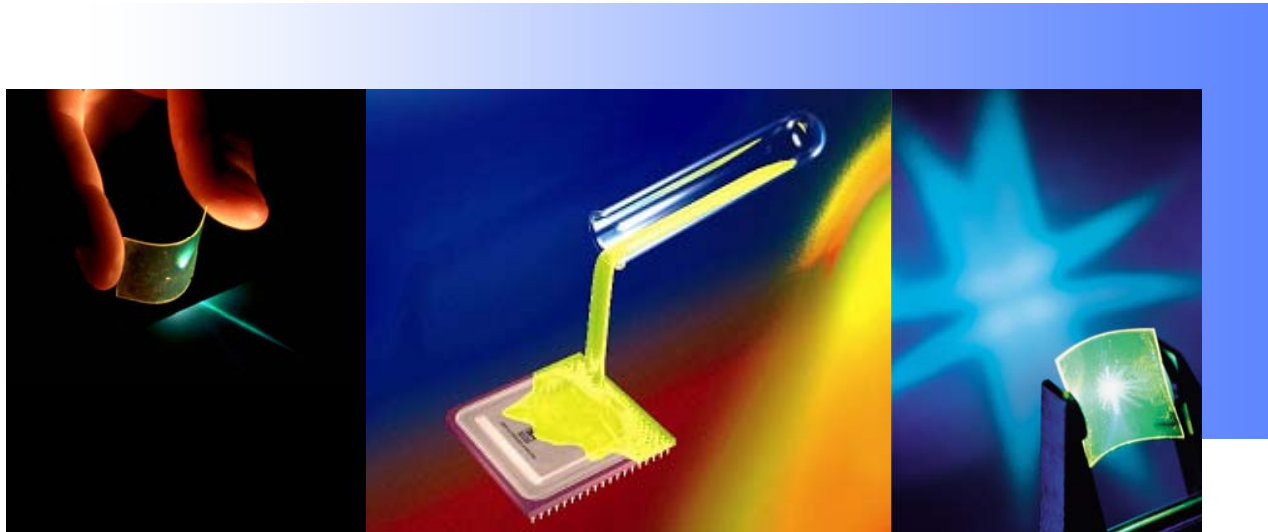
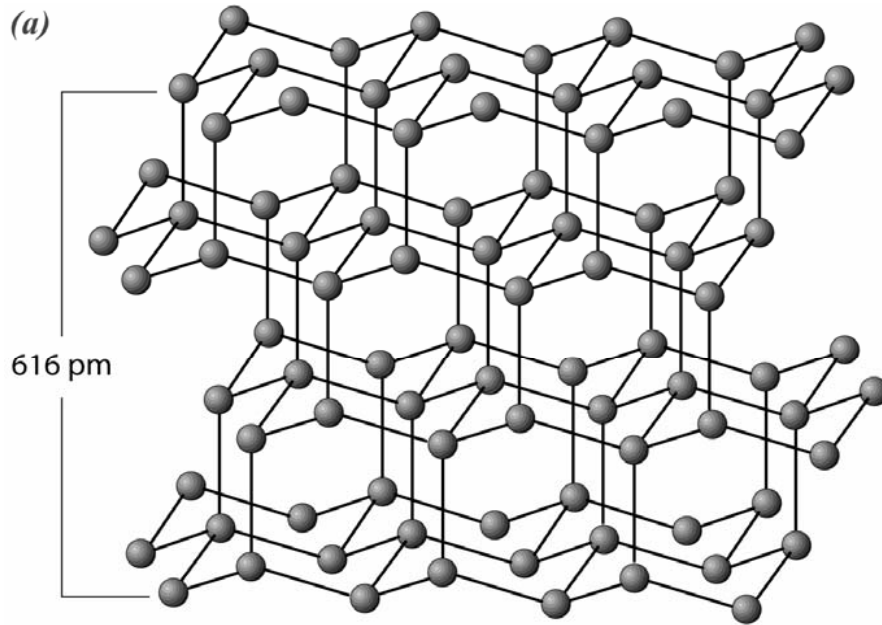


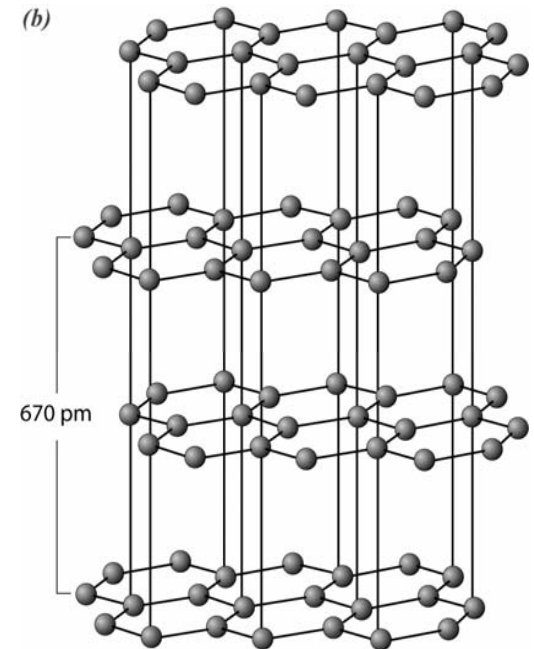
Halbleitende Polymere und deren Anwendung in elektronischen Bauteilen



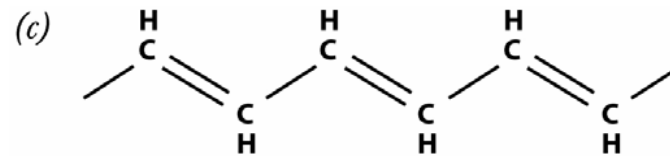
Was macht ein Material leitfähig?



Diamond lattice

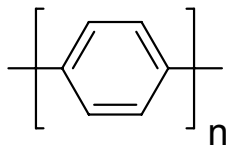


Graphite lattice

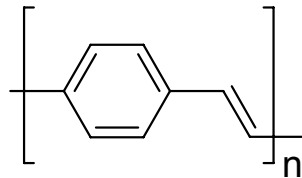


Polyacetylene

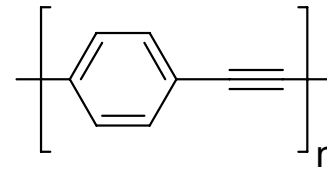
Halbleitende Polymere



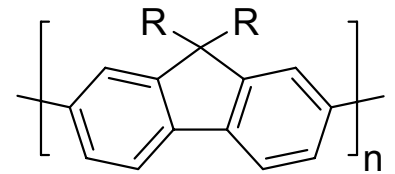
poly-p-phenylene
(PPP)



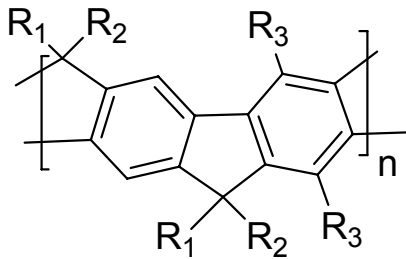
poly(p-phenylvinylene)
(PPV)



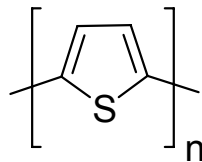
poly(p-phenyl-ethynyle)
(PPE)



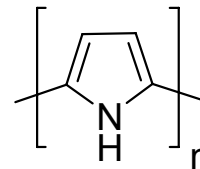
poly(fluorene)
(PF)



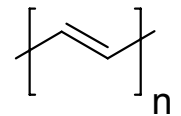
ladder-poly(p-phenylene)
(LPPP)



polythiophene
(PT)



polypyrrole
(PPy)



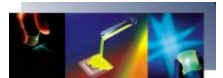
polyacetylene
(PA)

Historische Entwicklung

- 1976 Entdeckung von leitfähigen Polymeren durch MacDiarmid, Shirakawa und Heeger (Nobelpreis 2000)
- 1986 demonstrieren Tsumura und Ando OFETs aus Polythiophen
- 1987 Tang und Van Slyke (KODAK) stellen erste OLEDs vor
- 1990 Burroughes und Friend (Cambridge) beschreiben erstmals polymere OLEDs (pLEDs)



Anwendungen von OLEDs



Anwendungen von OLEDs



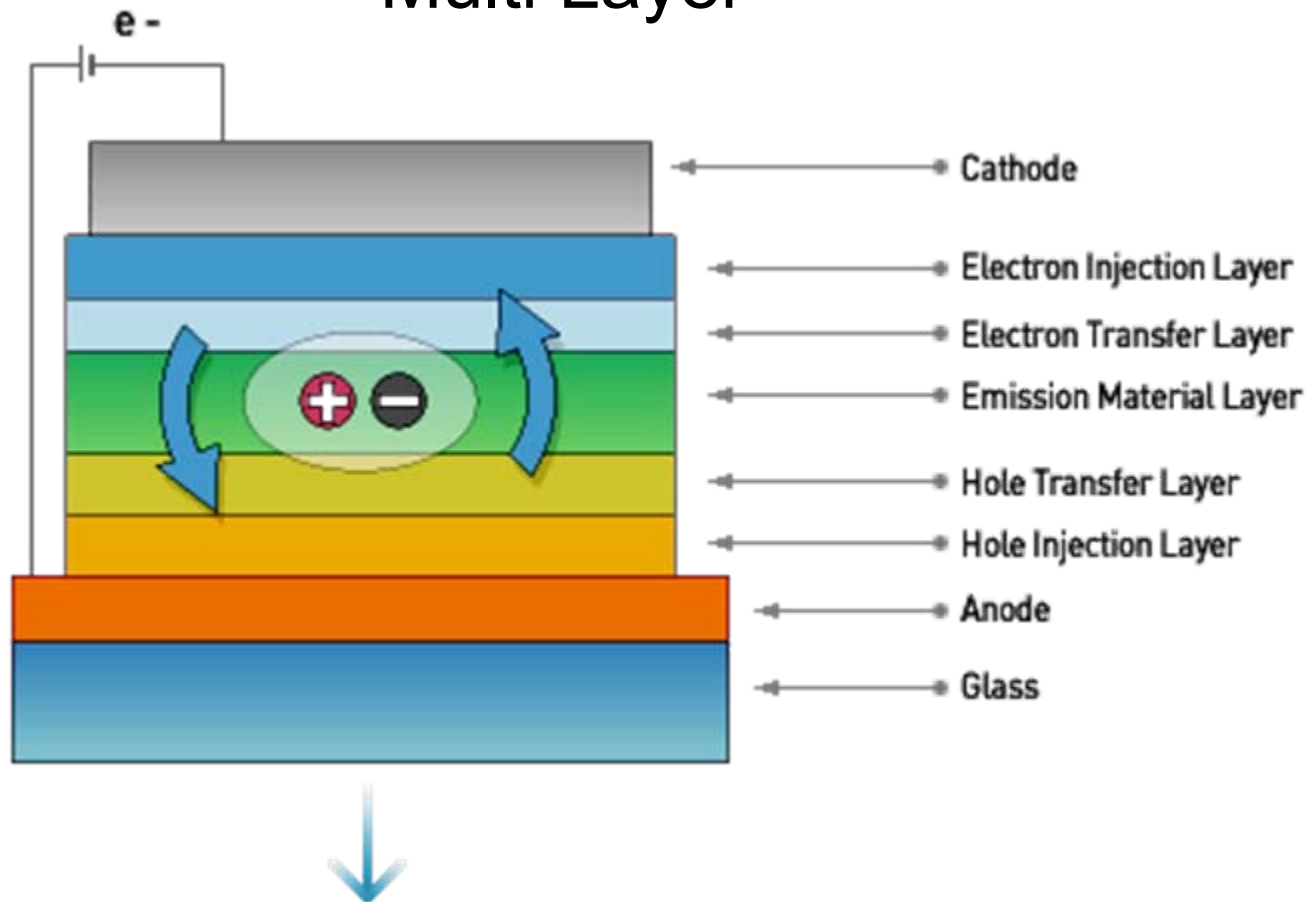
Warum OLEDs ?

- Leuchtdichte - 100,000 cd/m²
- Lichtausbeute - >30 lm/W
- skalierbare Leuchtfläche – von wenigen μm zu mehreren cm
- Farben - Fluoreszenz R,G,B und Phosphoreszenz R,G
- niedrige Betriebsspannung - 3 bis 10 V
- niedrige Materialkosten
- Betrachtungswinkel - >160°



OLED - Design

Multi Layer



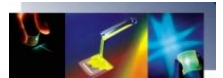
Kleine Moleküle vs Polymere

Polymere

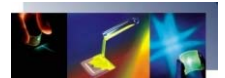
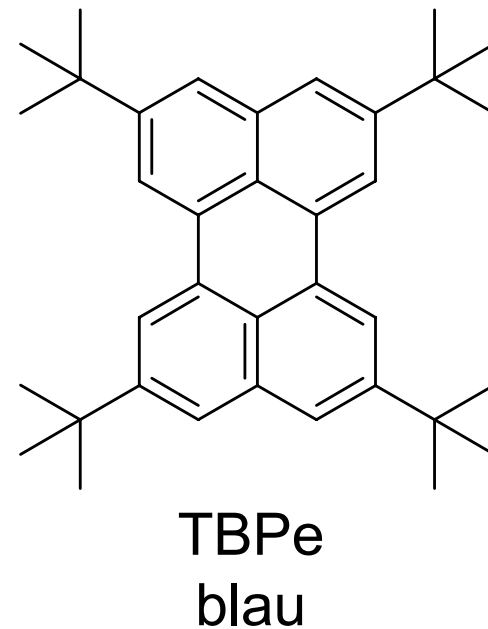
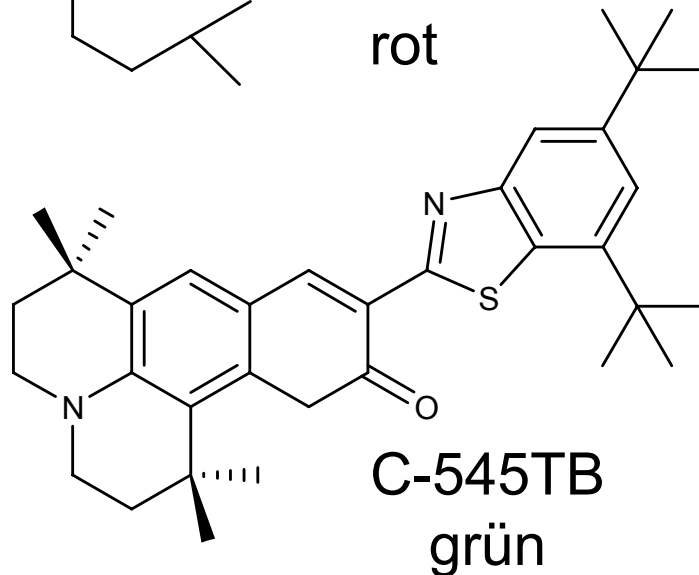
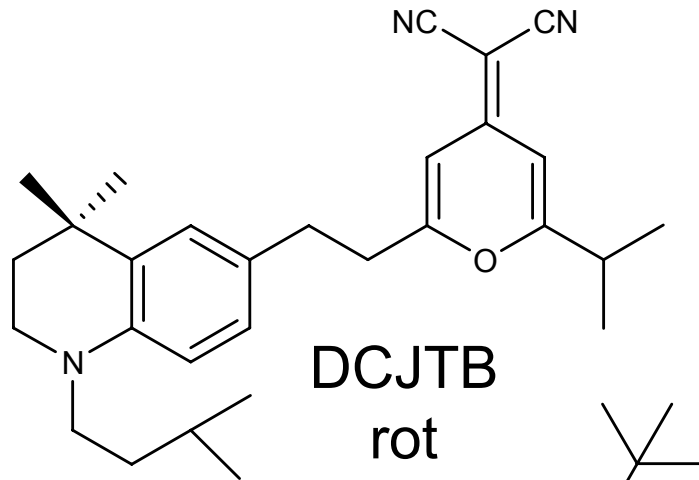
- Abscheidung aus Lösung
- niedrige Betriebsspannung:
3-5V
- große Displays

Kleine Moleküle

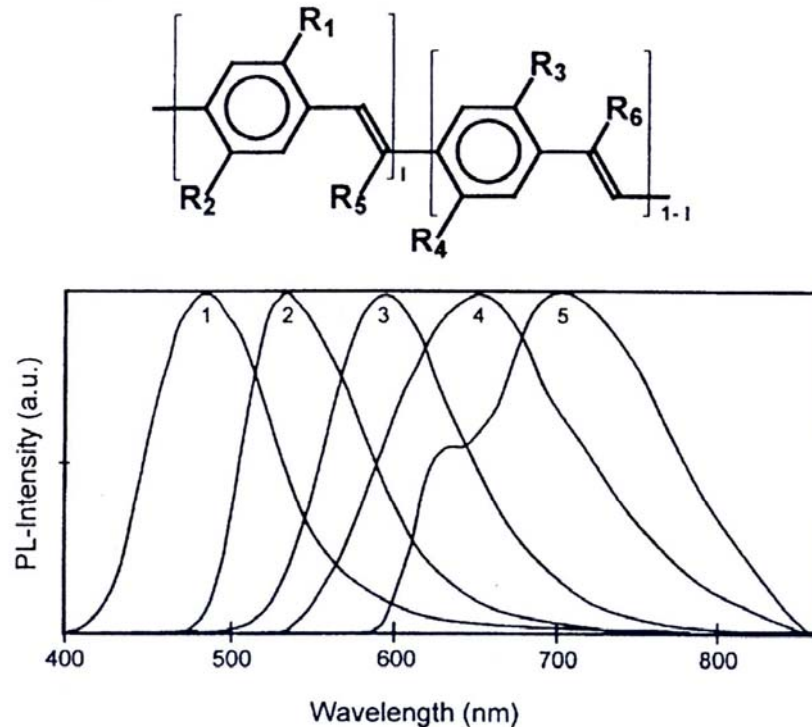
- Sublimation im Hochvakuum
- RGB
- Kleine und mittelgroße Displays



Kleine Moleküle als Emitter



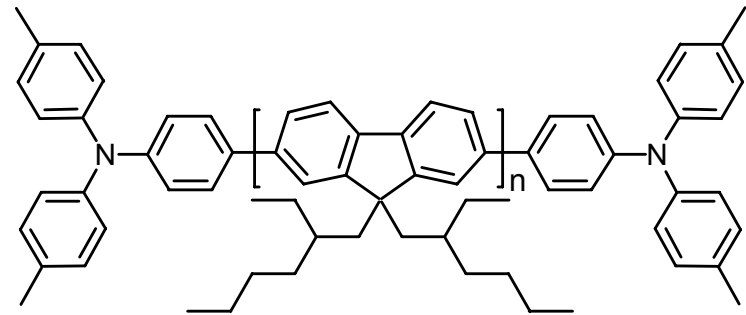
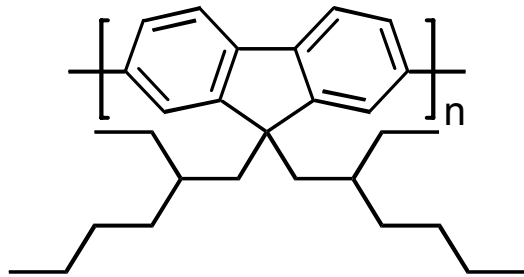
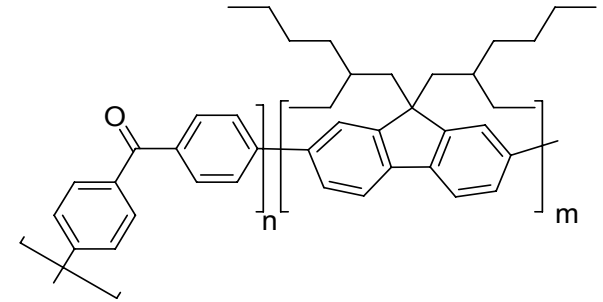
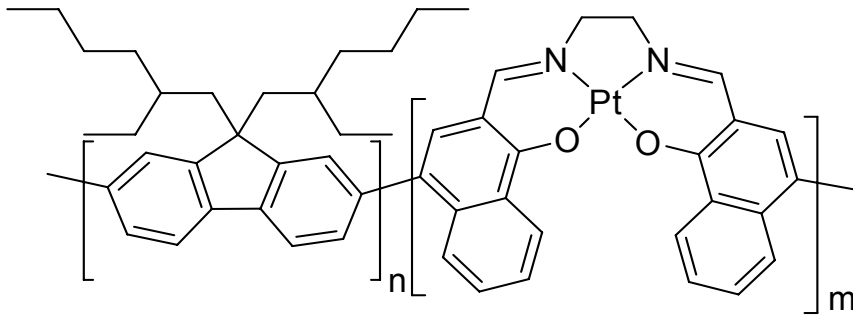
Polymer als Emitter



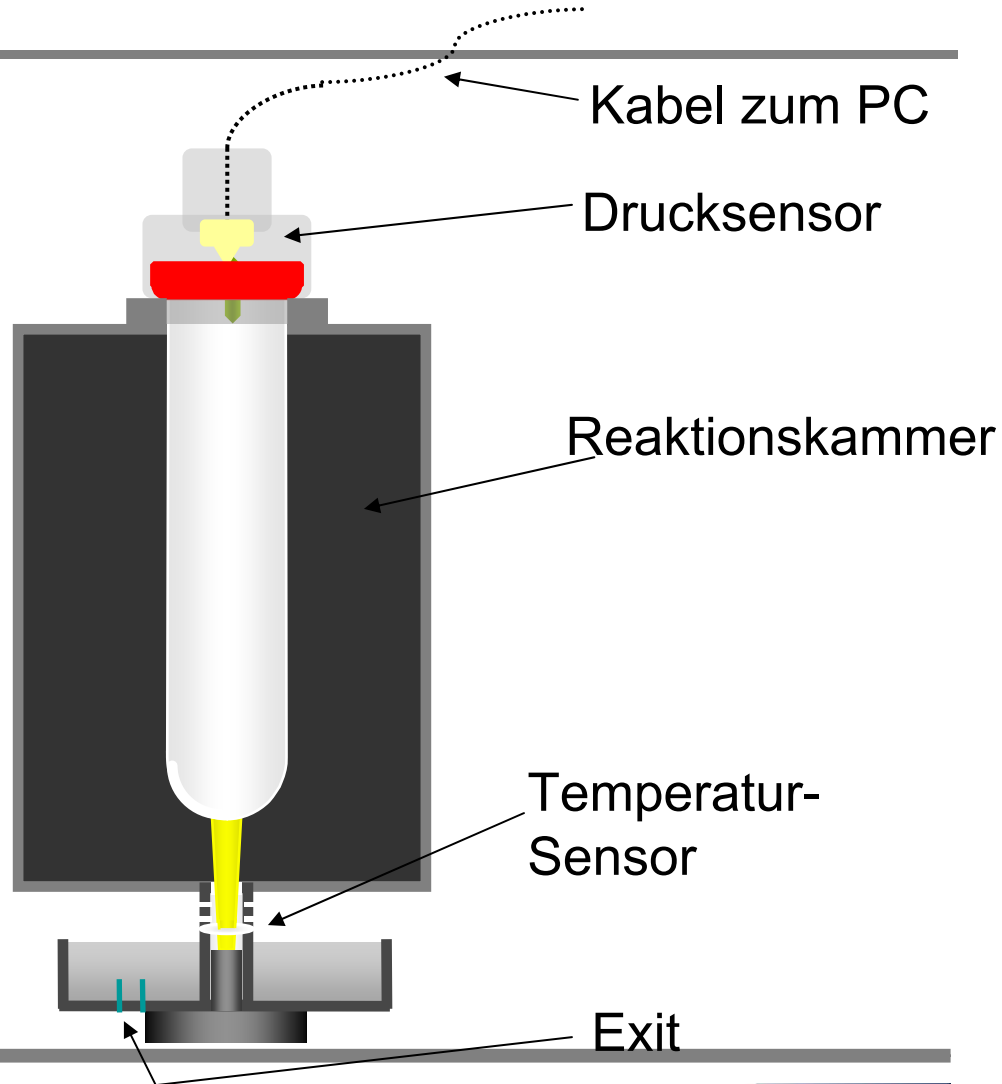
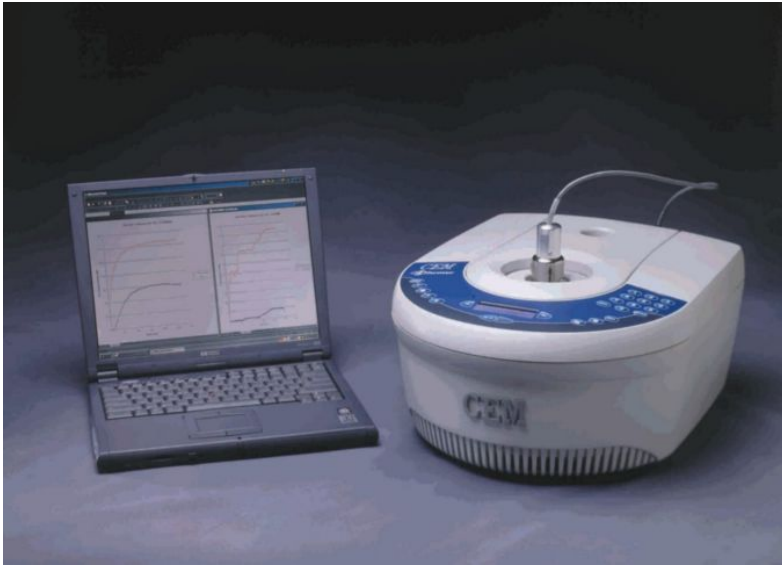
Normalisierte Photolumineszenzspektren von Seitenketten-modifizierten PPVs

(1) R₁, R₂, R₃, R₄ = alkyl, R₅, R₆ = CN; (2) R₁, R₂ = alkoxy, R₃, R₄ = alkyl, R₅, R₆ = CN; (3) R₁, R₂ = alkoxy, R₃, R₄ = alkoxy, R₅, R₆ = H; (4) R₁, R₂ = alkoxy, R₃, R₄ = alkoxy, R₅, R₆ = H annealed; and (5) R₁, R₂ = alkoxy, R₃, R₄ = alkoxy; R₅, R₆ = CN

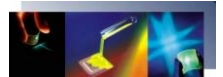
Neue Polymere als Emitter



Mikrowellenunterstützte Chemie



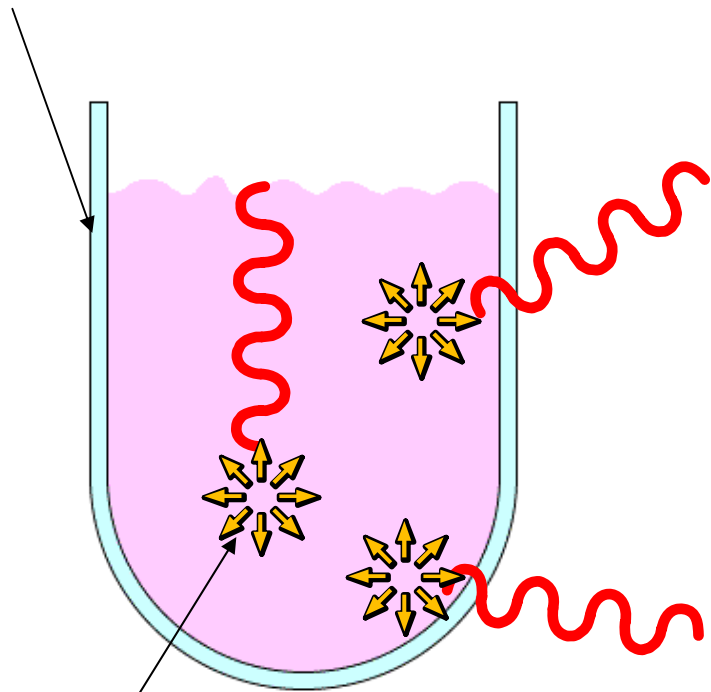
- monomodales Gerät
- computerunterstützte Reaktionsführung
- exakte Kontrolle
- reproduzierbar



Mikrowellen – wie funktioniert das?

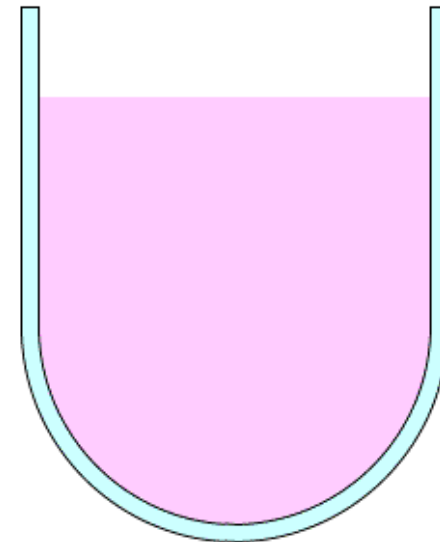
Gefäßwand ist für
Mikrowellen durchlässig

Mit Mikrowellen sofortige Erhitzung
Die Reaktionstemperatur ist homogen



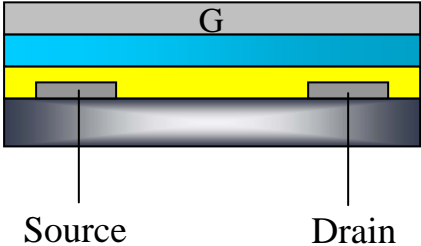
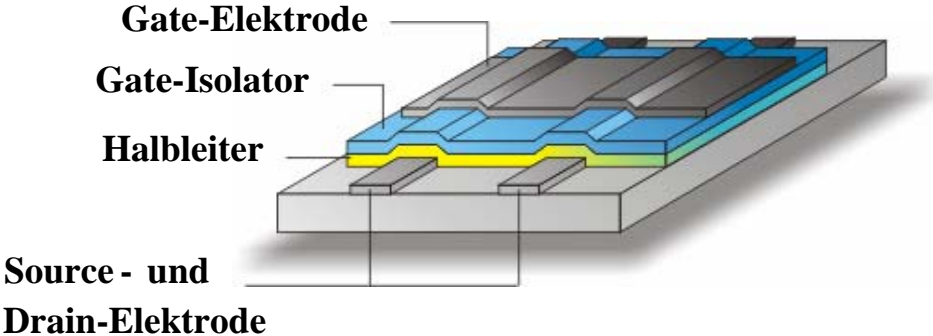
Lokale Überhitzung

Lösungsmittel UND Reaktanden
können die Mikrowellenenergie
absorbieren

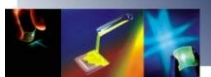
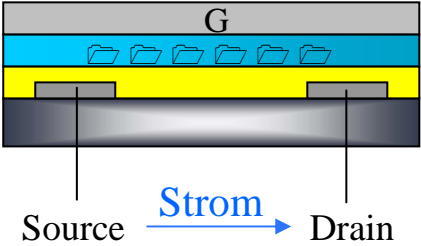


Immer einen Temperaturgradienten
bei der konv. Erwärmung

Schematischer Aufbau eines OFETs



Spannung

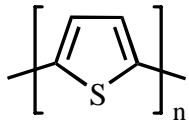


OFET-Anforderungen

- Verarbeitbarkeit aus Lösungen
- Ladungsträgerbeweglichkeit $\mu_{\text{FET}} \approx 0,01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
- Schaltbarkeit $I_{\text{on}}/I_{\text{off}} > 1000$
- stabil gegen Luftsauerstoff/Feuchtigkeit/Licht

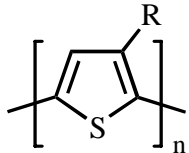
OFET - Materialien

Polythiophen



- Ladungsträgerbeweglichkeit ($0,00001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)
- nur Oligomere sind löslich
- hohe Kristallinität

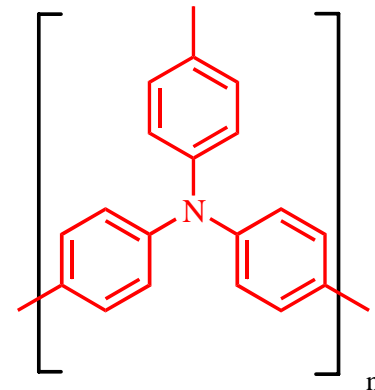
Regioreguläre Poly(3-alkylthiophen)e



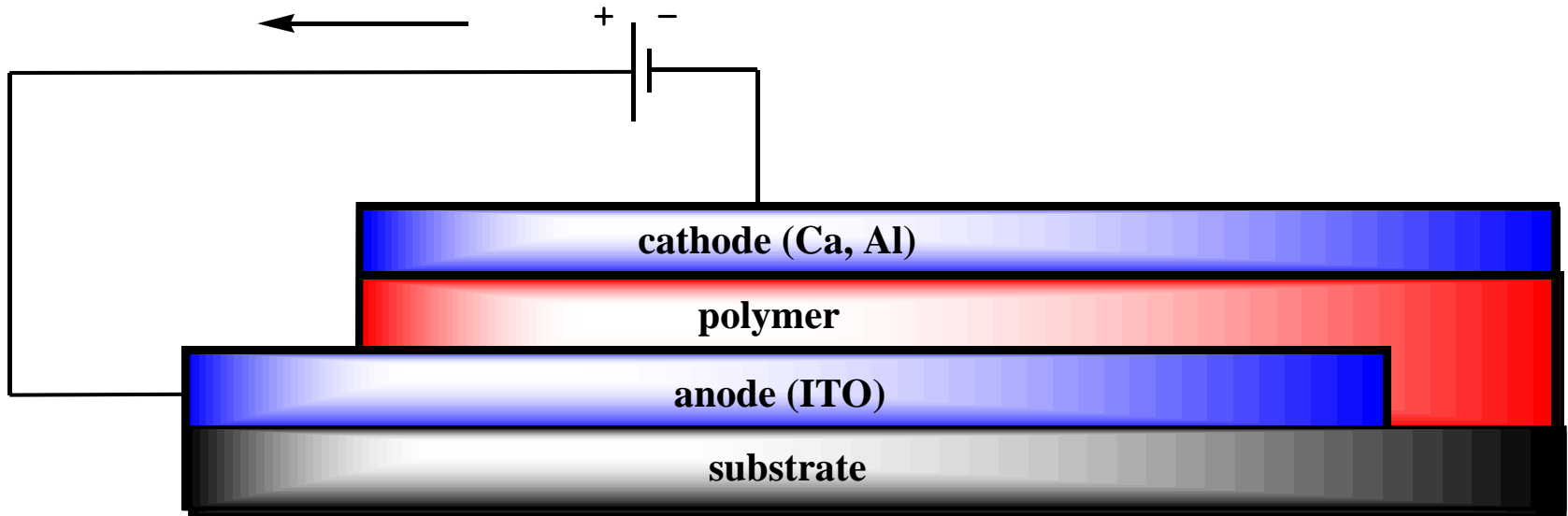
- hohe Ladungsträgerbeweglichkeit ($0,1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)
- löslich
- gute Polymerpackung hohe Kristallinität

Problem: Kristallinität erschwert Herstellungsverfahren

Lösungsansatz: amorphe Halbleiter

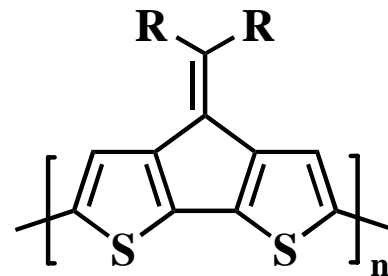


Solarzelle: Setup

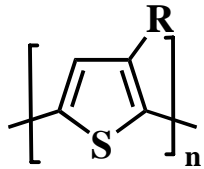


Solarzellen - Voraussetzungen

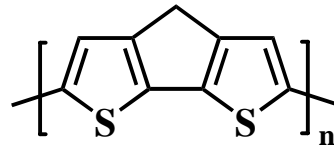
- ausgedehnte p-Konjugation in der Hauptkette
- aus Lösung prozessierbare Polymere
- p-stacking im Festkörper
- kurze intermolekulare Abstände
- effektiver Ladungstransport
- definierte Struktur



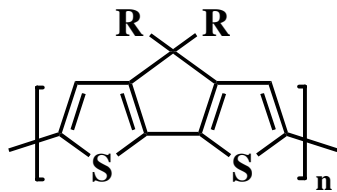
Solarzellen - Materialien



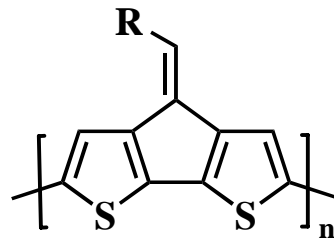
poly(3-alkylthiophene)



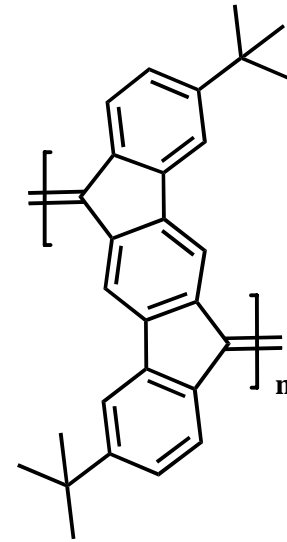
poly(CPDT)



poly(dialkyl-CPDT)



poly(alkyliden-CPDT)



poly(indenofluorene)

Kommentare zu den Folien

Folie 2: In vielen Materialien, wie Kristallen, gestreckten Polymeren oder Flüssigkristallen, sind makroskopische Eigenschaften, wie Zug, Dehnung, optisches und elektronisches Verhalten von der räumlichen Orientierung im Festkörper abhängig. Man sagt dazu sie verhalten sich anisotrop. Auch die elektrische Leitfähigkeit ist von der Raumrichtung abhängig und somit anisotrop.

Die Folie zeigt 3 Beispiele von Kohlenstoffverbindungen: Diamant, Graphit und Polyacetylen (PA). Sie können als Formen mit unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung für die elektrische Leitfähigkeit angesehen werden.

Diamant enthält nur Sigma-Bindungen, die zu einer hohen Symmetrie führen, und damit ist Diamant ein isotropischer Isolator.

Graphit und PA besitzen mobile pi-Elektronen und verhalten sich wie anisotropische metallische Leiter. Die Leitfähigkeit in der Graphitebene ist 1 Mio. mal höher als die senkrecht dazu. Bei PA ist nach Versteckung die intramolekulare Leitfähigkeit 100mal höher als die intermolekulare.

Folie 3: Die Folie zeigt einige Beispiele für halbleitende Polymere

Die Einteilung in Leiter/Halbleiter/Isolator geschieht aufgrund des spezifischen Widerstands

Folie 6: 21" OLED Fernseher – Hergestellt in einer TFT Produktionsanlage von Samsung

Folie 9: Important features of PLEDs

Inorganic semiconducting and small molecule organic dyes have to be deposited as thin films by the relatively expensive techniques of sublimation or vapour deposition, which are not well suited for large-area displays

Luminescent polymers can be deposited from solution as thin films over larger area by spin-coating techniques

The physical properties (e.g. colour, emission efficiency) of conjugated polymers can be fine-tuned by manipulation of their chemical structures

Folien 11: Normalized photoluminescence spectra of side-chain-modified PPV with the general formula shown on the top: (1) R1, R2, R3, R4 = alkyl, R5, R6 = CN; (2) R1, R2 = alkoxy, R3, R4 = alkyl, R5, R6 = CN; (3) R1, R2 = alkoxy, R3, R4 = alkoxy, R5, R6 = H; (4) R1, R2 = alkoxy, R3, R4 = alkoxy, R5, R6 = H annealed; and (5) R1, R2 = alkoxy, R3, R4 = alkoxy; R5, R6 = CN