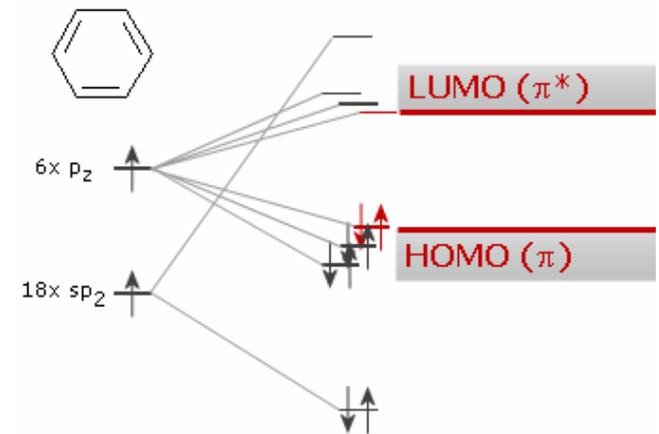
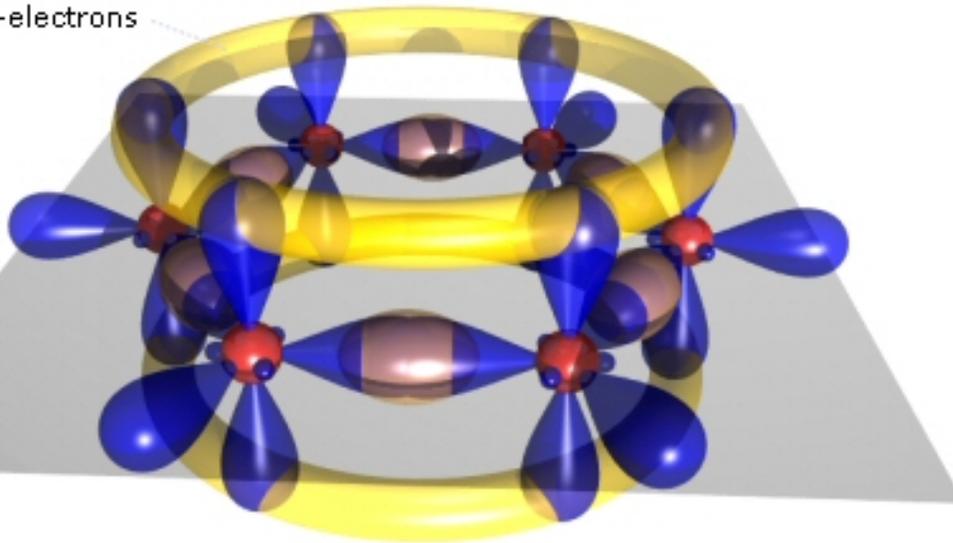


Molekulare Elektronik

Organische Halbleiter

Kleine Konjugierte Moleküle

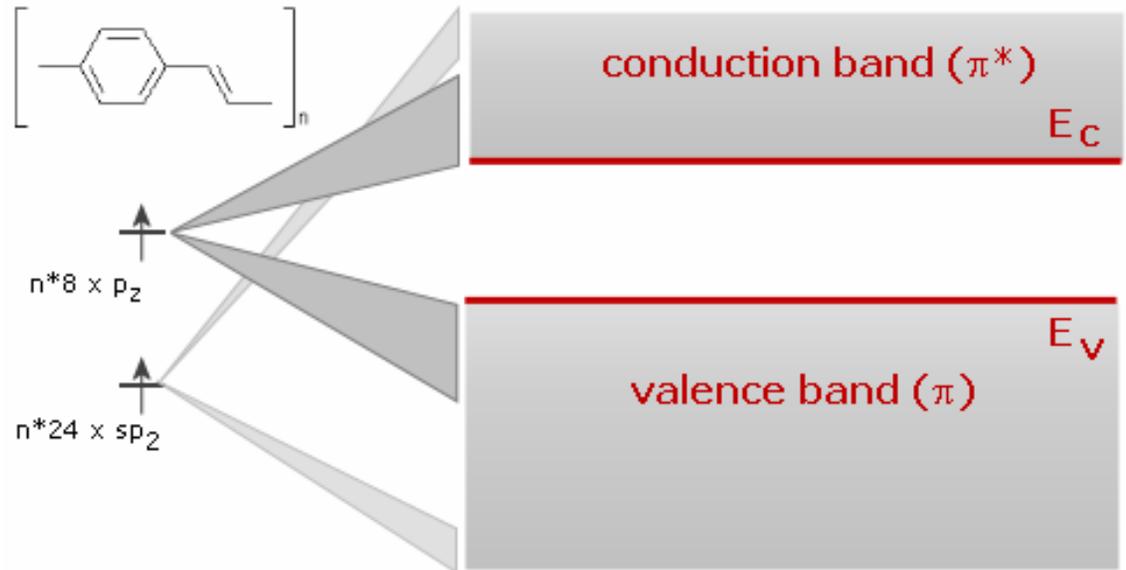
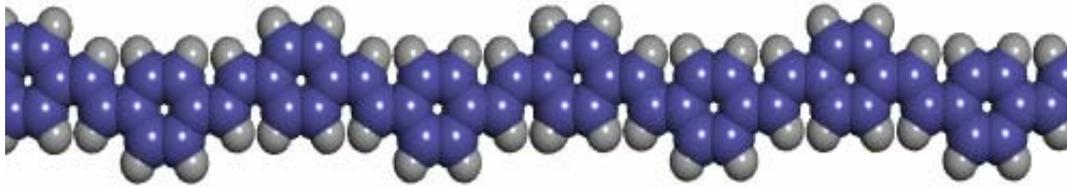
delocalized π -electrons



HOMO-LUMO-Lücke: 1.5 eV bis 3 eV

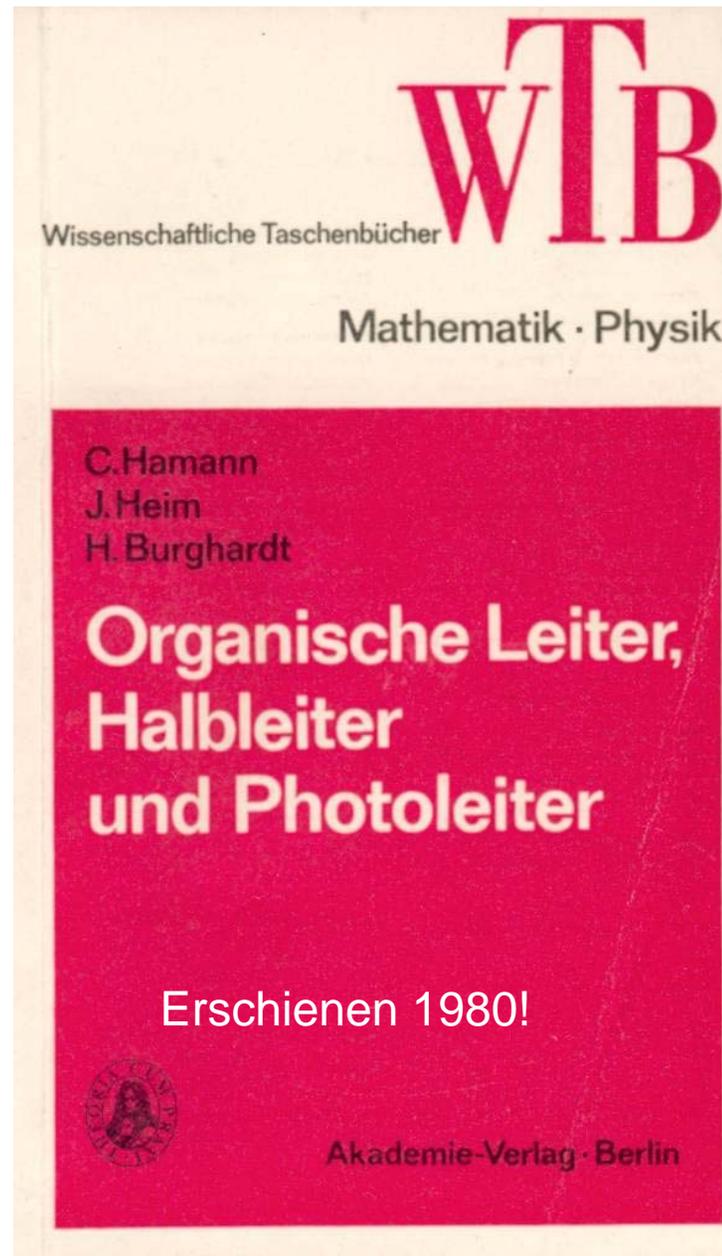
Organische Halbleiter

Polymere mit konjugierten Einheiten



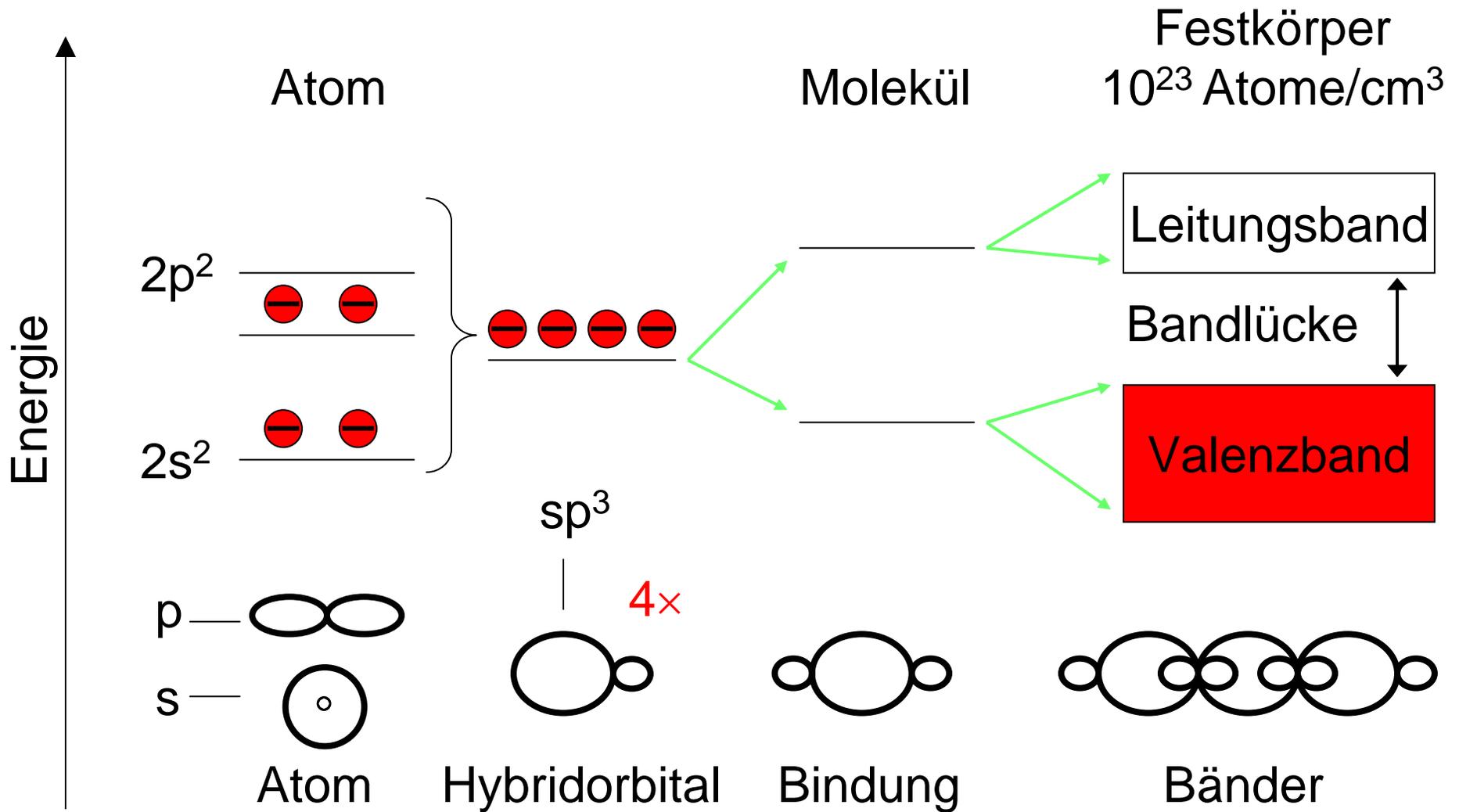
HOMO-LUMO-Lücke: 1.5 eV bis 3 eV

TU Chemnitz mischt
schon lange mit !

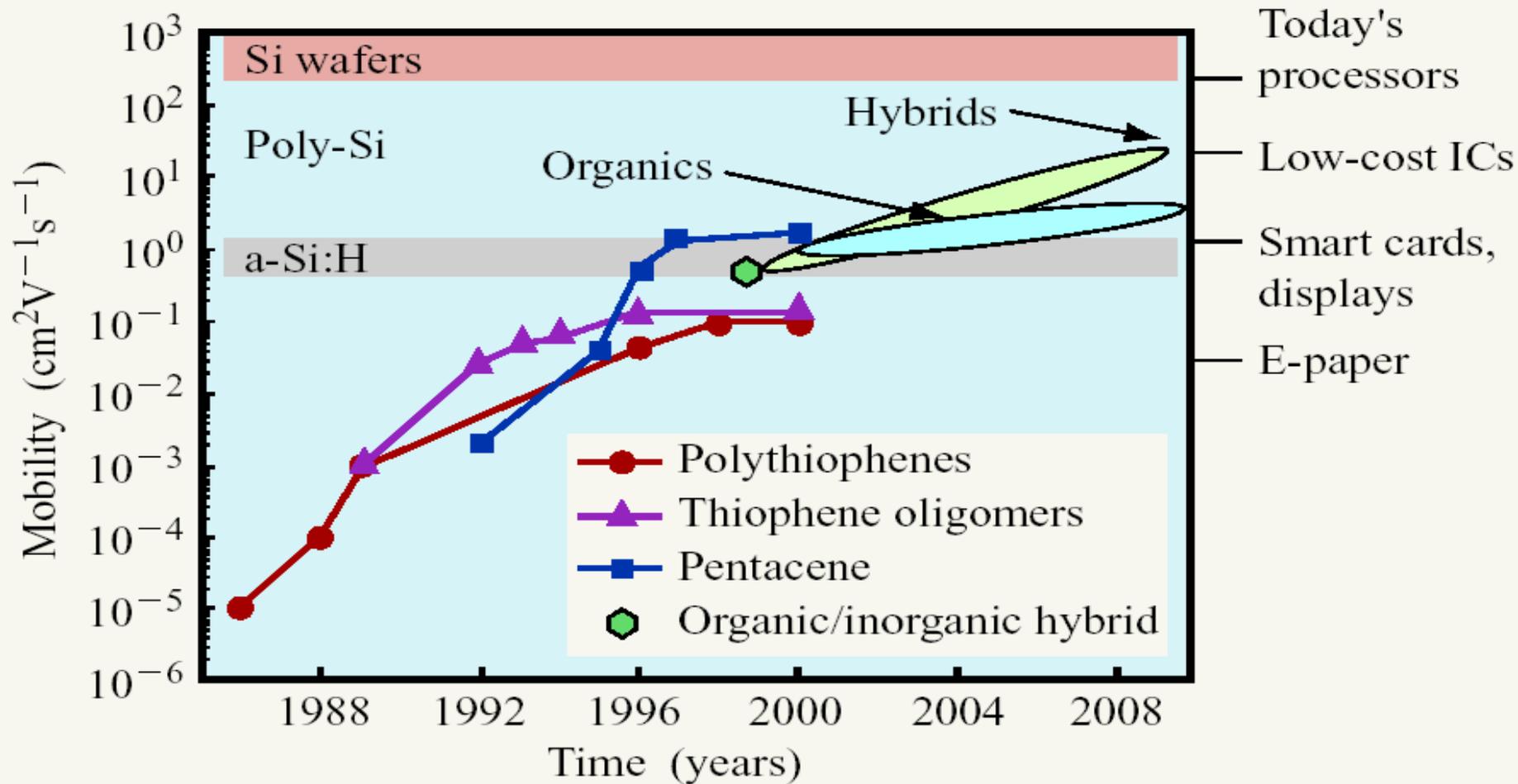


Physikalische Grundlagen

Von Bindungen zu Bändern



Leitfähigkeit

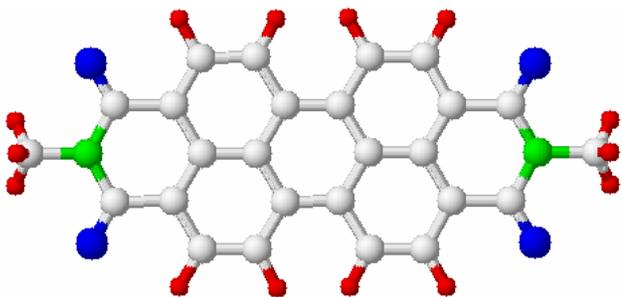
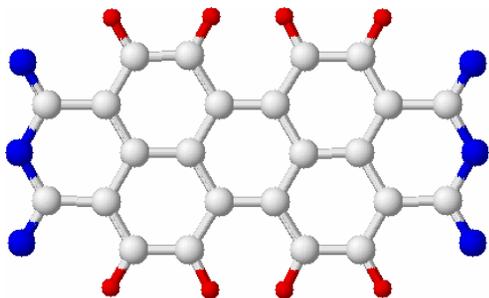


Organische Halbleiter

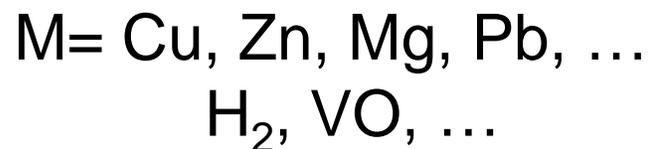
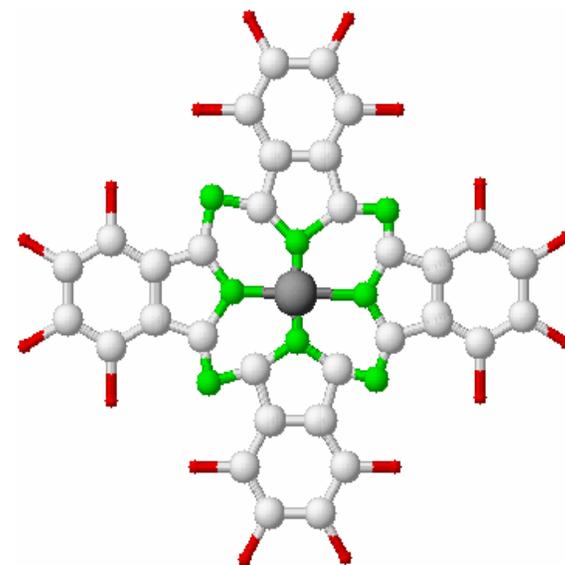
Klassische Halbleiter	Organische Halbleiter
Chemische Bindung mit Ladungstransfer	Schwache Wechselwirkung Van-der-Waals-Wechselwirkung
Leitungsband Valenzband	Unbesetzte Molekülorbitale - LUMO Besetzte Molekülorbitale - HOMO
Bandlücke $E_g = E_{cb} - E_{vb}$	$E_g = E_{LUMO} - E_{HOMO}$
p- und n-Dotierung	Dotierung mit Alkaliatomen oder Molekülen
Hohe Ladungsträgerbeweglichkeit	Geringe Ladungsträgerbeweglichkeit mit großer Anisotropie
Aufwendige Produktion von Bauelementen	Variationsmöglichkeiten der Chemie Einfache und preiswerte Technologie

Beispiele von Organischen Halbleitern

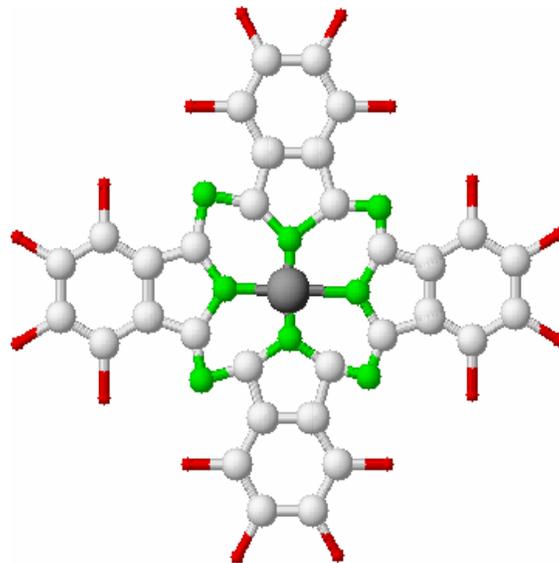
Perylen-Derivate



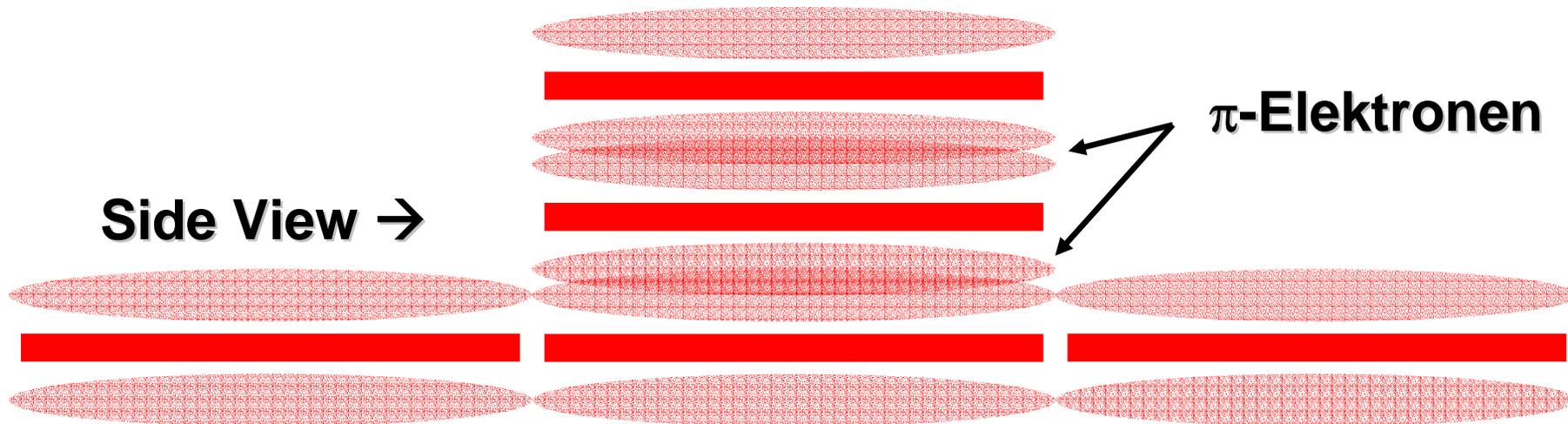
Phthalocyanine



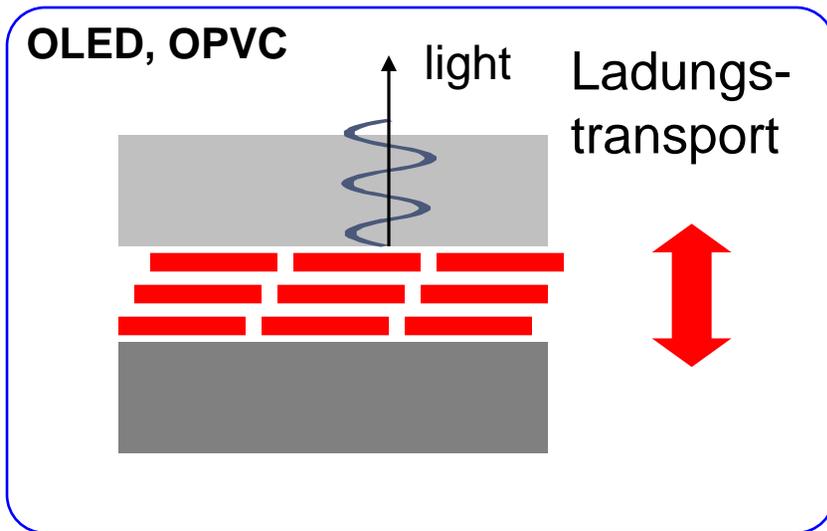
Top View →



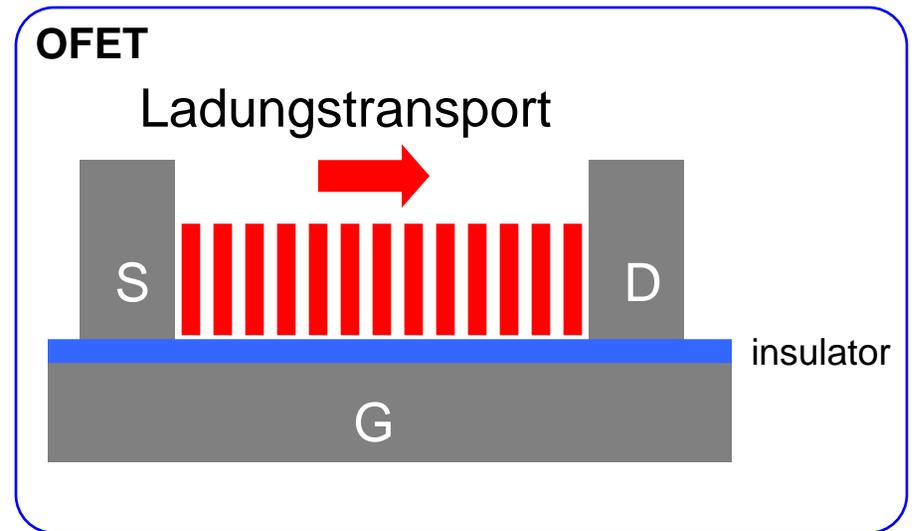
Side View →



Verschiedene Anwendungen erfordern verschiedene Molekülorientierung!



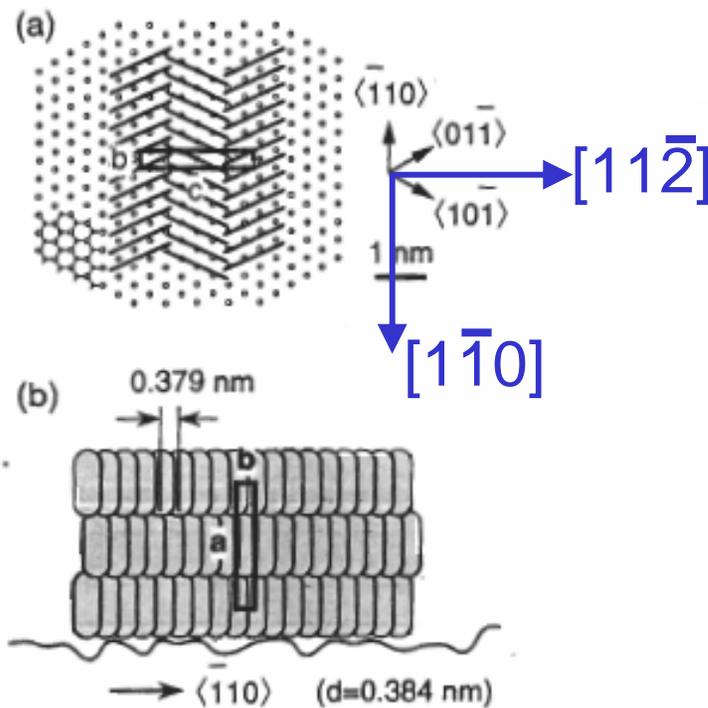
Liegende Moleküle



Stehende Moleküle

Faktoren, die die Molekülorientierung beeinflussen:

- Substratpräparation
- Substrattemperatur
- Aufdampftrate



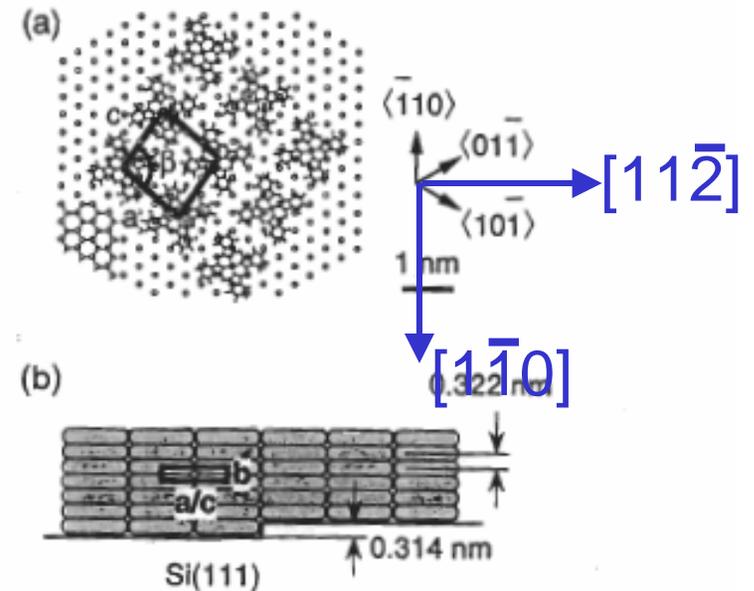
M. Nakamura, *JVST B14*, 2, 1109 (1997)

Rough

RMS roughness: 0.20 nm

Columnar growth: parallel to the substrate

Preparation: 1% HF



Flat

0.12 nm

perpendicular to the substrate

1% HF; 40% NH_4F 15 minutes

Molekulare Elektronik

Richtungen:

→ ultra-klein, Nanoelektronik

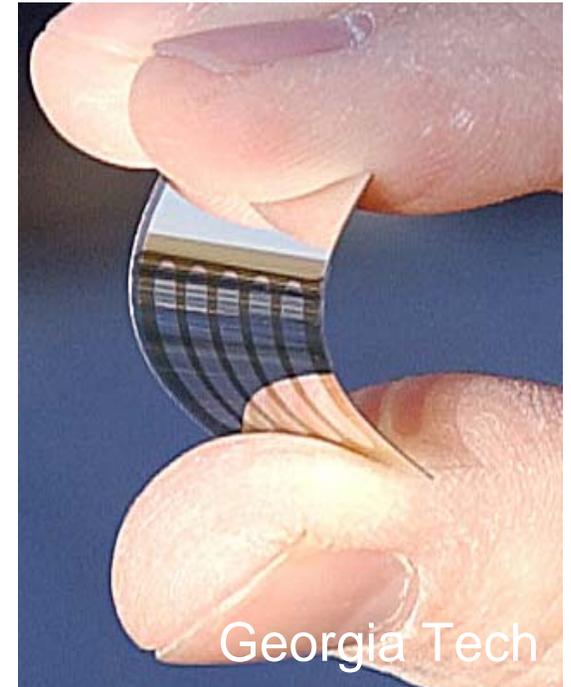
→ flexibel, großflächig, billig

OLEDs, OFETs, OPVCs

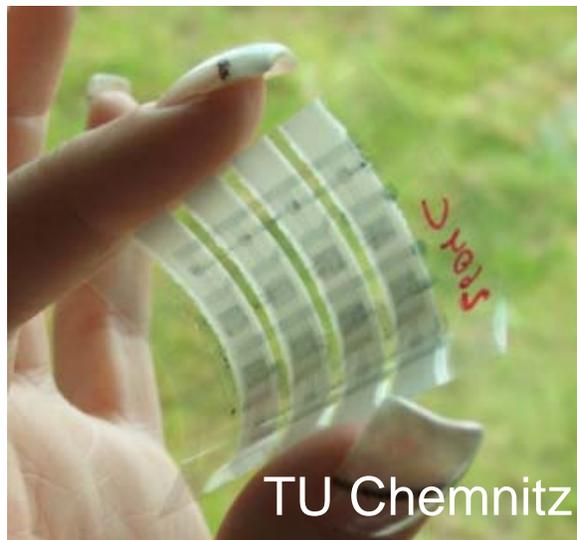
Organische Elektronik



Organic Light-Emitting Diode



Organic Solar Cell



Organic Field-Effect Transistors
in Ring Oscillators

Organische Elektronik

OLED Revenue and shipments

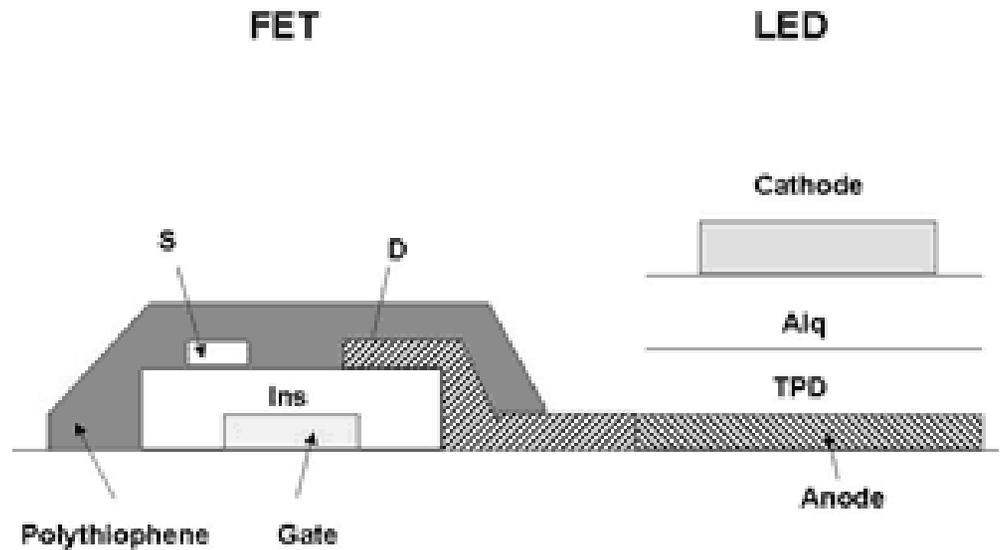
Worldwide OLED revenues reaches \$252 million in Q3'09, up 31% Q/Q, outperforming previous record



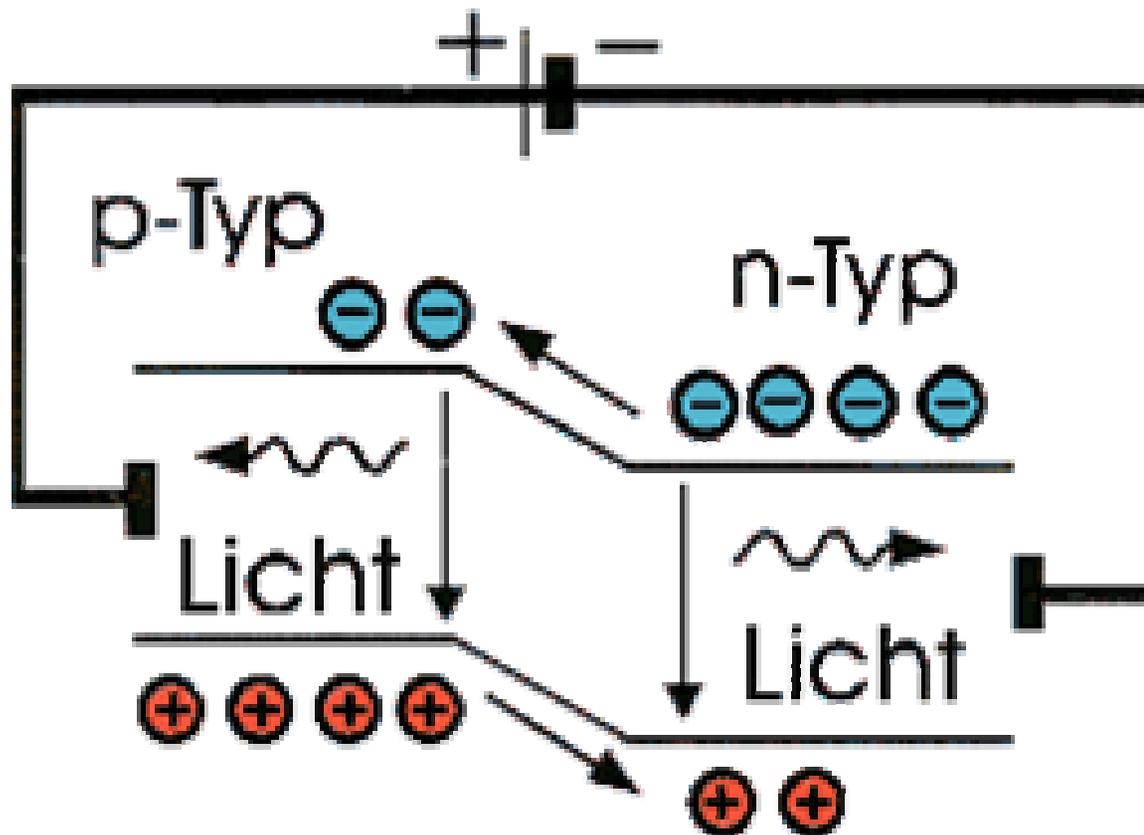
Source: DisplaySearch, Dec 2009,

Organische Pixels für Displays

Jedes Pixel:
OLED+OFET



Aufbau einer Leuchtdiode

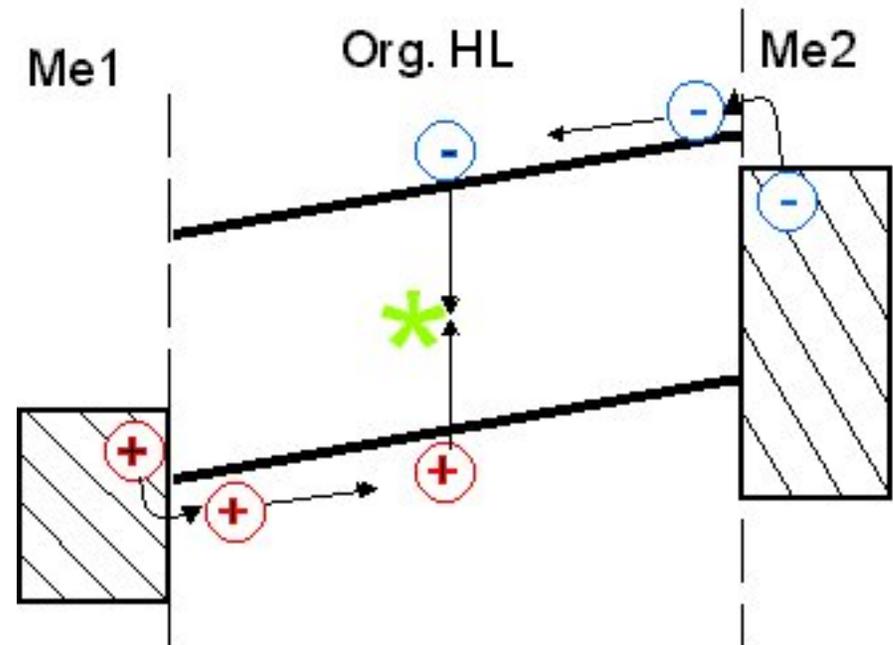


Injektion von positiven Ladungsträgern (Löcher) und negativen Ladungsträgern (Elektronen) beim Anlegen einer Spannung.

Rekombination der unterschiedlichen Ladungsträger unter Aussenden von Licht.

Organische Leuchtdioden

- Injektion von Löchern aus der Anode und Elektronen aus der Kathode, wenn eine Spannung angelegt wird.
- Die Ladungsträger bewegen sich durch einen „Hopping“ Transportprozess durch die organische(n) Schicht(en), bis sie sich treffen und rekombinieren, um ein Exziton zu bilden.
- Die Relaxation in den Grundzustand ist von der Lichtemission begleitet.

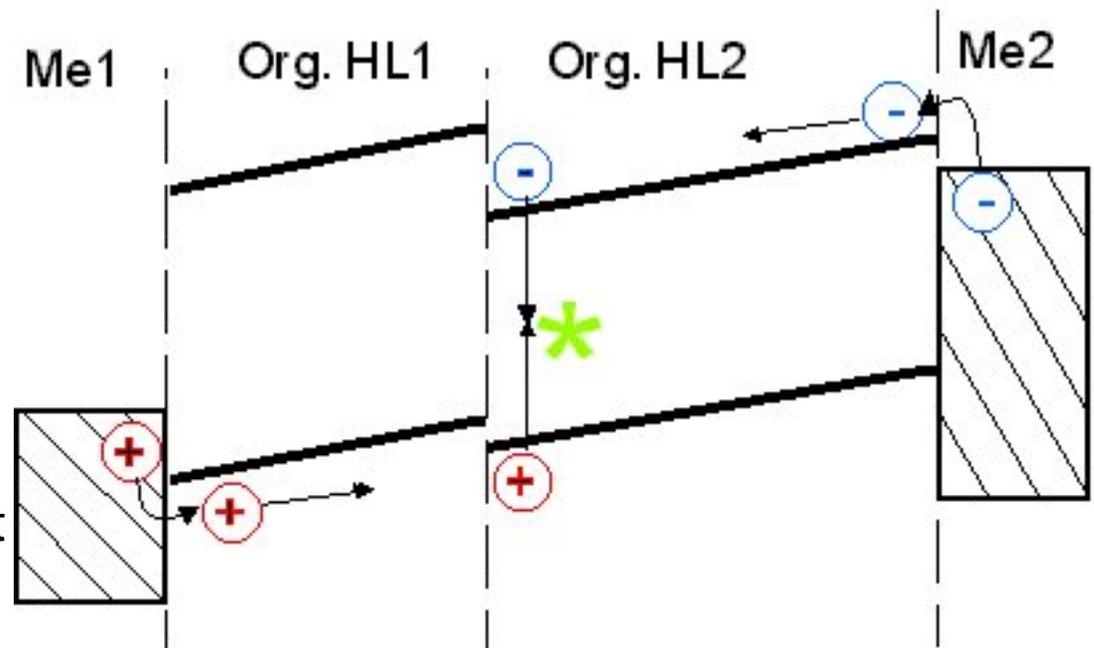


Organische Leuchtdioden

Vorteile der Verwendung von zwei oder mehr organischen Schichten:

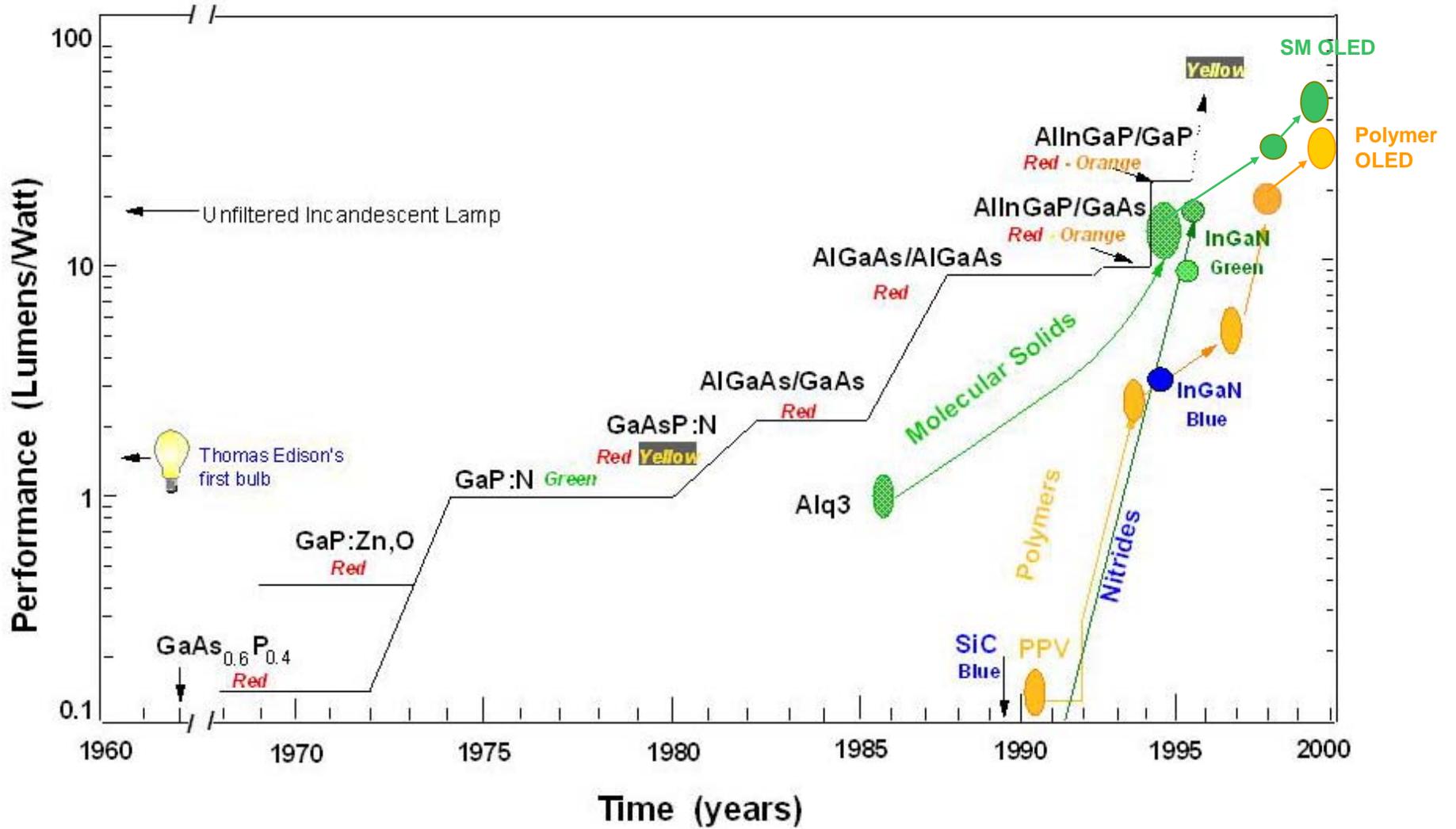
Ein Schicht ist an die Anode angepasst und transportiert die Löcher

Zweite Schicht ist für Elektroneninjektion und -transport optimiert.



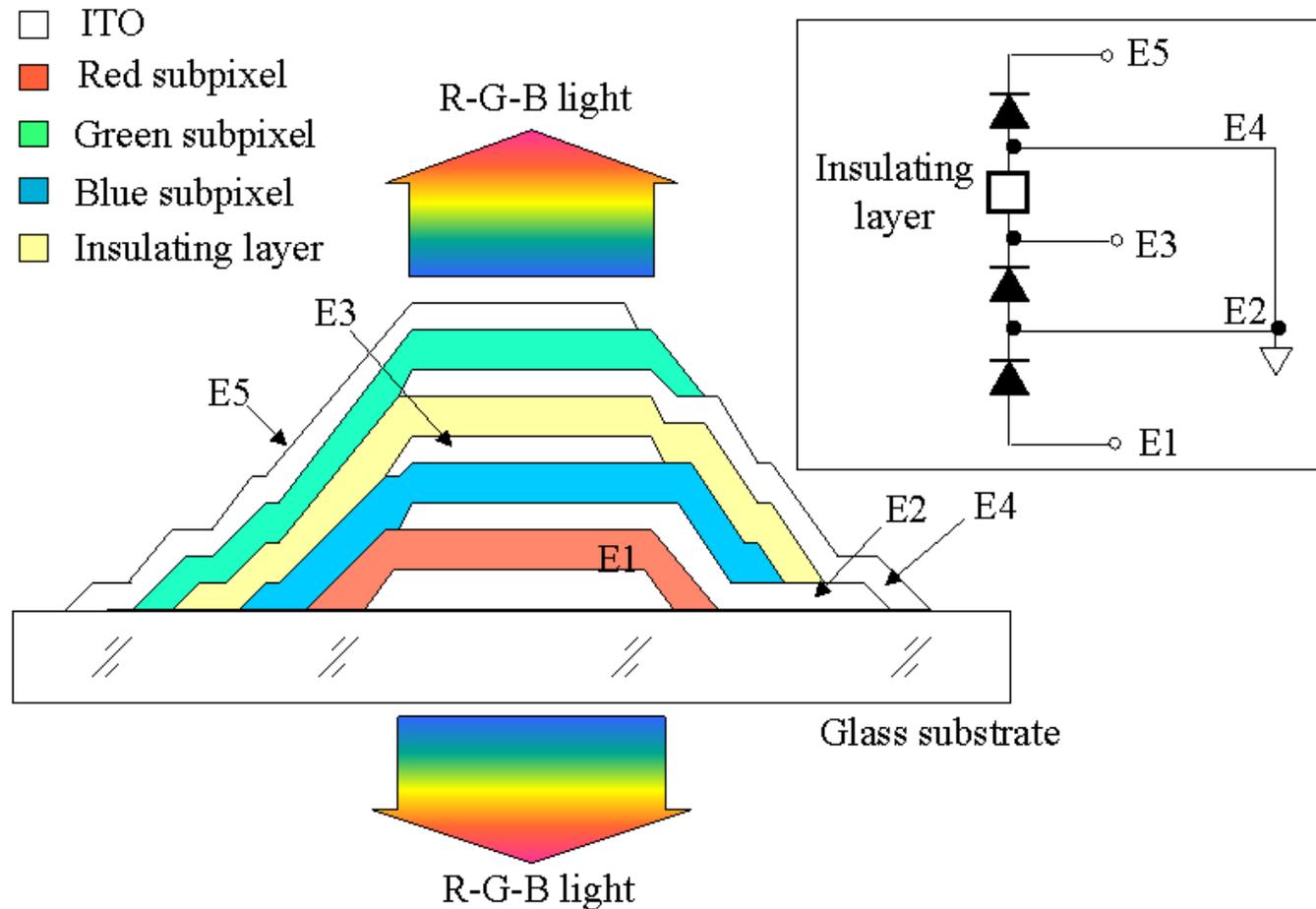
Rekombination geschieht folglich durch Bildung eines Exzitons im organischen Material mit kleinerer Bandlücke. Da dies in der Nähe der Grenzfläche stattfindet, wird auch das „Quenchen“ der Lumineszenz verhindert, was häufig in der Nähe der Elektroden beobachtet wird.

OLED-Entwicklung



Stacked OLED: SOLED

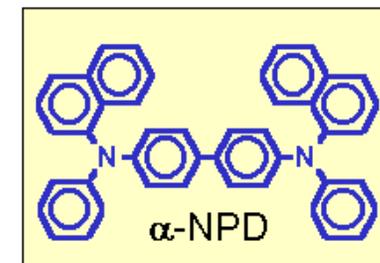
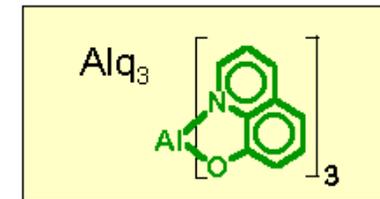
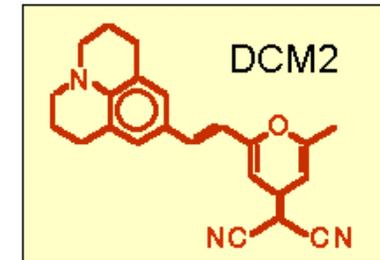
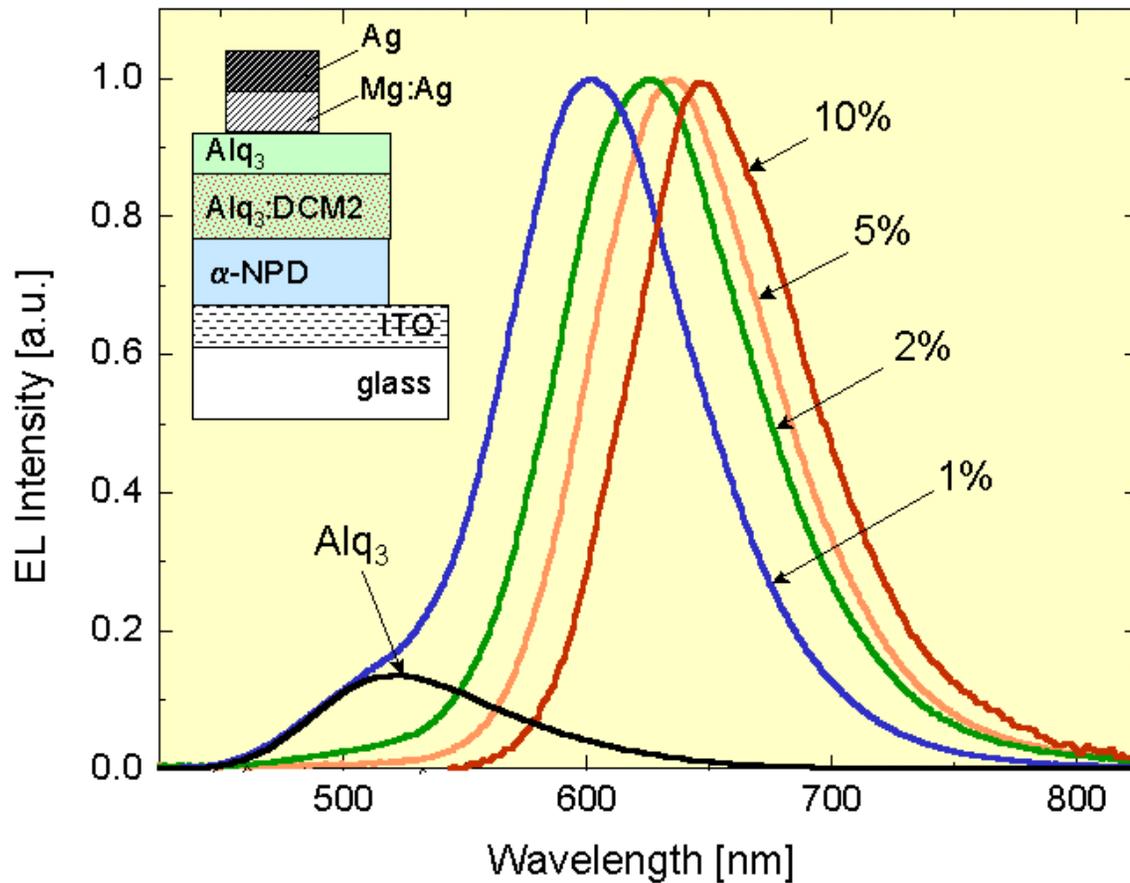
Structure of the Independently Addressable MF-SOLED



Farb-Engineering durch Dotierung

DCM2-Dotierung von Alq₃

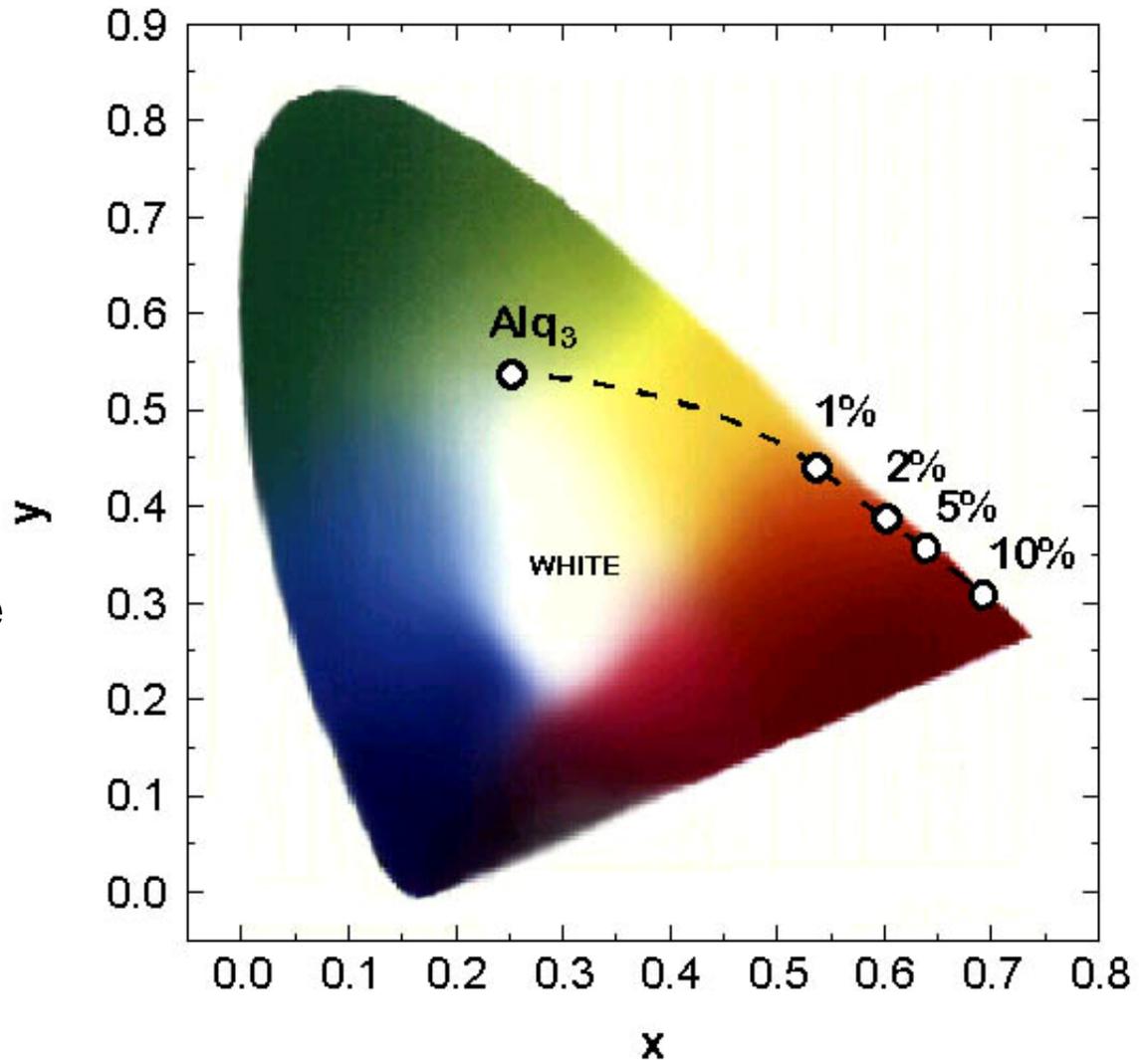
Electroluminescence of x% DCM2 in Alq₃ OLEDs



Farb-Engineering durch Dotierung

Alq₃ OLEDs:

- Verschiebung der Elektrolumineszenzfarbe als Funktion der DCM2-Dotierungskonzentration
- Für rote und gelb-orange OLEDs wurde eine maximale Luminanz von 1400 cd/m² und 15200 cd/m² gemessen.
- 100 cd/m² werden bei 100 mA/cm² (14 V) erreicht.



Organische Halbleiter: Displays

Pioneer: car radio since 1998



Pioneer

～表示部にOEL(有機EL)を採用～
マルチCD/MDコントロール
DSPチューナーMDアンプ
MEH-P9000

carrozzeria

Kodak LS633 First with OLED Display
April 2003



Sony XEL-1 - 28 cm (11") OLED-TV



Prototyp: Samsung
117 cm Diagonale



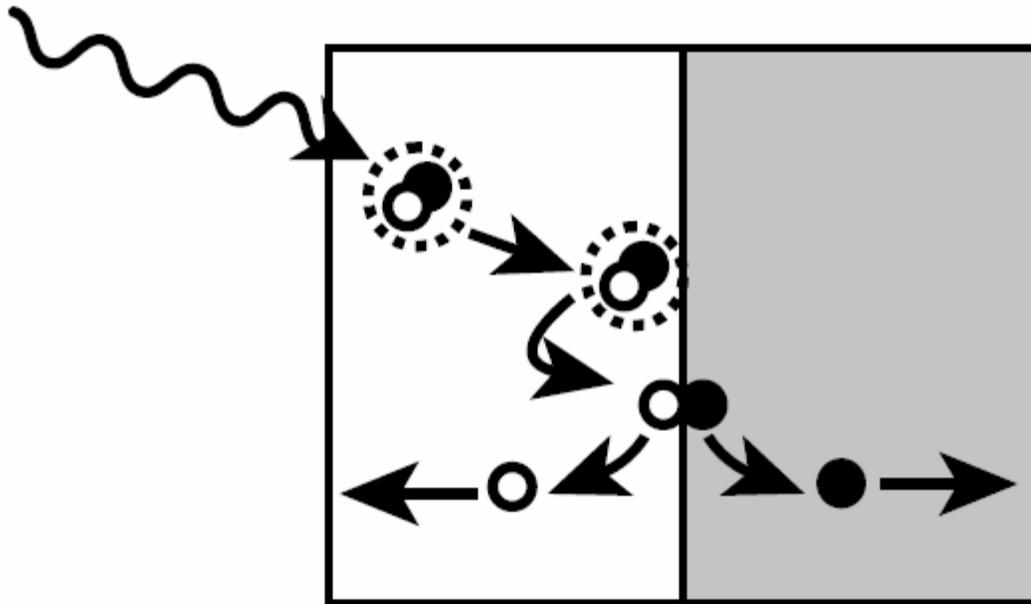
Vorteile der OLED- vs. LCD-Technologie

- Self emission \Rightarrow thinner
- Brighter
- More efficient
- Low power consumption
- Wider viewing angle
- Temperature tolerance



Organische Solarzellen

Solarzellen wandeln Lichtenergie (in der Regel Sonnenlicht) in Gleichstrom um

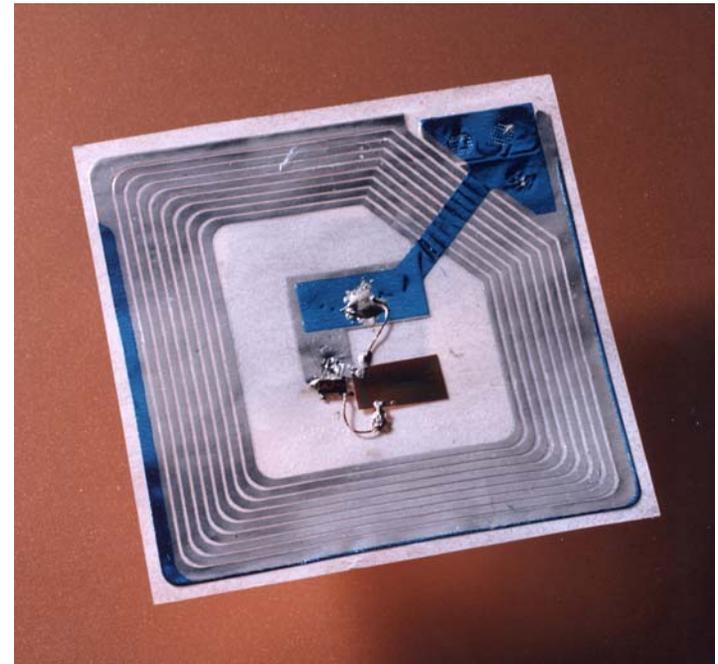


Durch das Auftreffen von Photonen wird eine elektrische Spannung erzeugt, die durch Anschließen eines elektrischen Verbrauchers an der Solarzelle einen Strom fließen lässt.

Organische Halbleiter: Integrierte Schaltkreise

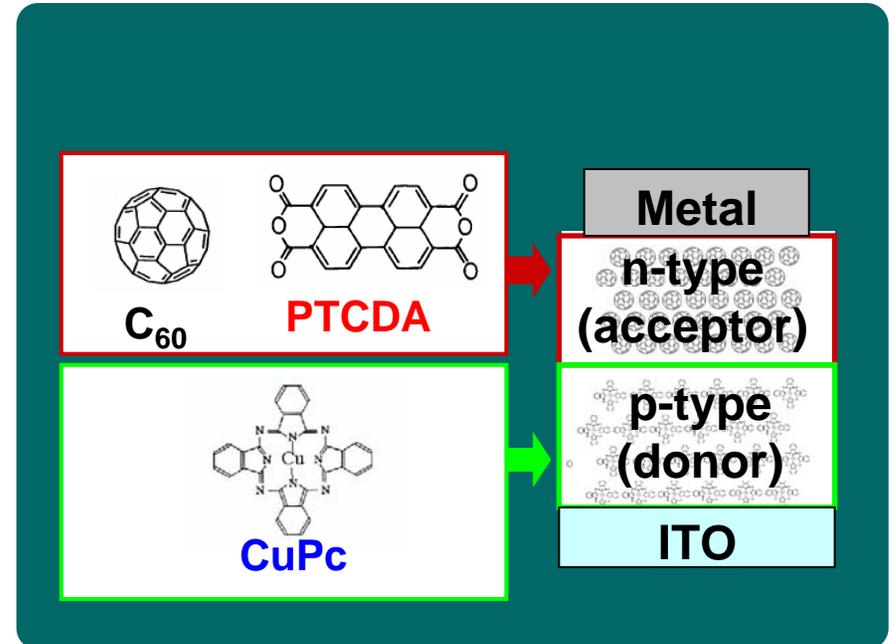
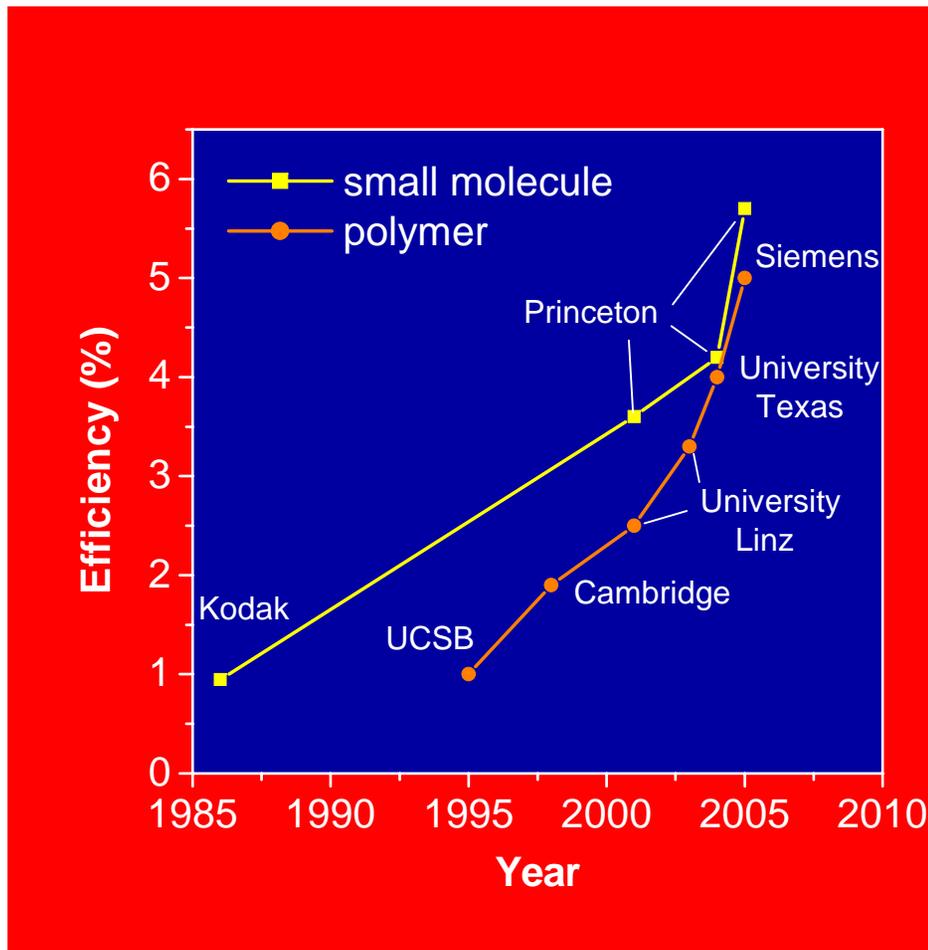


Integrierter Schaltkreis aus
NTCDA von Lucent Technology /
Bell Labs



Elektronisches Preisschild
von Philips

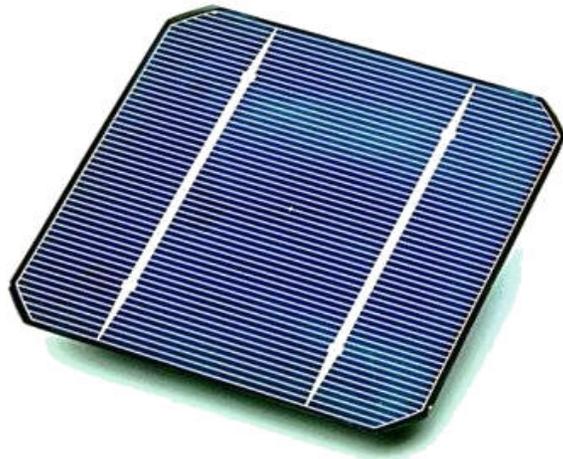
Organische Solarzellen



MRS Bulletin 11, 30 (2005)

Inorganic Solar Cell

- Power conversion efficiency up to 24% in lab
- High energy consumption at fabrication
- Cost-intensive fabrication



Organic Solar Cell

- Only 5% achieved in lab
- Low energy consumption at fabrication
- Cheap fabrication
- Mechanical flexible on appropriate substrates

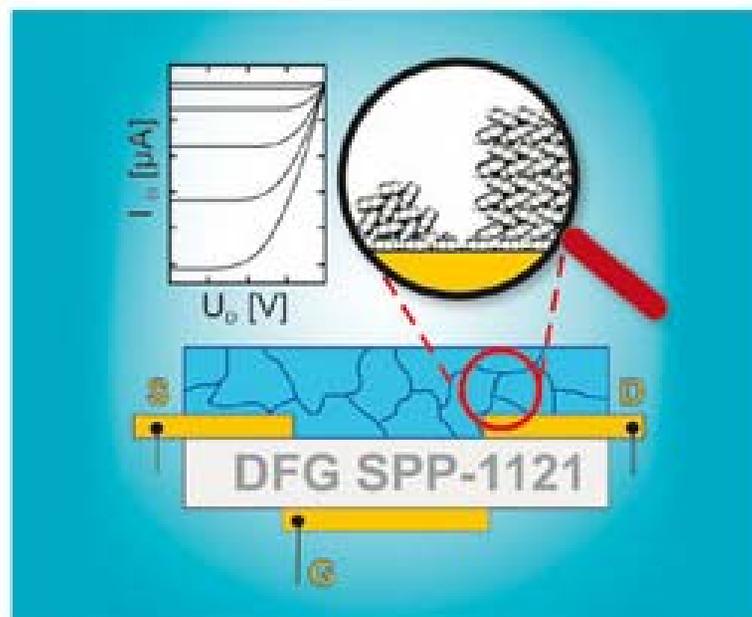


Edited by Christof Wöll

WILEY-VCH

Physical and Chemical Aspects of Organic Electronics

From Fundamentals to Functioning Devices



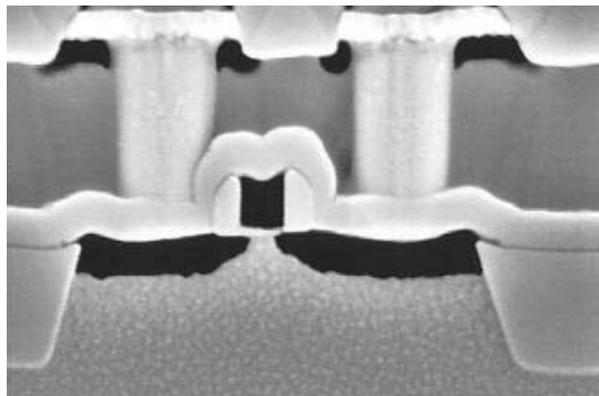
Kapitel 13:
Metal/Organic Interface Formation
Studied In Situ by Resonant Raman
Spectroscopy

*G. Salvan, B.A. Paez, D.R.T. Zahn, L.
Gisslen, and R. Scholz*

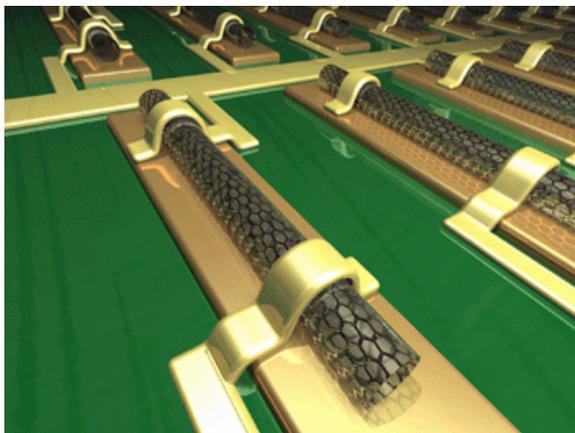
Kapitel 20:
Potentiometry on Pentacene OFETs:
Charge Carrier Mobilities and Injection
Barriers in Bottom and Top Contact
Configurations
*R. Scholz, D. Lehmann, A.-D. Müller, F.
Müller, and D. R. T. Zahn*

Nanotransistoren

Silizium Transistoren:
L ~ 10 nm

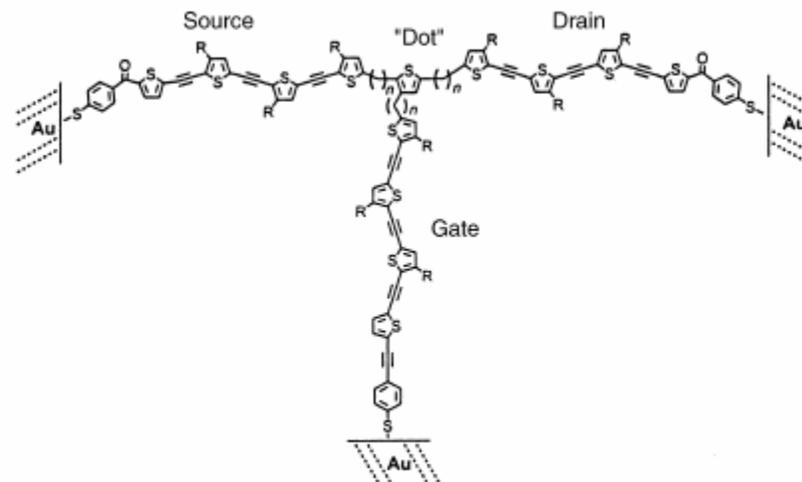


Kohlenstoff Nanoröhrchen
D ~ 1 nm



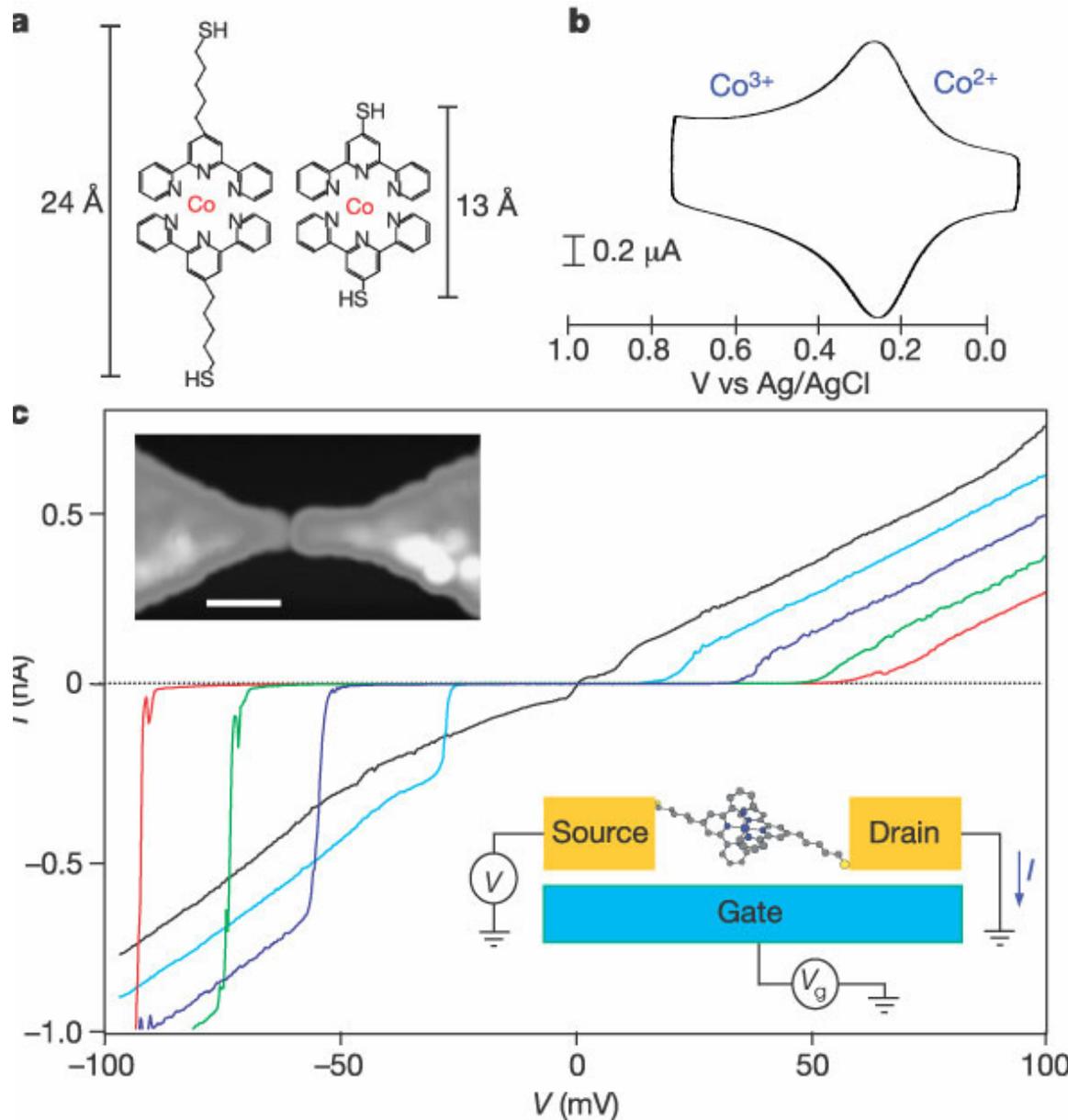
Bachtold, et al., *Science*, Nov. 2001

Molekulare Transistoren:
L ~ 0.2 nm



12
R. L. Carroll and C. B. Gorman, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2002

Elektrischer Transport in Einzelmoleküle



Coulomb blockade and the Kondo effect in single-atom transistors

Nature 417, 722-725 (2002)

Cross bar array memory device

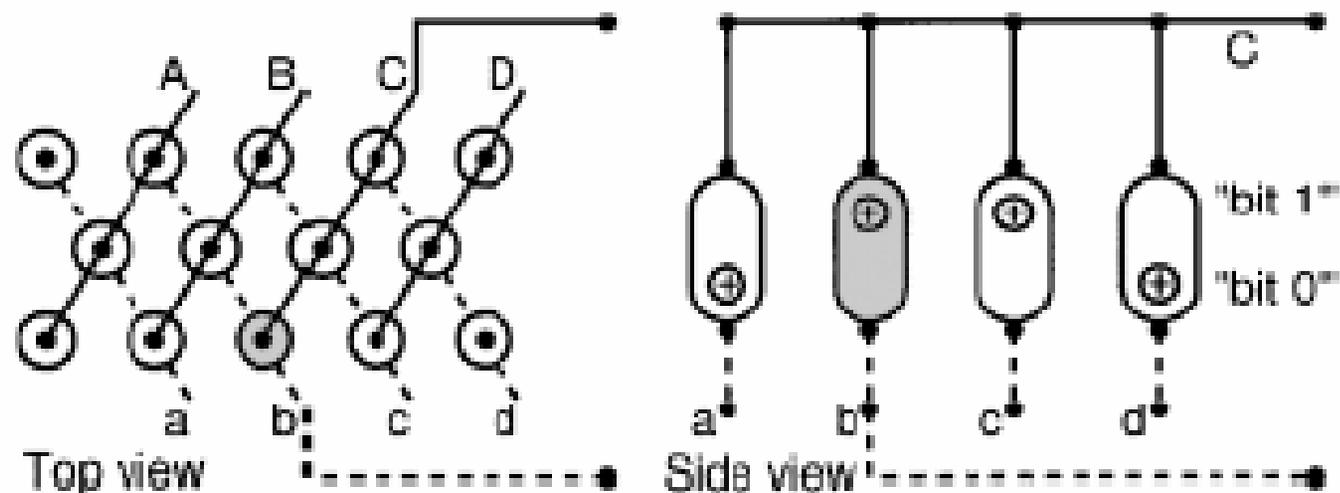
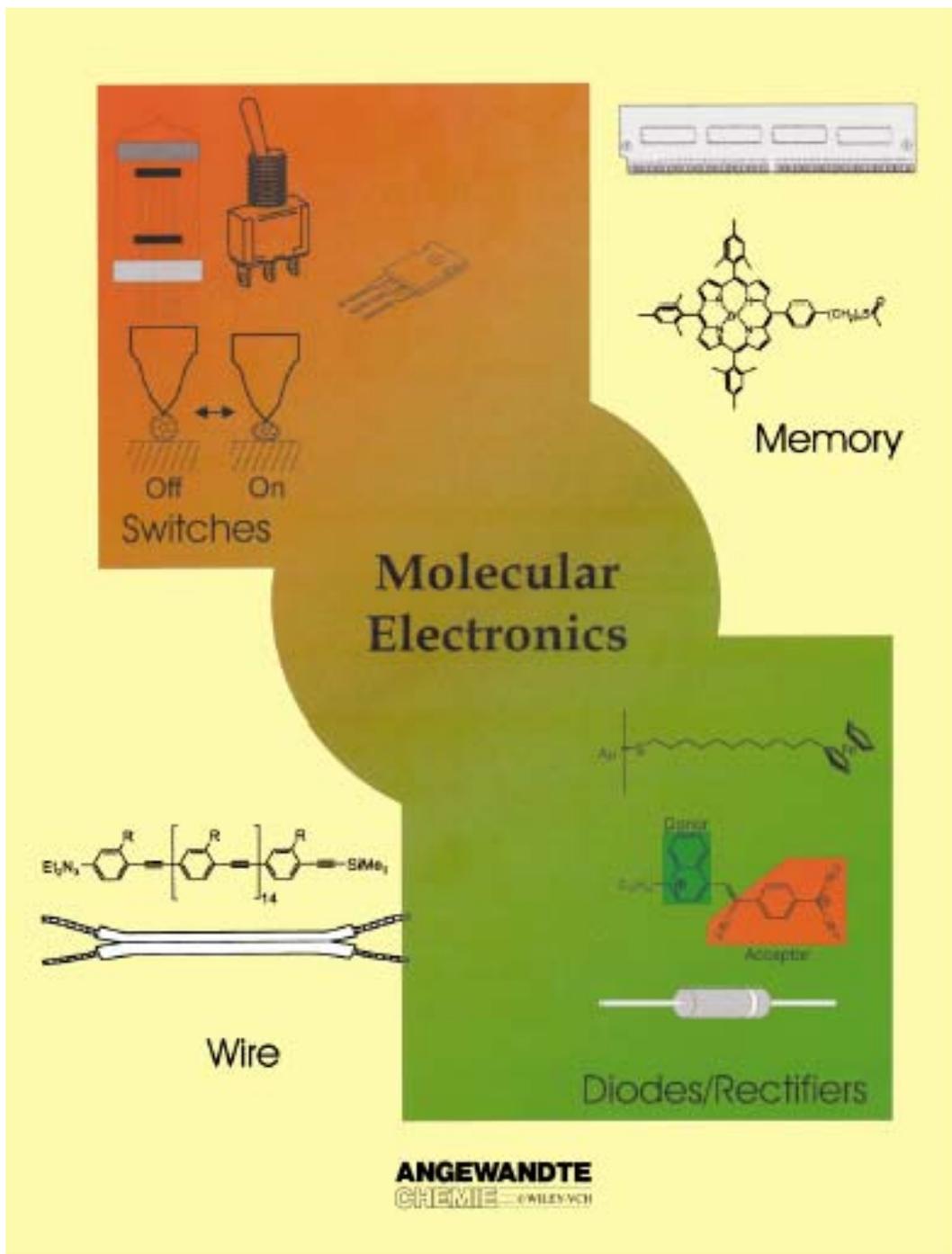


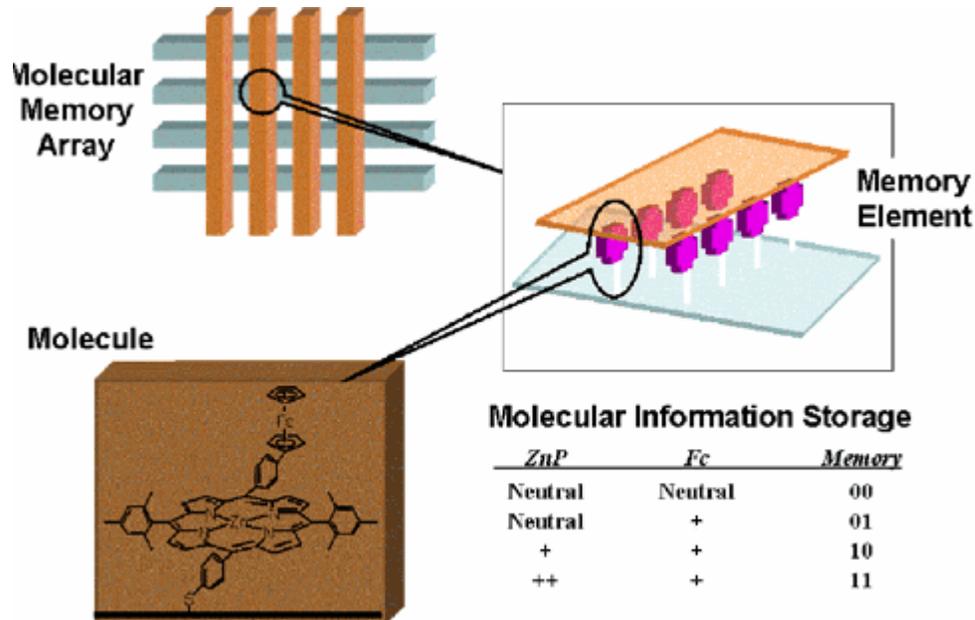
Figure 19. Configuration of "bucky-shuttle" memory elements. left: Top view showing an array of bucky-shuttles and the crossed electrodes used to address them. Right: side view showing the elements addressed by electrode C. By applying a reading or writing pulse between electrodes C and b, a specific element may be queried or written. Reproduced with permission from ref. [80].

*R. L. Carroll and C. B. Gorman,
Angew. Chem. Int. Ed. 2002*



*R. L. Carroll and C. B. Gorman,
Angew. Chem. Int. Ed. 2002*

Molecular memories



<http://www.zettacore.com/overview.html>

- ZettaCore's technology focuses on the use multiporphyrin nanostructures.
- They can be designed to hold information for long periods of time.

„At a molecular level, what we're doing is applying a voltage across the molecules and they oxidize or give up electrons. If disconnected, the positive charge on those molecules stays there for an engineerable amount of time — depending on the molecular structure.“

Mehr Information:

www.orgworld.de

www.ofet.de

www.optics.org

www.osa-direct.com