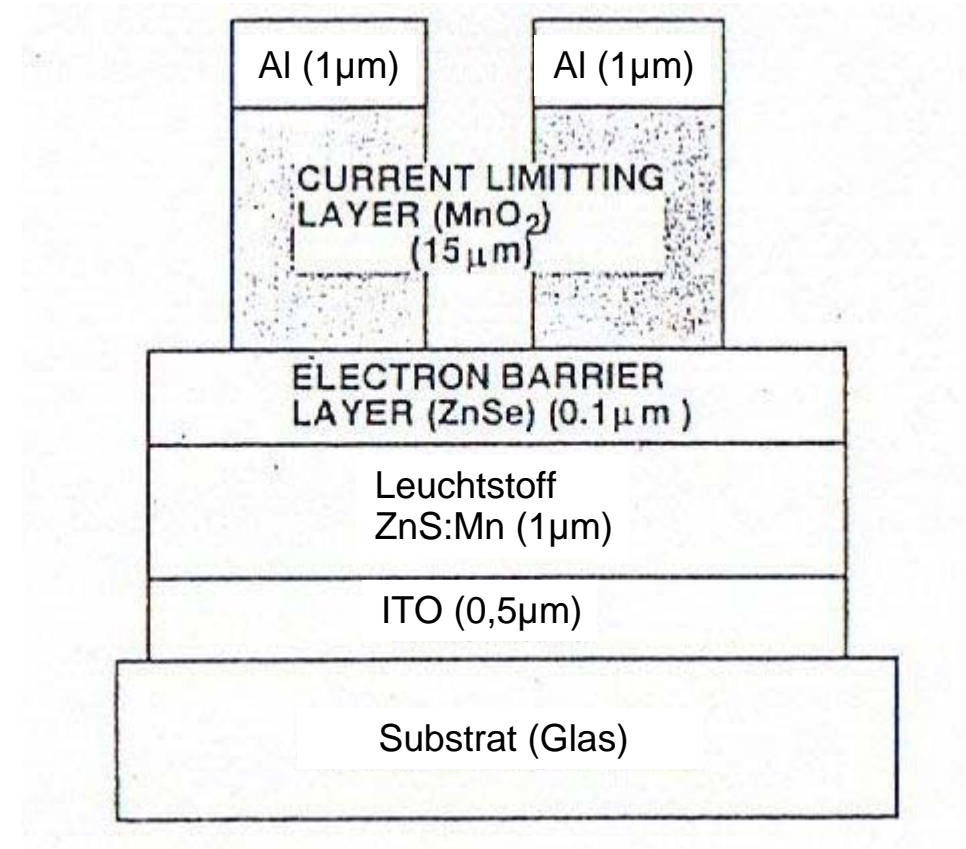
- Rekombination von Donor-Akzeptor Paaren
 - z.B. Cl^- als Donor und Cu^{2+} als Akzeptor
- Phasenänderung führt zum Ausfallen von Cu_xS
 - hetero-junction
 - Konzentration des elektr. Feldes
- tunneln von Elektronen und Löchern
 - Einfang an Cu-Zentren und Rekombination



Gleichstrom – Dünnschicht EL

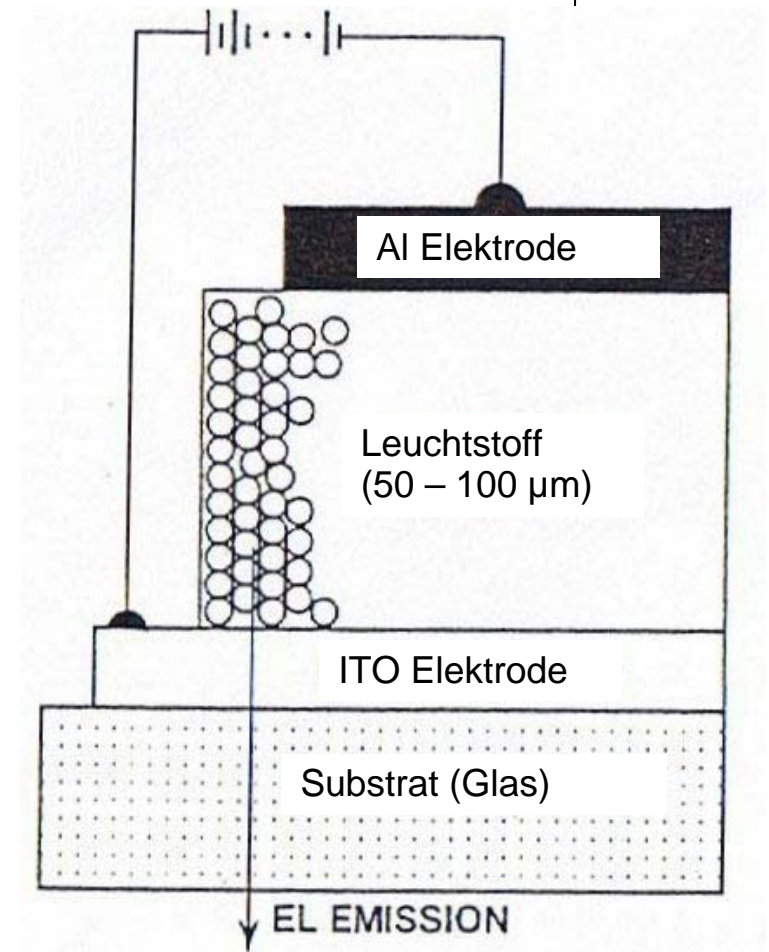
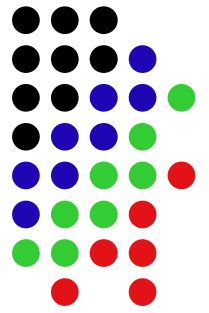


- Enthält Schicht zur Begrenzung der Stromstärke
- Keine kommerzielle Relevanz



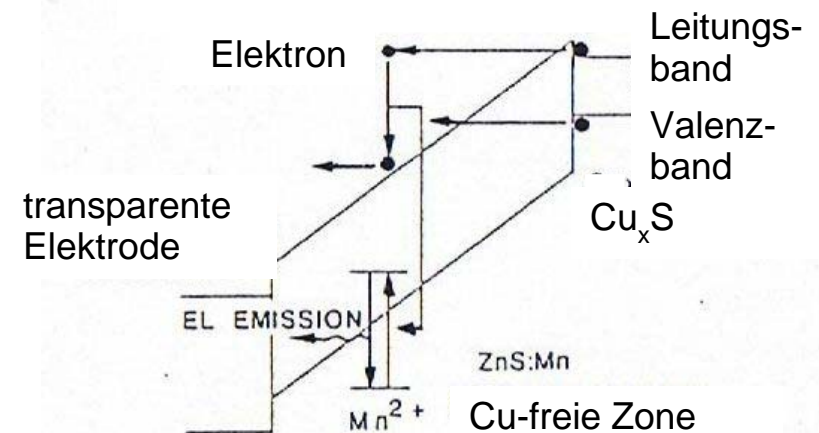
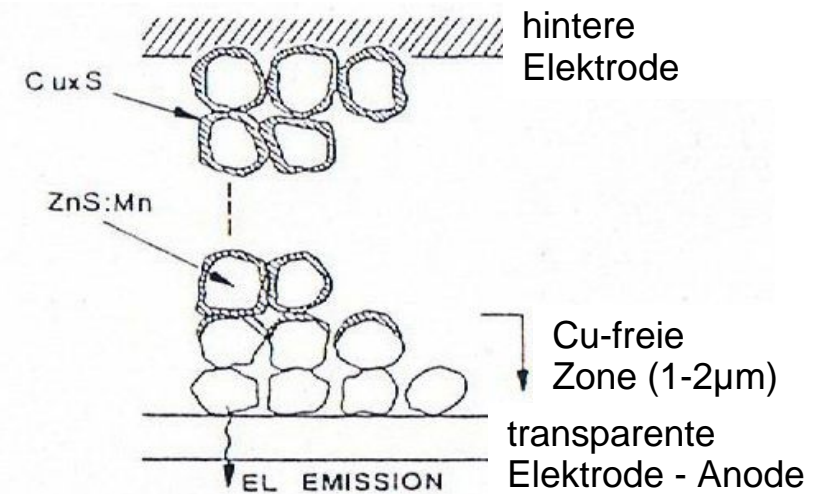
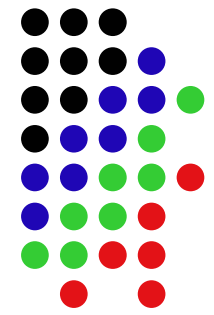
Gleichstrom – Pulver EL

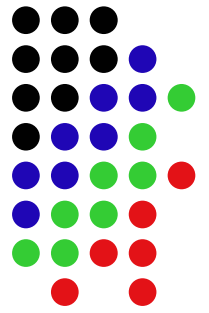
- Keine Isolatorschichten
- Leuchtstoffpartikel in Bindemittel
- Kapseln aus Cu_xS
- Einfache Kontrolle der emittierten Farbe



Gleichstrom – Pulver EL

- Ausbildung einer Kupfer-freien Zone
 - hoher Widerstand
 - 10^8 V/m
- Elektronen tunneln aus Cu_xS Grenzschicht
 - Anregung des Aktivators
 - Lumineszenz

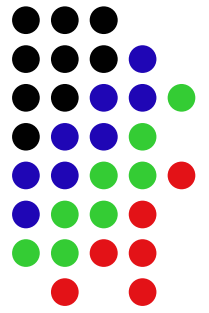




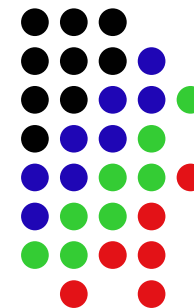
Verfahren zur Herstellung

- Für Pulver-EL → Siebdruck
 - Für Dünnschicht-EL Verfahren in 2 Gruppen unterteilt:
 - Chemical Vapor Deposition CVD
 - Physical Vapor Deposition PVD
- Je nach Verfahren können unterschiedliche Intensitäten des EL-Lichts erreicht werden (Bsp. ZnS:Mn → Praktikum)

Atomare Schicht-Abscheidung

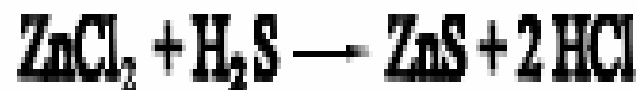
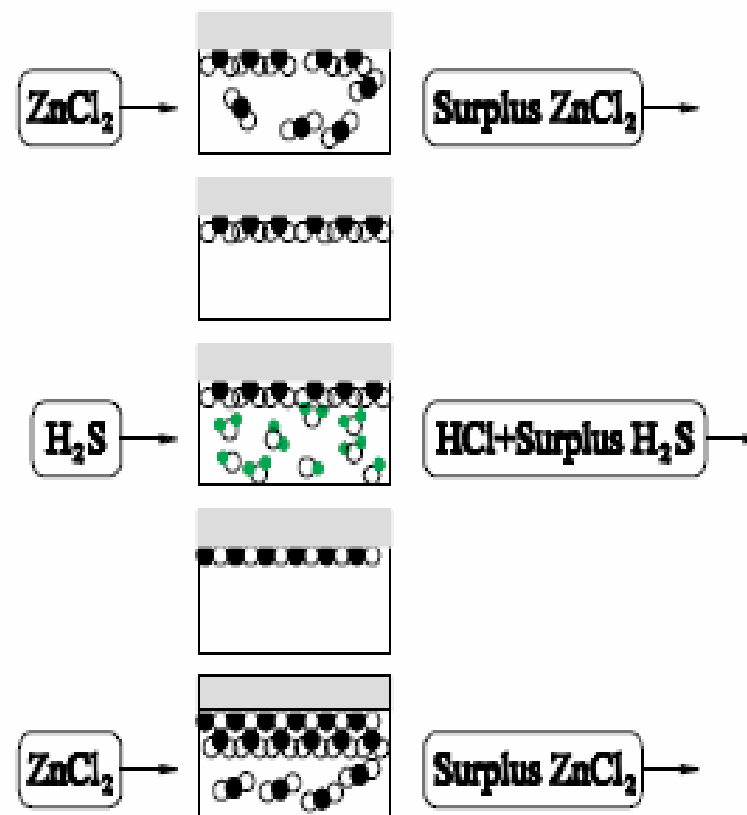


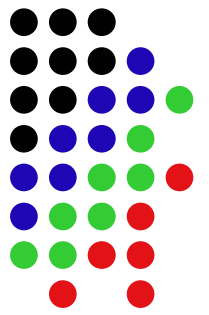
- Früher Atomare Schicht-Epitaxie ALE
- Vorteile: (Anforderungen an Schicht)
 - exakte Stöchiometrie
 - sehr gute Kontrolle über Dicke der Schichten
 - exakte Abgrenzung der Schichten
 - Isolator/Phosphor/Isolatorschicht-Block kann in einem fortlaufenden Prozess hergestellt werden
 - hohe Qualität der Kristalle



Atomare Schicht-Abscheidung

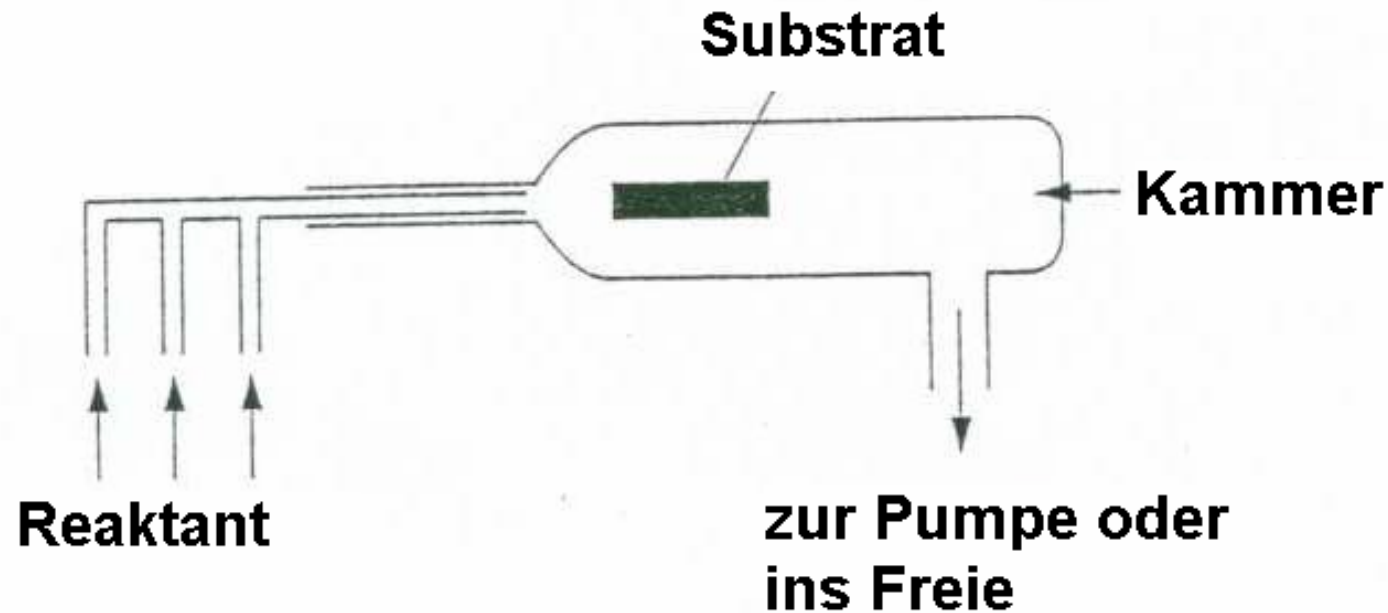
- Reaktanden in eine Vakuumkammer geleitet
- Einwirkung der ersten Vorstufe
- Spülen der Reaktionskammer,
- Einwirkung der zweiten Vorstufe
- Zweites Spülen der Reaktionskammer



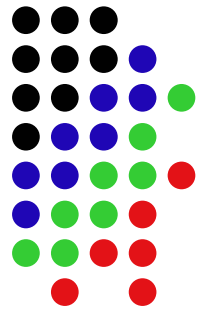


Atomare Schicht-Abscheidung

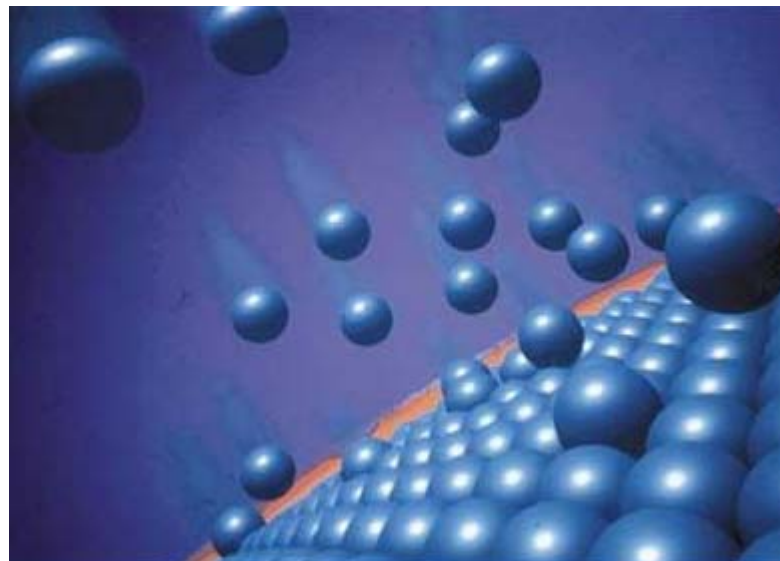
- Reaktionskammer für ALD

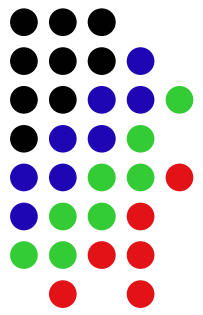


Atomare Schicht-Abscheidung



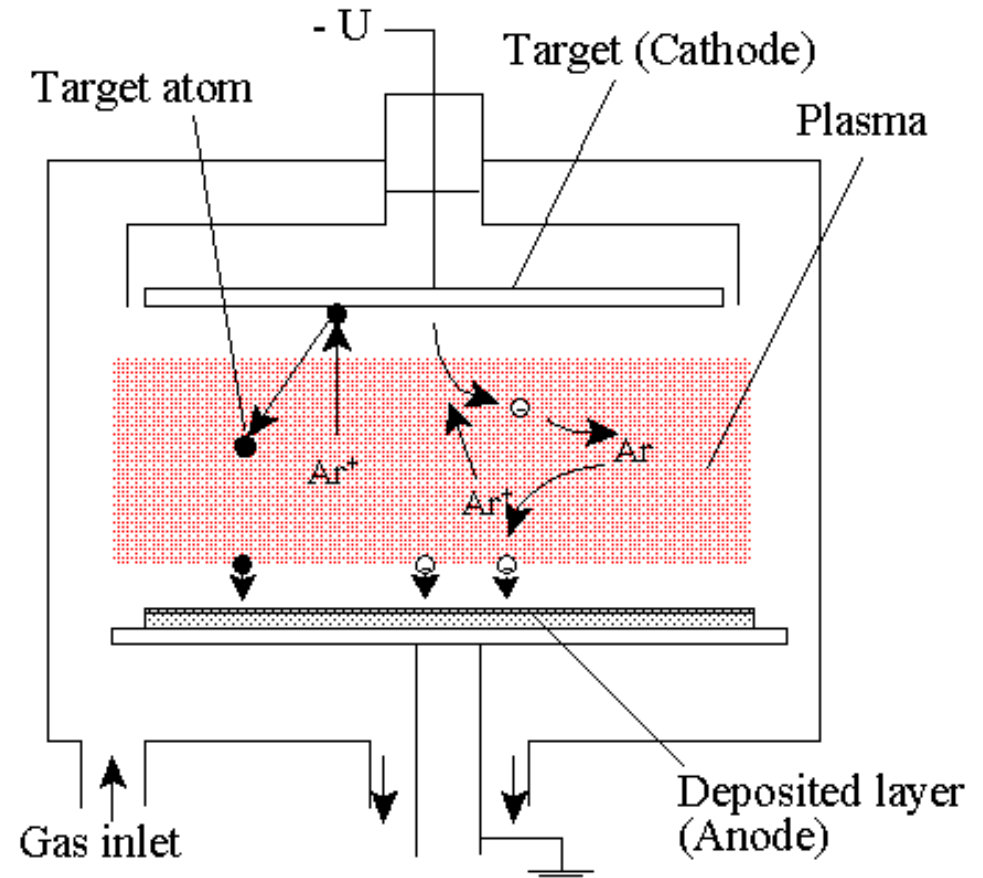
- Temperatur und Dauer des Einwirkens variiert für jedes Element
- ein Zyklus zwischen 0,5 und einigen Sekunden lang
- pro Zyklus werden 0,1–3 Å an Filmmaterial erzeugt (0.1 – 3 nm)



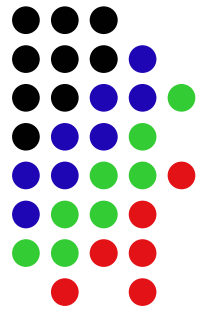


Sputtern

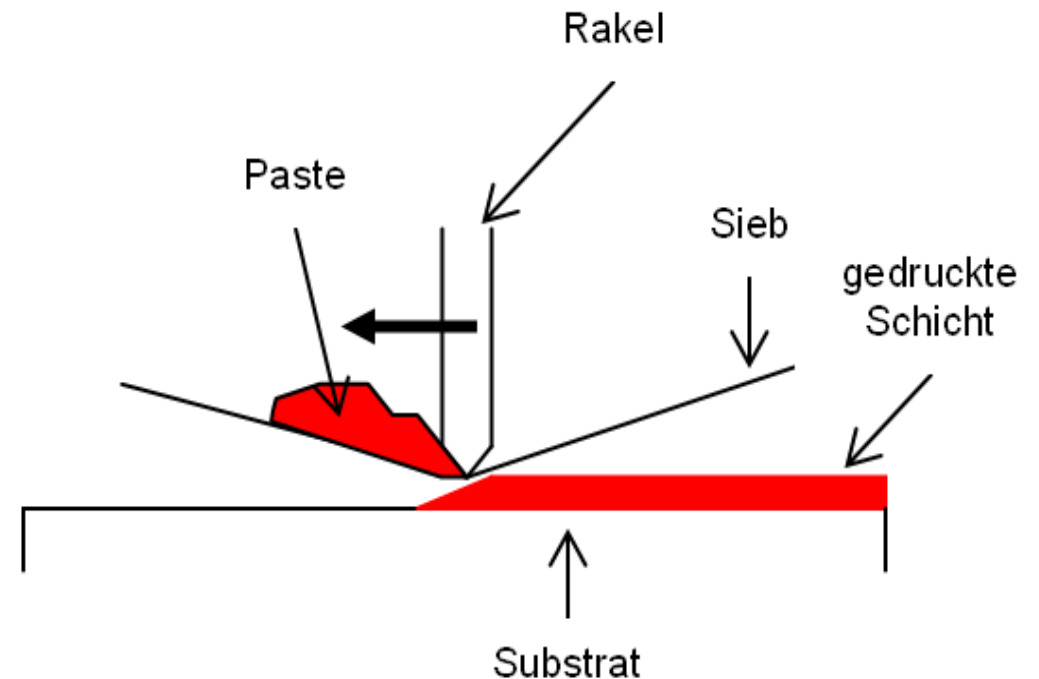
- Atome durch Beschuss mit energiereichen Ionen (meist Ar^+) aus Festkörper (Target) gelöst
- Gehen in Gasphase über
- Anlagern an Substrat

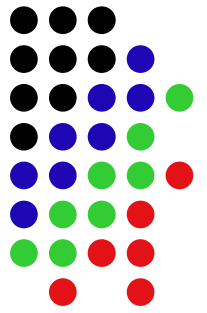


Siebdruckverfahren



- durch ein feinmaschiges Gewebe mit einem Rakel direkt auf ein Substrat
- Maschen des Siebs an dem keine Paste auf Substrat soll verschlossen
- Nach dem Drucken getrocknet und gesintert





Materialien

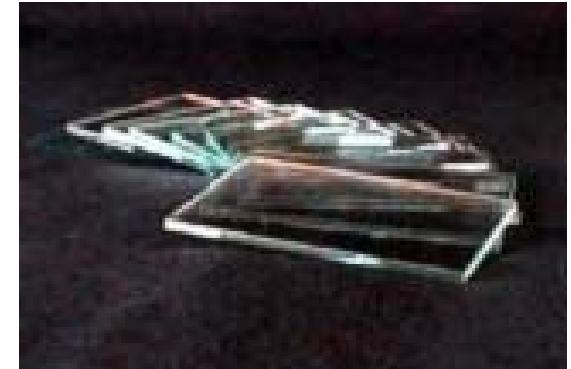
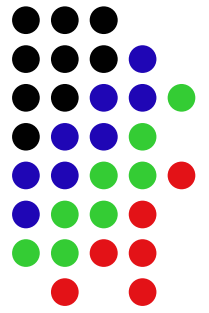
- Isolatorschichten
 - Möglichst Defektfrei
 - Genügend große Bandlücke
 - hohe Dielektrizitätszahl
 - hohe Durchbruchsspannung

Verwendet werden:

1. Oxide und Oxinitride: z.B. Al_2O_3 , AlO_xN_y
2. Ferroelektrika: z.B. BaTiO_3 , SrTiO_3 .

Materialien

- Elektroden
 - Gute Haftung am Isolator
 - Stabil in großen elektrischen Feldern 10^8 V/m
 - Hoher Transmissionskoeffizient (im VIS-Bereich)
 - Passender Ausdehnungskoeffizient
 - Gute elektrische Leitfähigkeit
- Aluminium, ITO und Polymere

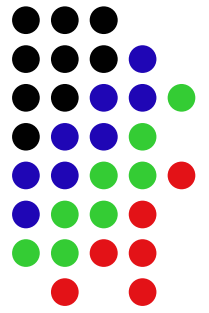


ITO-Schicht

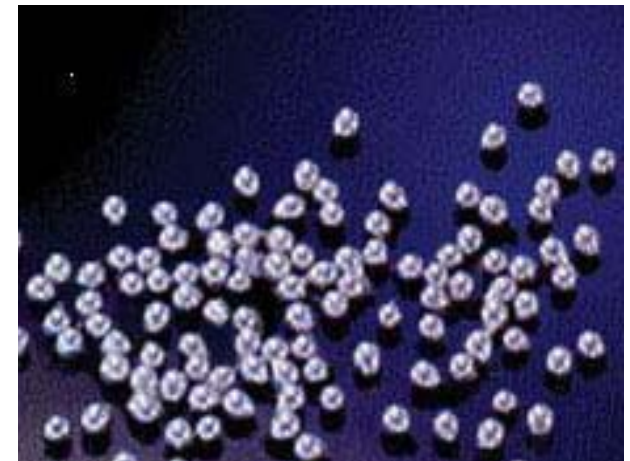


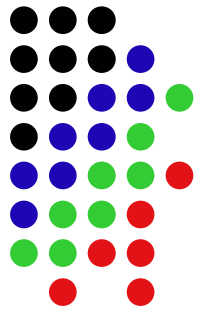
Al-Elektrode

Materialien



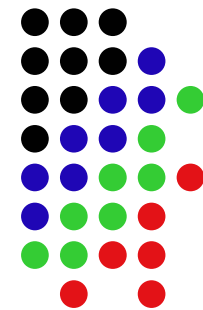
- ITO-Schicht
 - Sehr gute elektrische Leitfähigkeit und transparent
 - Mischoxid aus 90% In_2O_3 und 10% SnO_2
 - SnO_2 ist Dotiermittel - erzeugt Fehlstellen im Kristallgitter des In_2O_3 → gute elektrische Leitfähigkeit





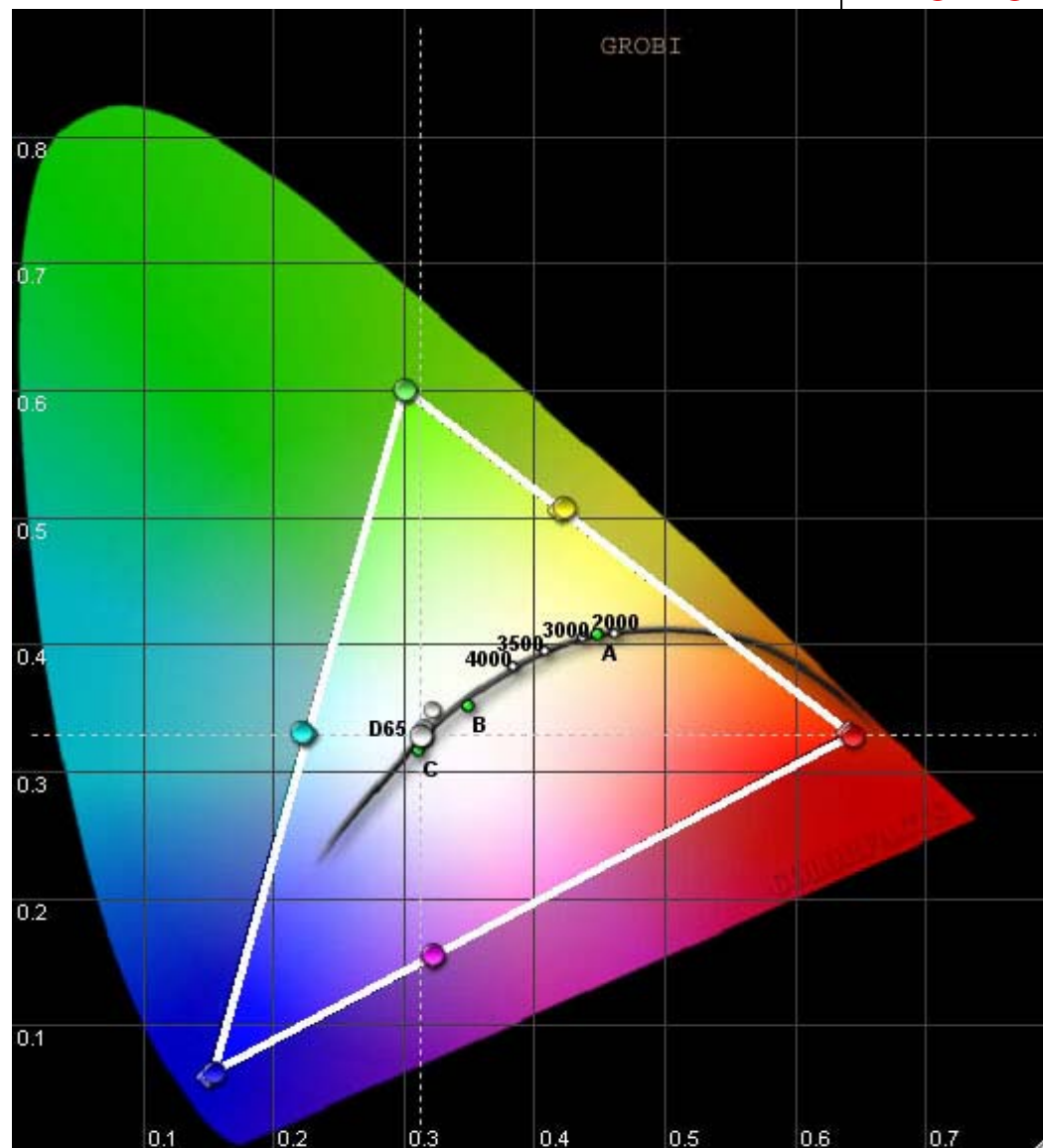
Materialien

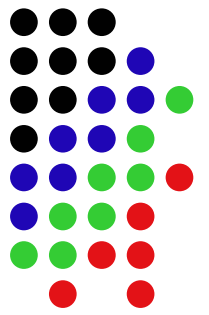
- Substrate
 - hohe Transmission
 - Passender therm. Ausdehnungskoeffizient
 - Hoher elektrischer Widerstand
 - Stabil bei Temperaturen bis 650°C
- Spezielle Phosphor- und Aluminosilikatgläser
- Polymere z.B. PMMA, PC und TPU



Welche Eigenschaften benötigen gute EL-Leuchtstoffe?

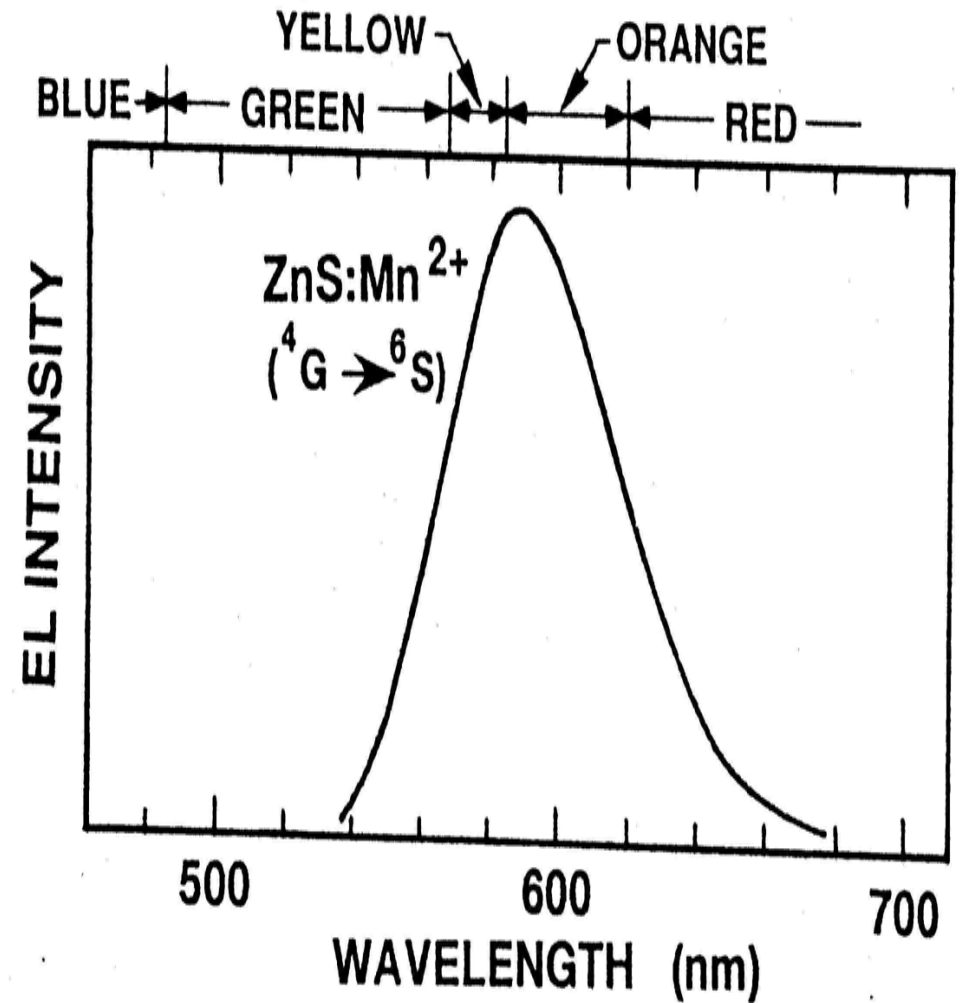
- Hohe Leuchtdichte cd/m^2
- Hohe Lichtausbeute lm/W
- Farbsättigung
- Chemische Stabilität
- Gute Mischkristallbildung (3er-Regel)



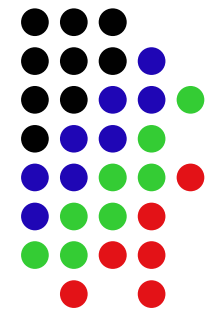


Leuchtstoffe basierend auf ZnS

- ZnS:Mn mit kubischem Kristallgitter
→ gelb-orange (~585 nm)
- ZnS:Mn mit hexagonalem Kristallgitter
→ gelb (~580 nm)
x = 0,50 und y = 0,50

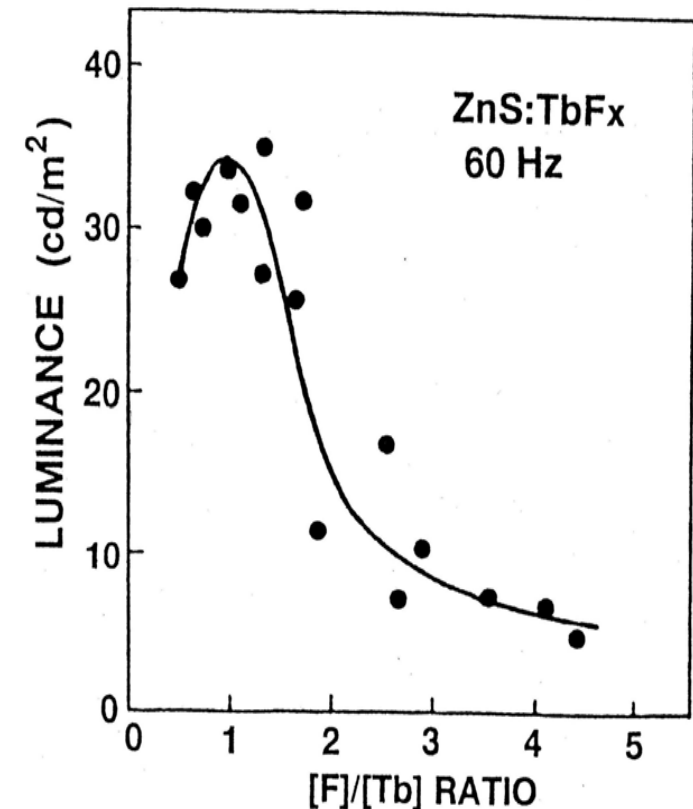


Leuchtstoffe basierend auf ZnS dotiert mit Seltenerden

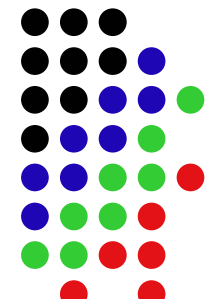


RARE-EARTH ELEMENTS					
Ce ³⁺	<u>Pr</u> ³⁺	<u>Nd</u> ³⁺	Pm ³⁺	<u>Sm</u> ³⁺	
Eu ³⁺	Eu ²⁺	Gd ³⁺	<u>Tb</u> ³⁺	<u>Dy</u> ³⁺	
<u>Ho</u> ³⁺	<u>Er</u> ³⁺	<u>Tm</u> ³⁺	Yb ³⁺	Lu ³⁺	

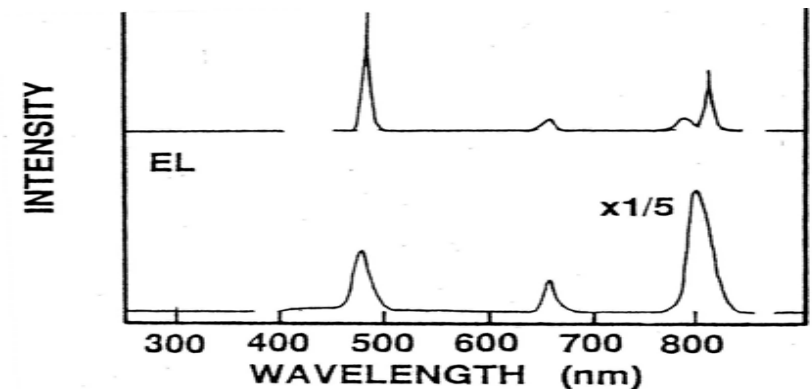
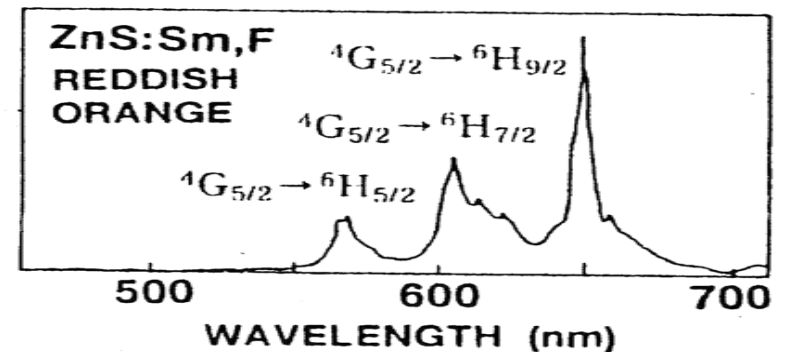
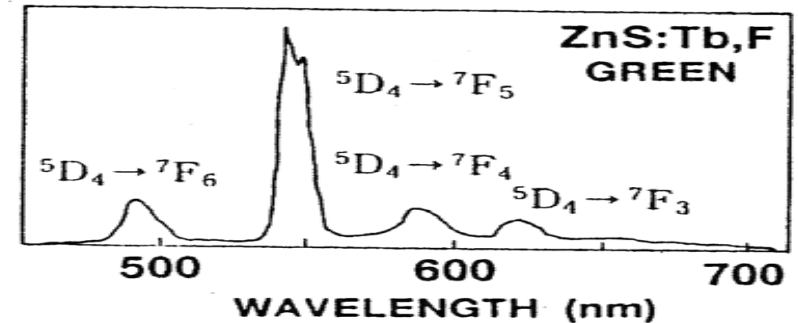
- Ladungskompensation durch Halogenide
- Höhere Leuchtdichte
- Beispiel $Zn_{1-x}Tb_xSF_x$



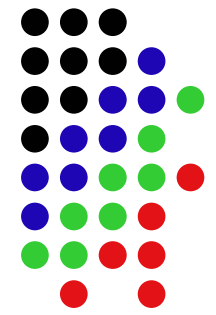
Leuchtstoffe basierend auf ZnS dotiert mit Seltenerden



- ZnS:Tb,F → grün
x = 0,32 und y = 0,60
- ZnS:Sm,F → rot-orange
x = 0,60 und y = 0,38
- ZnS:Tm,F → blau-grün
x = 0,11 und y = 0,09

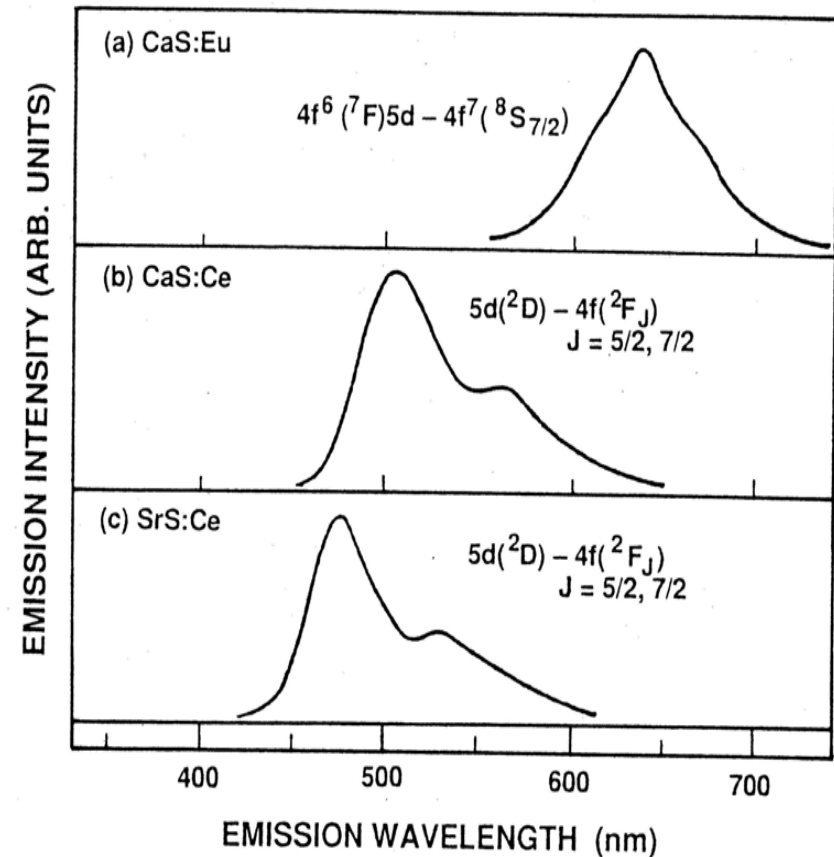


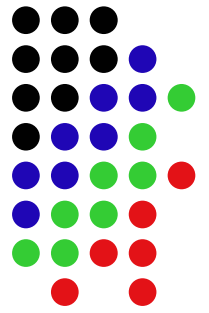
Leuchtstoffe auf Basis von CaS und SrS



Color Thin-Film EL Devices Based on CaS and SrS Phosphors

- **CaS:Eu** → rot
 $x = 0,68$ und $y = 0,31$
- **CaS:Ce** → grün
 $x = 0,27$ und $y = 0,52$
- **SrS:Ce** → blau
 $x = 0,19$ und $y = 0,38$

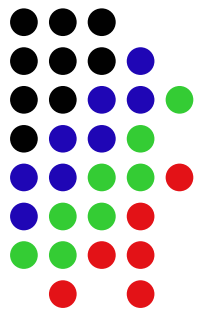




Leuchtstoffe auf Basis von CaS und SrS

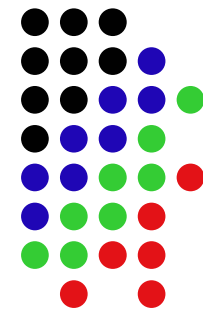
Nachteile dieser Leuchtstoffe:

- stark hygroskopisch
 - $\text{CaS} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{S}$
- Anfällig für Sauerstoff aus Elektrolyse von Wasser
 - $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
 - $\text{CaS} + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$
- Lichtausbeute
- zum Teil Filterung notwendig



Leuchtstoffe basierend auf Erdalkalithiogallaten

- Allgemeine Formel MGa_2S_4 (mit $\text{M} = \text{Ca}, \text{Sr}$ oder Ba)
- $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$, $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$ und $\text{BaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$
→ tiefblau
 $x = 0,15$ $y = 0,19$
 $x = 0,15$ $y = 0,10$
 $x = 0,15$ $y = 0,15$
- $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$
→ tiefgrün
 $x = 0,26$ $y = 0,69$



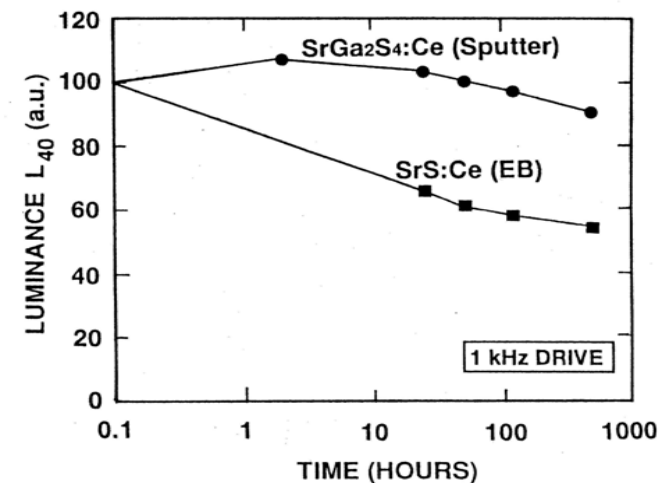
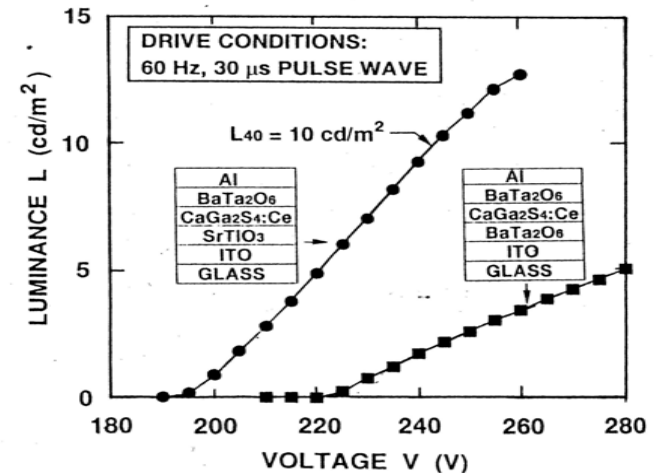
Leuchtstoffe basierend auf Erdalkalithiogallaten

Nachteile der Thiogallate

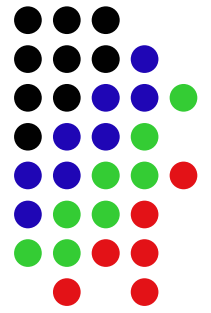
- Es werden Isolatoren mit hohen Dielektrizitätskonstanten benötigt

Vorteile der Thiogallate

- Gute Alterungscharakteristik



Leuchtstoffmischungen, die weißes Licht emittieren

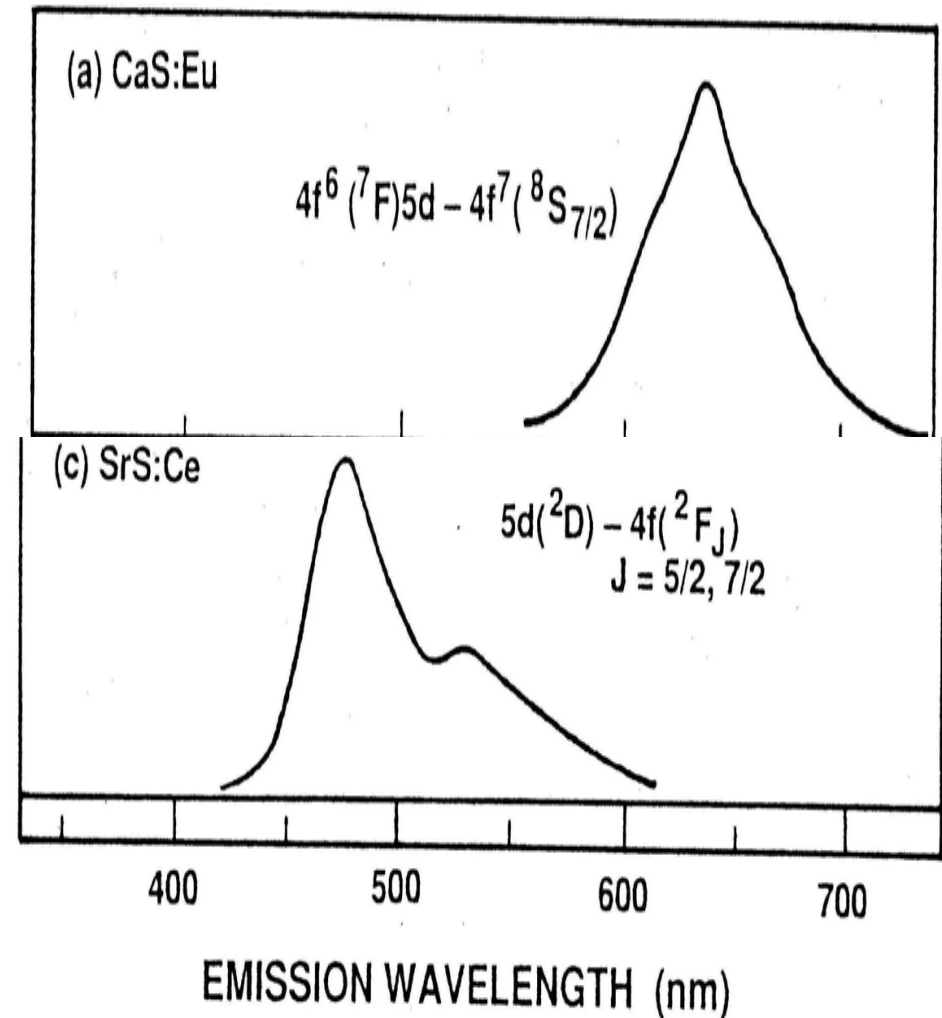


Voraussetzung

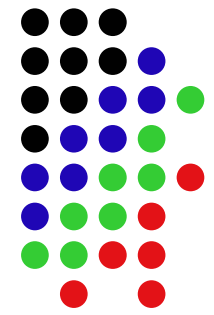
Die Emissionsbande sollte über den gesamten optischen Bereich verlaufen

Beispiel

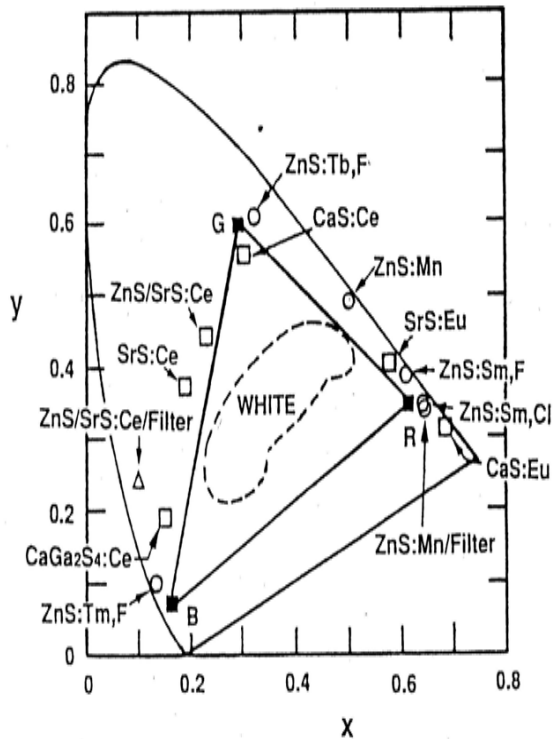
SrS:Ce/CaS:Eu



Zusammenfassung der verwendeten Leuchtstoffe in EL-Anwendungen



Wenige Leuchtstoffe eignen sich für EL-Anwendungen

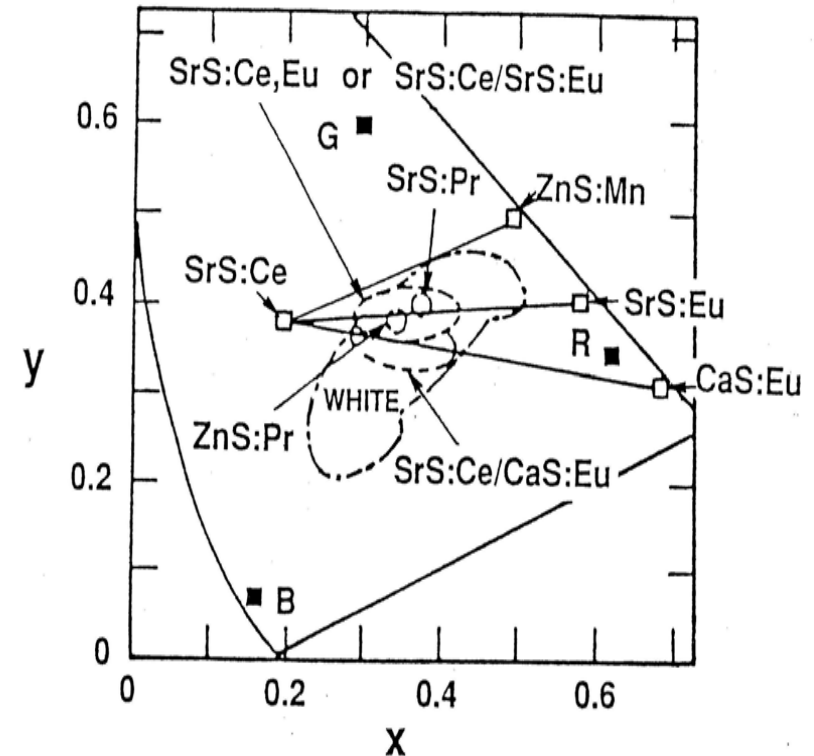


Suitable Thin-Film EL Phosphors

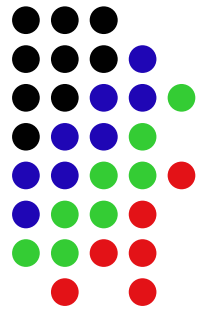
Color	Phosphor	CIE Color Coordinates	
		x	y
Red	ZnS:Mn/Filter	0.65	0.35
	ZnS:Sm,Cl	0.64	0.35
	CaS:Eu	0.68	0.31
Green	ZnS:Tb,F	0.32	0.60
Blue	CaGa ₂ S ₄ :Ce	0.15	0.19
	ZnS/SrS:Ce/Filter	0.10	0.26

Color CRT Phosphors

Color	Phosphor	CIE Color Coordinates	
		x	y
Red	Y ₂ O ₂ S:Eu	0.624	0.337
Green	ZnS:Cu,Al	0.312	0.597
Blue	ZnS:Ag	0.157	0.069



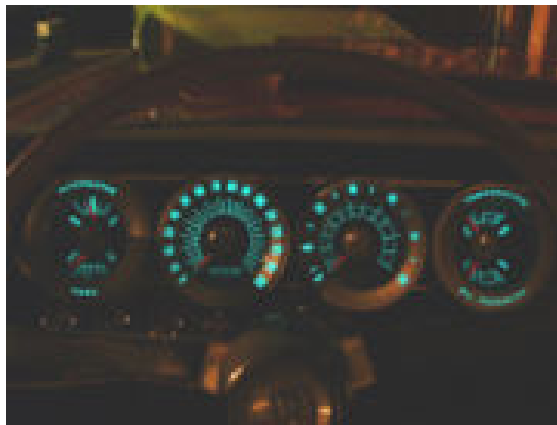
Anwendungen



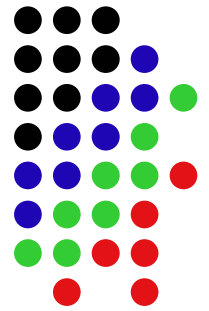
- Hintergrundbeleuchtung für Werbetafeln



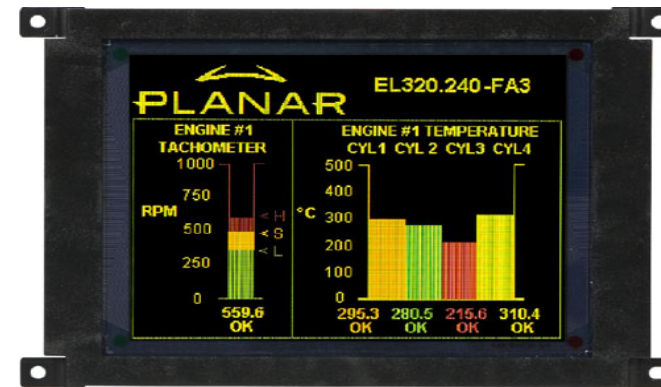
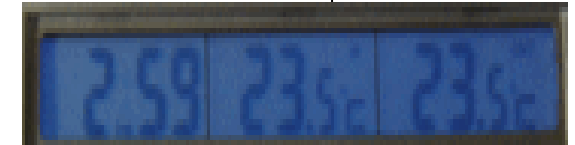
- Hintergrundbeleuchtung von Instrumententafeln



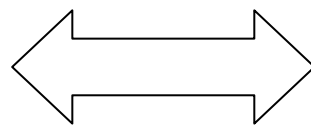
Anwendungen



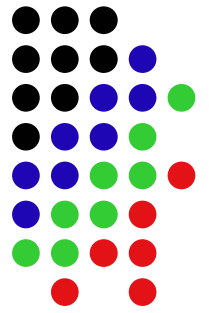
- Hintergrundbeleuchtung für LCDs
- Displays auf EL Basis



- Selbstleuchtende Nummernschilder oder Schulranzen

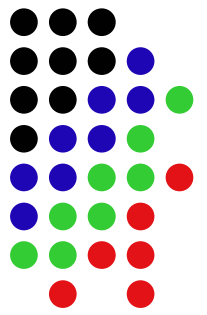


Anwendungen



- Viele Designanwendungen denkbar
 - Automobilhimmel
 - Lichtquellen
 - dekorative Elemente



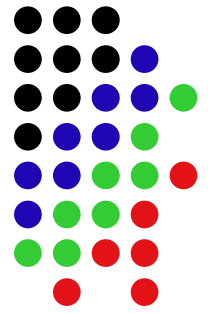


Vorteile EL-Licht

- Dünne Folien (0,5 – 1 mm)
- Geringes Gewicht
- Blend- und flimmerfreies, weitsichtbares Licht
- Geringer Energieverbrauch
- Weitgehende Wartungsfreiheit
- kaum Wärmeentwicklung
- Stoßunempfindlich, trittfest und unzerbrechlich
- Lebensdauer 10000 – 15000 h (20000 – 30000 h)



LYTTRON



- Neue Möglichkeiten durch Smart Film
Technologie der Firma LYTTRON

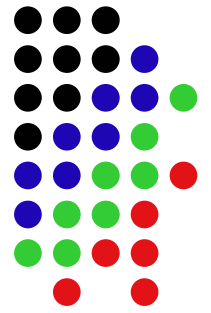
Herkömmliche Technologie: **2D**



LYTTRON Smart Film: **3D**

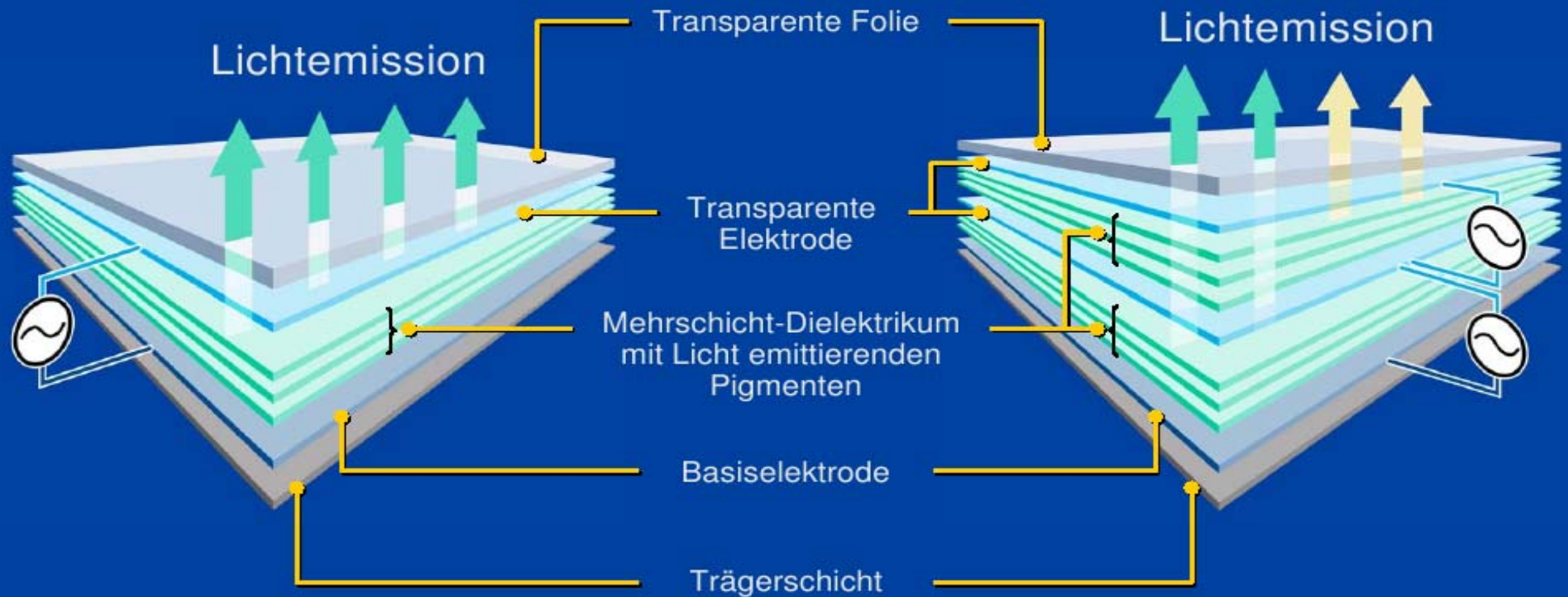


LYTTRON

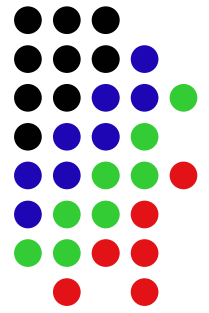


Einfarbige Emission

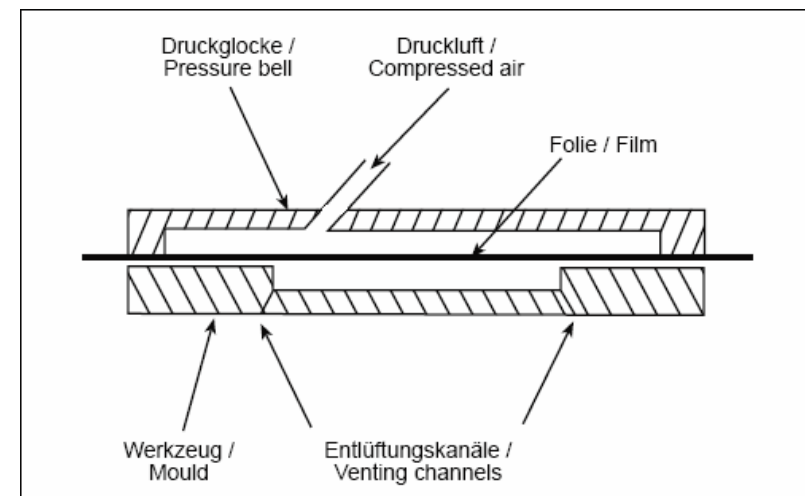
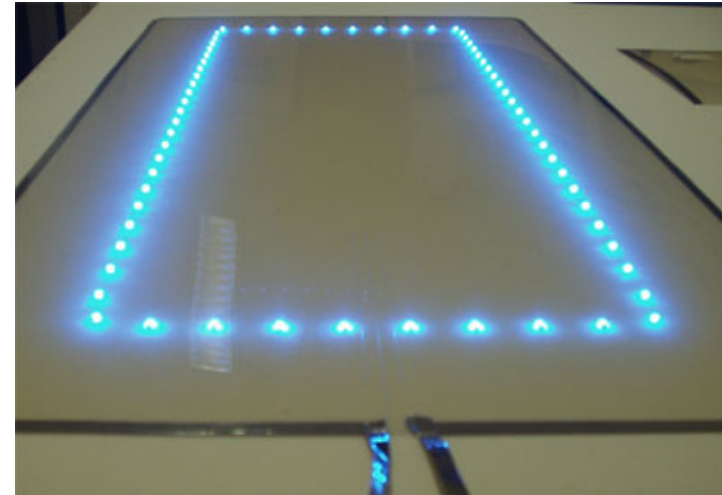
Zweifarbige Emission

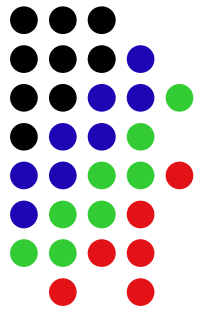


LYTTRON



- Transparente Elektroden
 - Polymere wie Baytron®
 - gute Leitfähigkeit
 - sind flexibel
 - leicht verarbeitbar
- High Pressure Forming
 - Statt Tiefziehen
 - Vorher erwärmt
 - Unter Hochdruck verformt

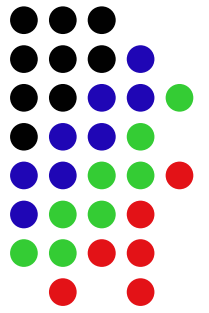




LYTTRON

- Leuchtstoffe sind verwandt, mit denen aus Leuchtstoffröhren
 - Rot: $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$
 - Grün: $\text{LaPO}_4:\text{Ce},\text{Tb}$
 - Blau: $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$
- Verkapselung der Pigmente zum Schutz
 - Ähnlicher Brechungsindex von PUR ($n \sim 1.56$) und Al_2O_3 ($n \sim 1.76$)
 - Konflikt von Leuchtdichte und Lebensdauer

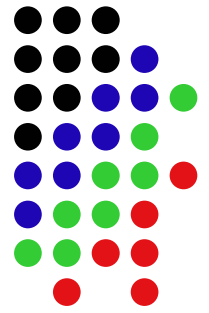




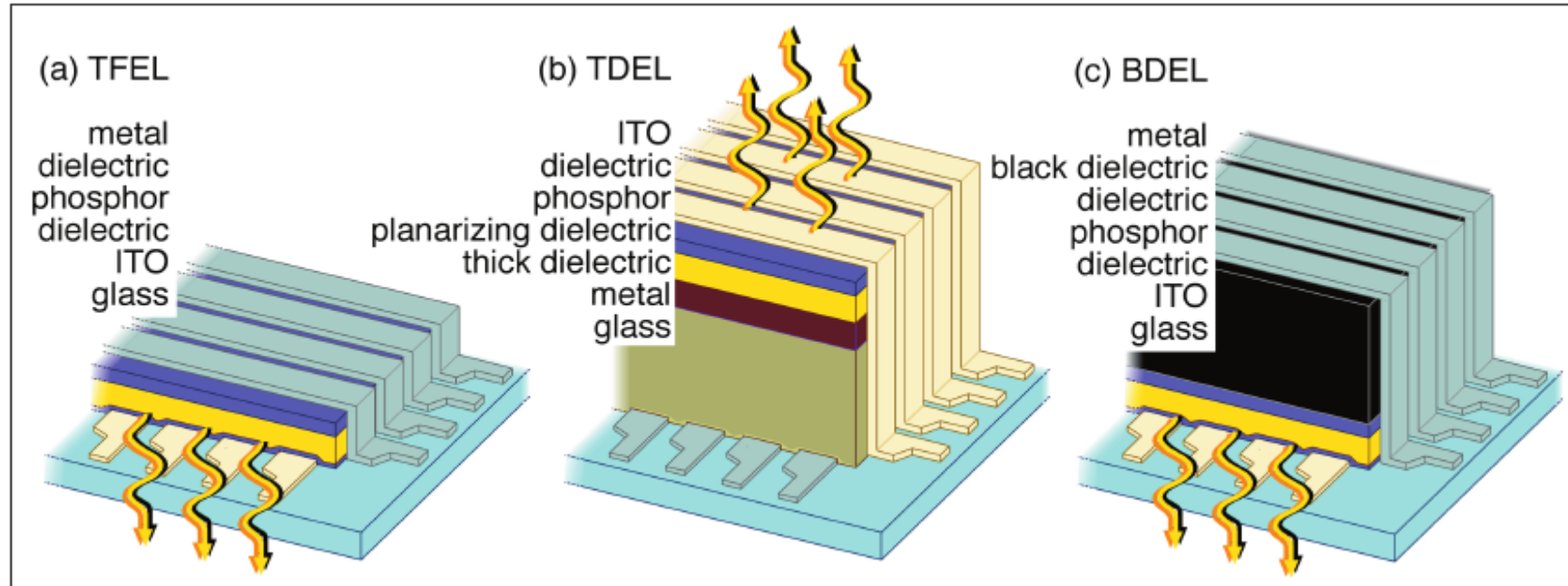
LYTTRON

- Ziele der Forschung
 - Leitschichten verbessern
 - Polymere mit besserer Leitfähigkeit und Transparenz
 - Einheitliche Pigmentgröße
 - Zur Zeit Verteilung von 5 μm bis zu 80 μm
 - Besserer Schutz vor Wasser durch Substrate
 - Verformbarkeit
 - Lebensdauer
 - Leuchtdichte

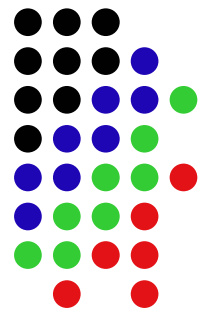
Zukunft der EL – Displays



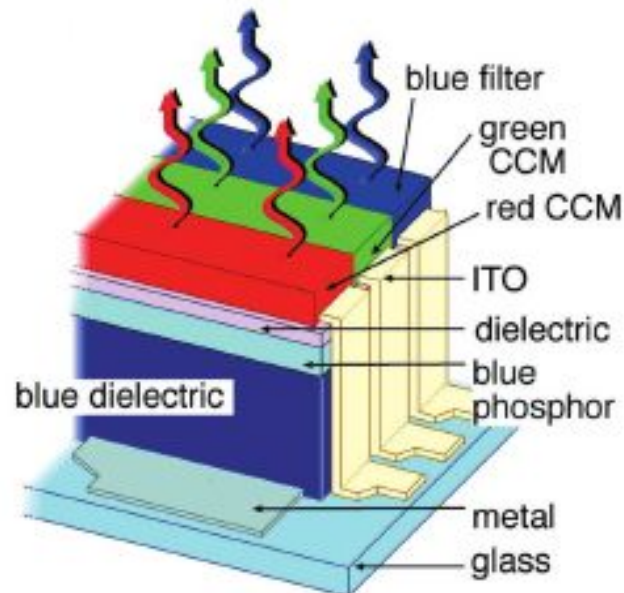
- Abkehr von der Dünnschichtvariante
 - Dicke Isolatorschicht – EL Struktur TDEL oder
 - Schwarze Isolatorschicht – EL Struktur BDEL

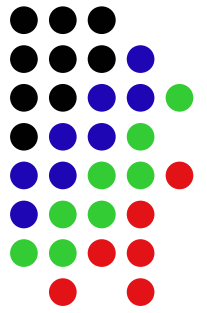


Zukunft der EL – Displays



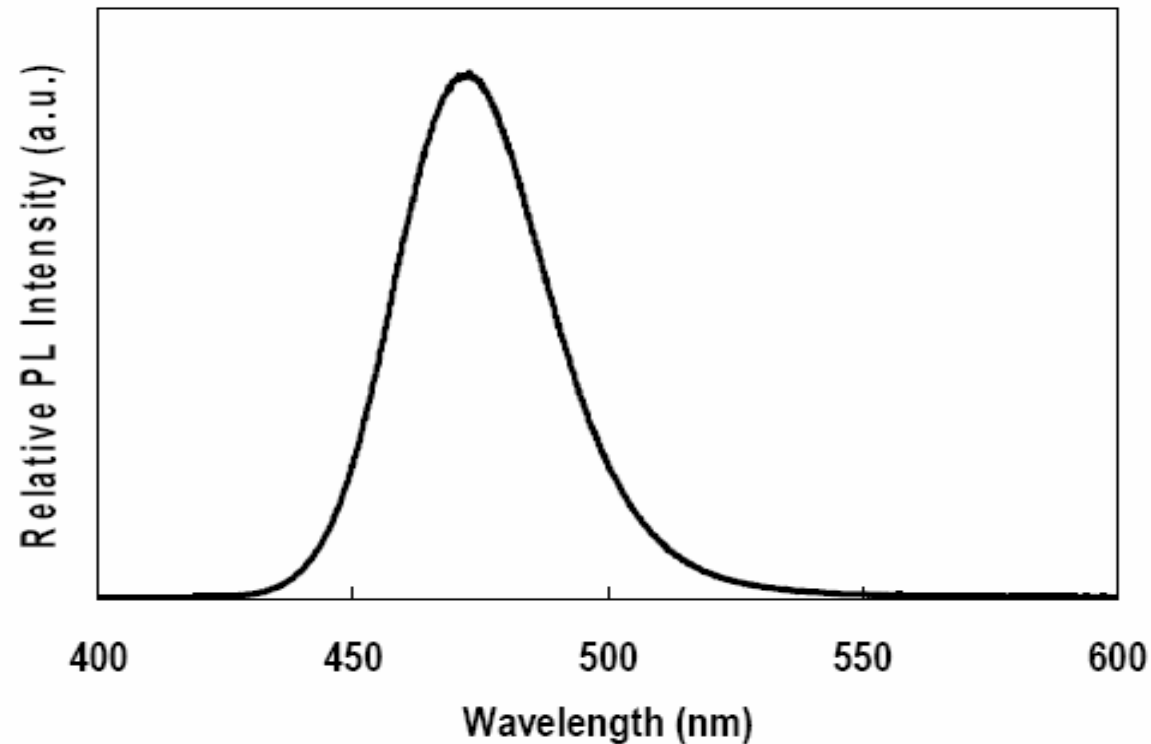
- Neue Methode entwickelt bei iFire: CBB
 - Colour by blue via CCM
 - Hocheffizienter blau emittierender Leuchtstoff
 - Konvertierung des blauen Lichts in RGB Displayfarben



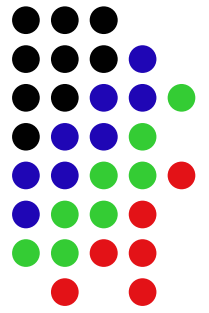


Zukunft der EL – Displays

- iFire entwickelt neuen blauen Leuchtstoff
→ $\text{BaAl}_2\text{S}_4:\text{Eu}$ $x = 0,12$ $y = 0,10$



Danksagung



Ein herzliches Dankeschön möchten wir aufgrund der freundlichen Unterstützung an folgende Firmen richten:

