



# **RFID-Chips aus dem Drucker – Herstellung von Tags mittels Nanopartikeln**

André Wuttig

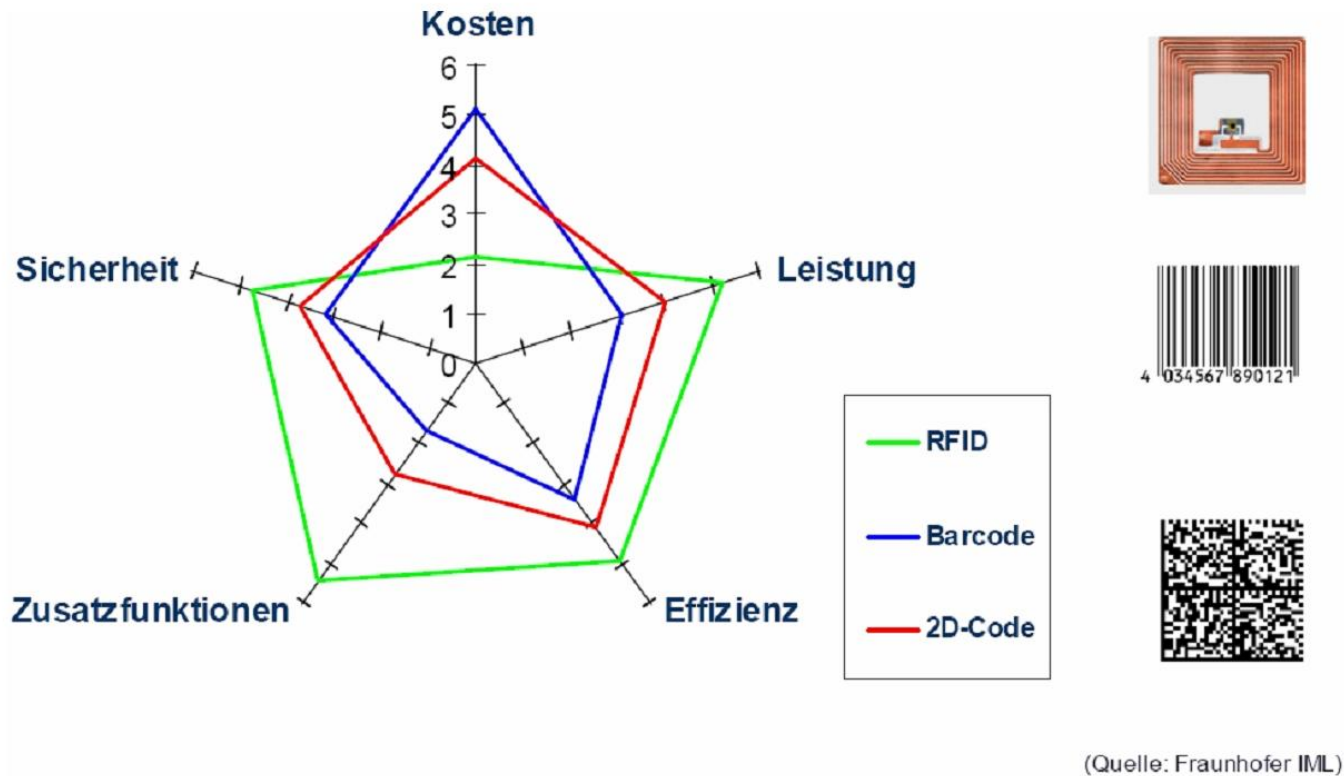
Dresden, 30. Juni 2010

# Motivation

- „RFID“ hat hohen Bekanntheitsgrad und betrifft viele Lebensbereiche (z.B.: Fußball – Chip im Ball zur Torerkennung)
- Suche nach einer Alternative zum bisherigen Herstellungsverfahren für Transponder
- Gedruckte Polymerelektronik soll die Herstellung von RFID-Tags ermöglichen die nur 1 bis 2 % der bisherigen Silizium RFID-Tags kosten
- Polymerelektronik ermöglicht Erschliessung von Geschäftsfeldern, welche für die derzeitiger Siliziumelektronik undenkbar wären
- Markt für Polymerelektronik soll bis 2020 auf auf 100 Milliarden US-Dollar wachsen [c't 15/09]



# Motivation



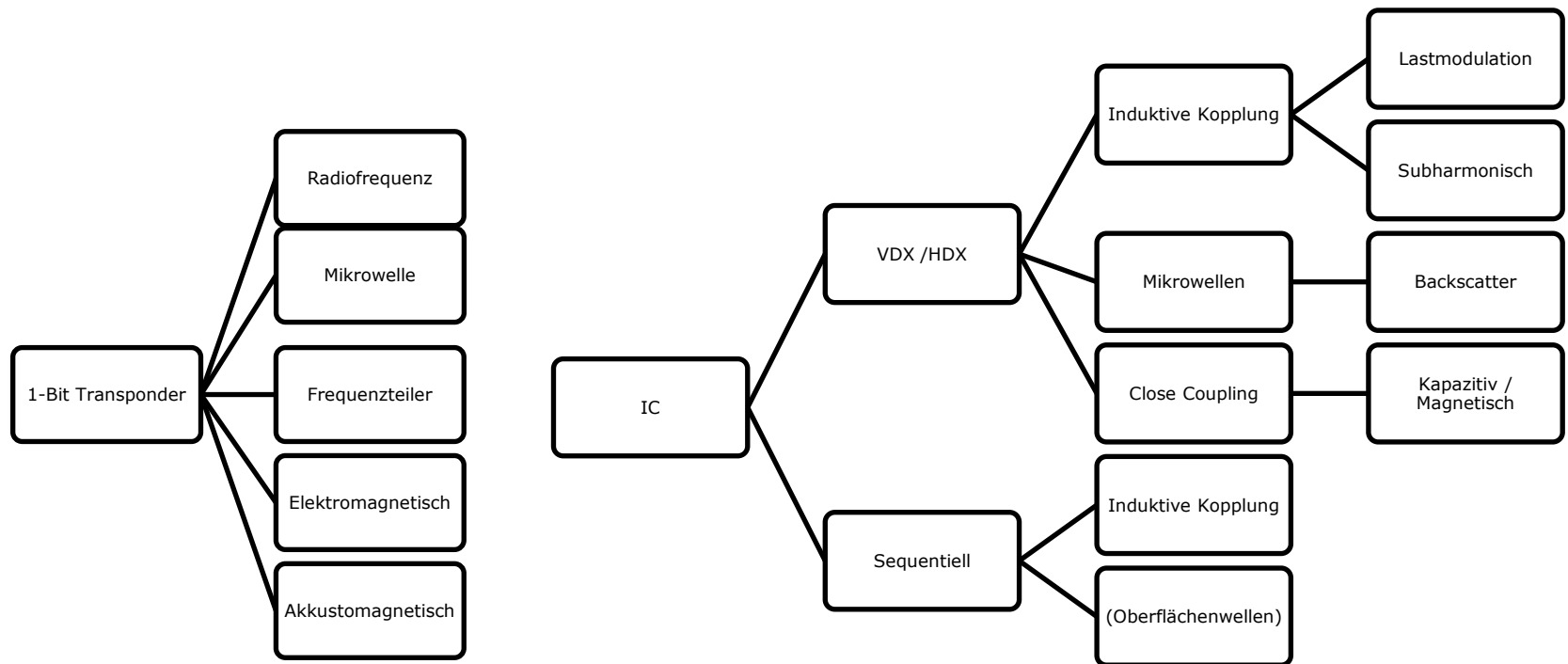
# Überblick

1. RFID-Transponder
2. Polymerelektronik
3. Gedruckte Elektronik
4. Ausblick

# 1. RFID TRANSPONDER

# 1. RFID-Transponder

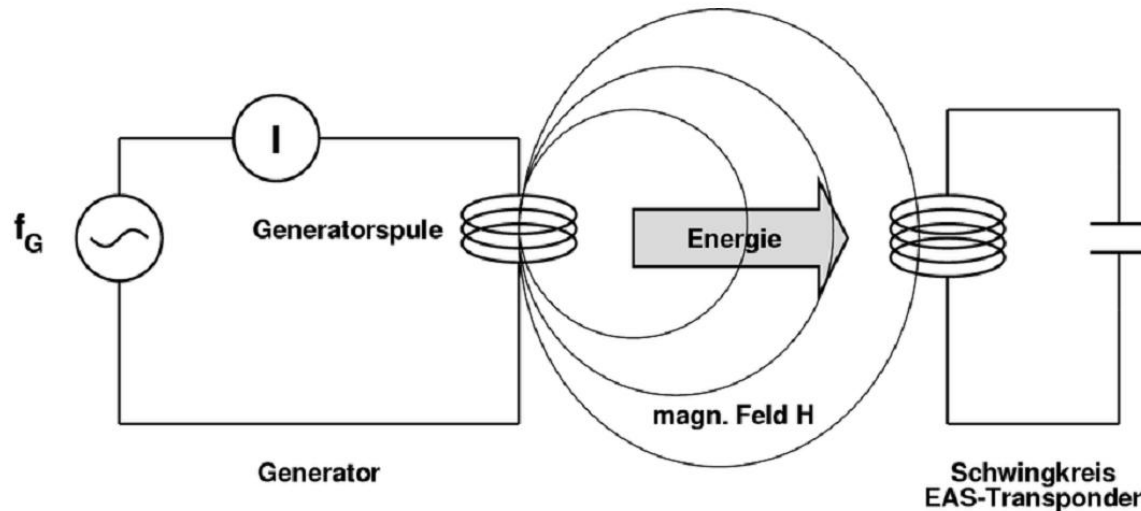
## Arten nach Funktionsweise



# 1. RFID-Transponder

## RF-Transponder

- LC – Schwingkreis
- Auf Folie geätzte Leiterbahnen (Leiterbahnen 50  $\mu\text{m}$ , Kondensator: 10  $\mu\text{m}$ )
- 8,2 MHz [fkz]
- Sicherungsetikett

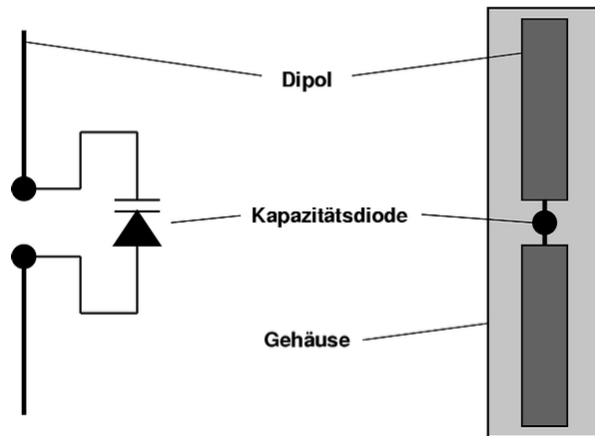


Quelle: RFID-Handbuch S.33

# 1. RFID-Transponder

## Mikrowellen-Transponder

- Nutzen von Entstehung einer Harmonischen an Bauteilen wie Diode
- 2,45 oder 5,6 Ghz [fkz]
- Sicherungsetikett



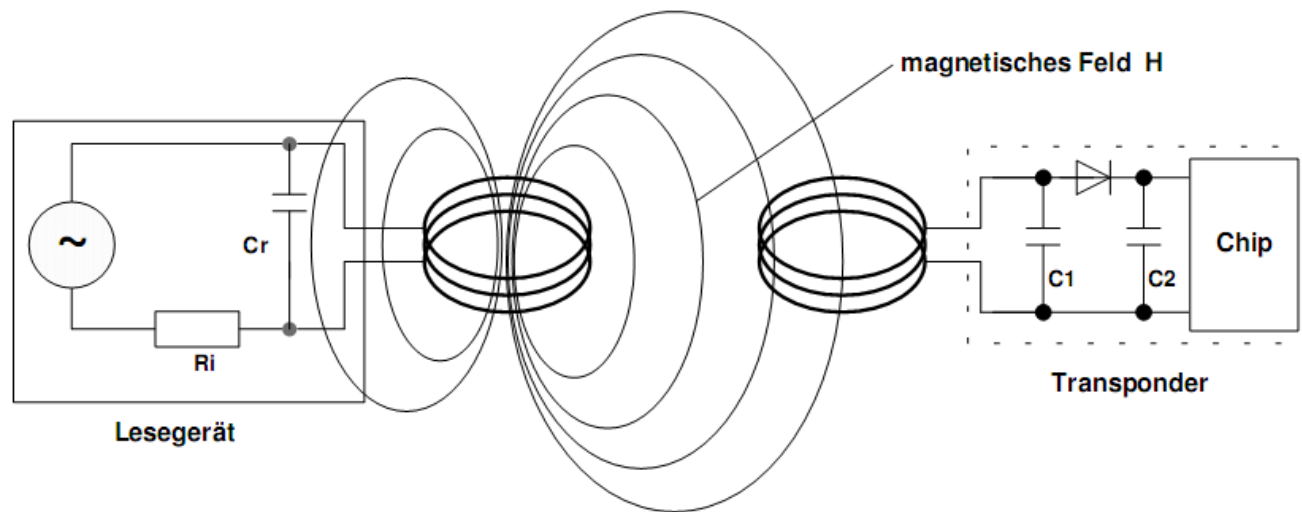
Quelle: RFID-Handbuch S.36



# 1. RFID-Transponder

## IC-RF-Transponder- induktiv gekoppelt

- Großflächige Spule oder Leitschleife und Mikrochip
- Passive Stromversorgung des Chips
- 135 KHz und 13,56 Mhz [fkz]
- Reichweite: bis 1 m

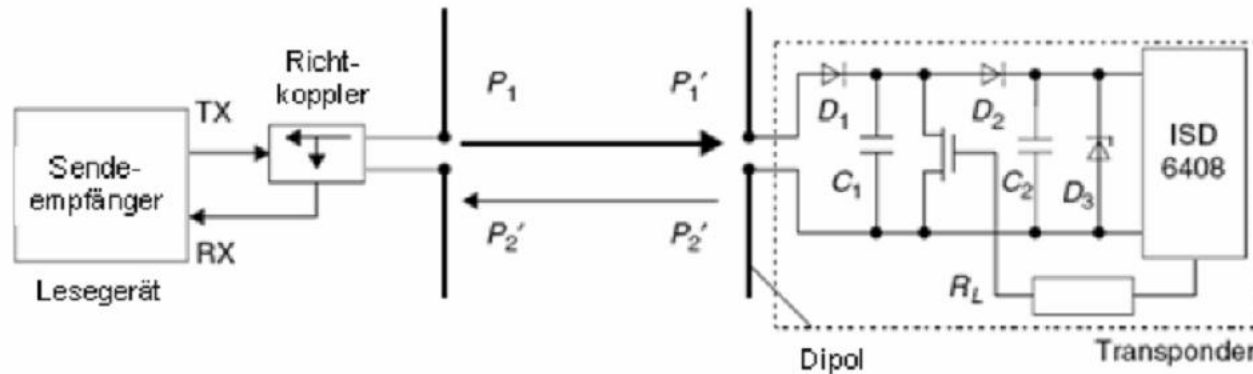


Quelle: RFID-Handbuch S.45

# 1. RFID-Transponder

## IC-RF-Transponder- Backscatter-Kopplung

- Passive Stromversorgung des Chips
- Reflektion der Welle vom Transponder
- Modulation der Information in reflektierte Welle



Quelle: RFID-Handbuch S.45

# 1. RFID-Transponder

## Übersicht der verschiedenen Bauarten

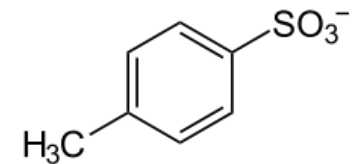
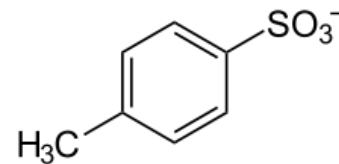
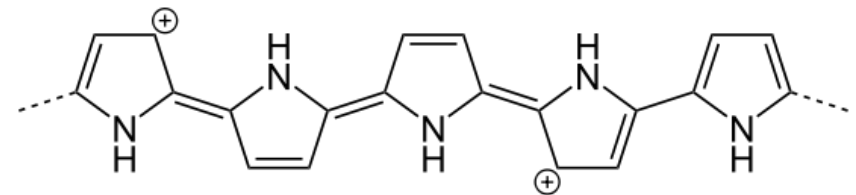
Arbeitsfrequenzen	LF (125 KHz)	HF (13,56 MHz)	UHF (856 – 960 MHz)	SHF (2,45 GHz)
Bauformen				
Funktionsprinzip	Induktive Kopplung		Backscatter Kopplung bzw. eigene elektromag. Wellen	
Energieversorgung	Passiv	Passiv und Aktiv		Aktiv
Datenspeicherung	RO und RW		RO, RW, WORM	Überwiegend RW
Datenübertragung	64 / 128 Bit/s	26 / 53 / 106 Kbit/s	64 Kbit/s	
Reichweite	Bis 20 cm	Bis 1m	Passiv: bis 10m Aktiv: bis 100m	Bis 100m

# 2. POLYMERELEKTRONIK

## 2. Polymerelektronik

### Grundlage

- Polymer
  - Chemische Verbindung aus verzweigten Molekülen
- Leitfähige Polymere
  - Nobelpreis für Heeger, MacDiarmid und Hideki Shirakawa (2000)
  - Grundgerüst bilden konjugierte Hauptketten
  - besitzen ein delokalisiertes Elektronensystem [jb]
- Grundzustand entspricht einem Halbleiter
  - erhöhte Leitfähigkeit bei höheren Temperaturen
  - Dotierung möglich

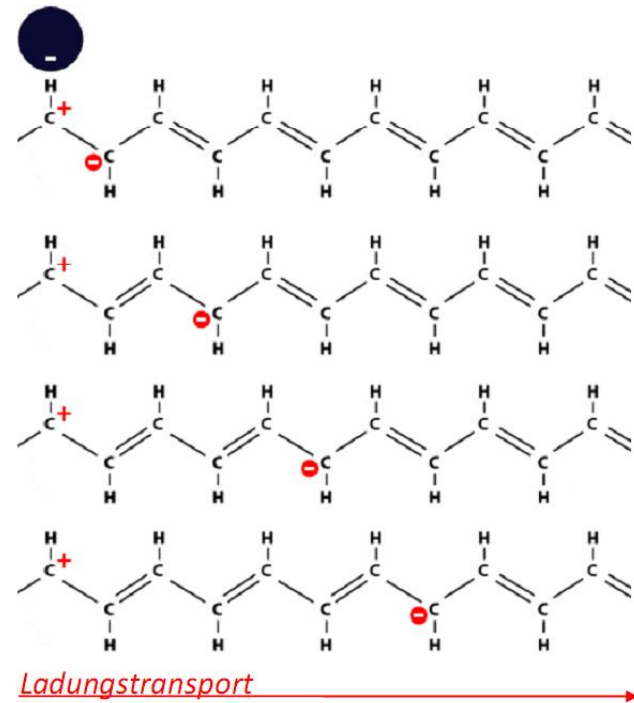


Quelle: Wikipedia - Polypyrrol

# 2. Polymerelektronik

## Grundlage

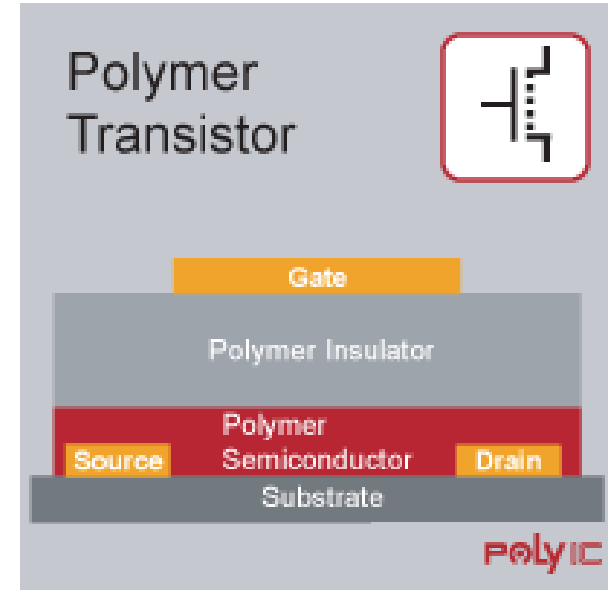
- Dotierung
  - (n-Type) Oxidation von Alkalimetallen [jb]
  - (p-Type) Reduktion von Halogenen [jb]
- Ladungstransport
  - Asymmetrisches Umklappen der Bindungen in der Hauptkette
  - Bindungen in der Hauptkette



Quelle: [jb]

## 2. Polymerelektronik Bauteile - OFET

- Substrat (z.B.: Polyimidfolie) mit 2 Kontakten Source und Drain aus leitfähigen Polymer
- Werden von einem konjugierten (halbleitenden) Polymer abgedeckt (z.B.: Polypyrrol, Polyacetylen)
- Darüber ein Polymer-Isolator
- Darüber Gate aus leitfähigen Polymer

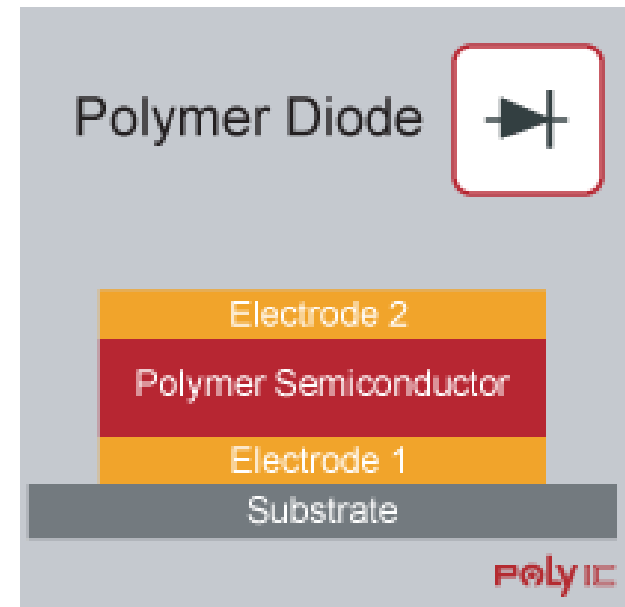


Quelle: PolyIC

## 2. Polymerelektronik

### Bauteile - Diode

- 2 Elektroden (Anode und Kathode) aus leitfähigen Polymer
- Dazwischen organischer Halbleiter (konjugiertes Polymer)
- Beispiel: Schottky-Diode (Gleichrichter)



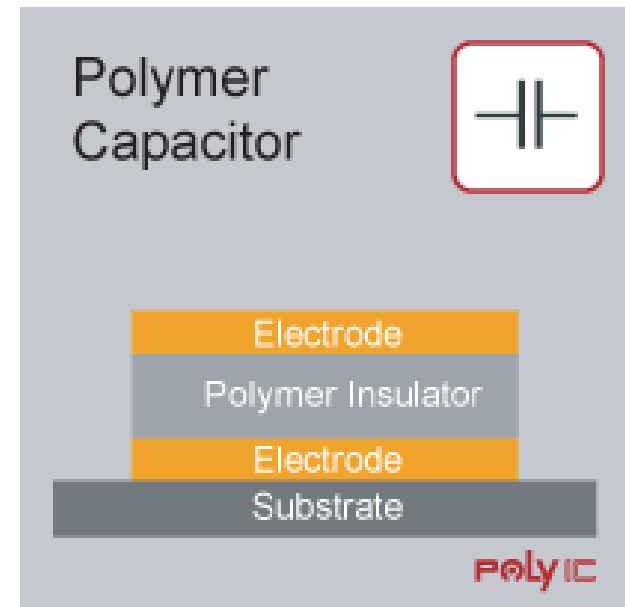
Quelle: PolyIC



## 2. Polymerelektronik

### Bauteile - Kondensator

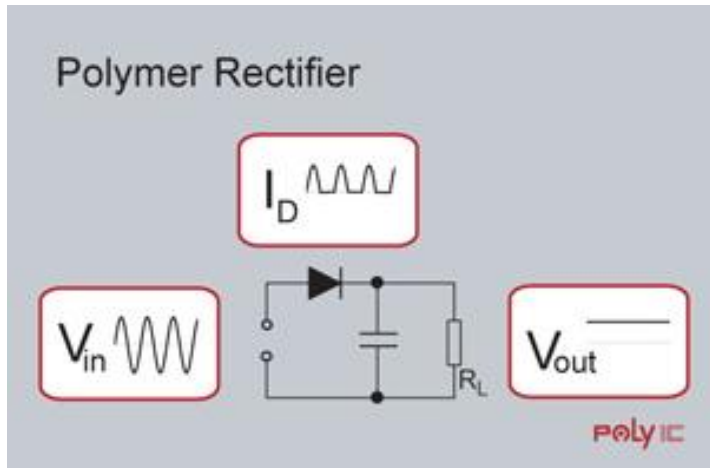
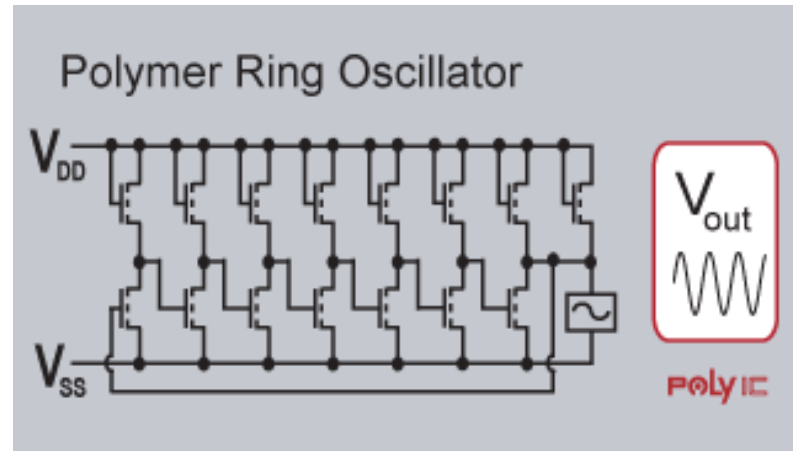
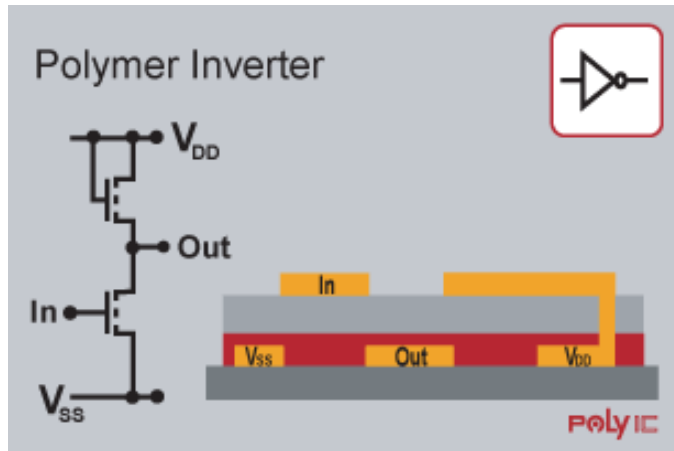
- 2 Elektroden aus leitfähigen Polymer
- Dazwischen Dielektrikum (Isolator)



Quelle: PolyIC

## 2. Polymerelektronik

### Weitere Bauteile



Quelle: PolyIC

# 4. Polymerelektronik

## Vergleich mit Siliziumtechnologie

	<b>Polymer- elektronik</b>	<b>Silizium- elektronik</b>
<b>Schaltzeiten</b>	Sehr Langsam (Hz – KHz)	Sehr Schnell (GHz)
<b>Komplexität</b>	gering	Sehr hoch
<b>Herstellung</b>	„einfach“	Schwierig und Aufwändig
<b>Haltbarkeit</b>	Degeneration in Sauerstoff und Wasser	Lange Haltbarkeit
<b>Flexibilität</b>	Biegsames Substrat, flexible Folien	Starres Substrat
<b>Herstellungs- fläche</b>	Rolle (keine Grenzen)	30 cm Durchmesser
<b>Preis</b>	< 2 Cent	> 20 Cent
<b>Umwelt</b>	Biologisch Abbaubar, keine Giftstoffe	Recycling, wenig Giftstoffe

# 3. GEDRUCKTE ELEKTRONIK

# 3. Gedruckte Elektronik

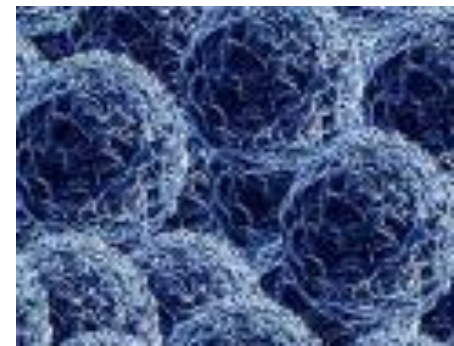
## Herausforderungen

- Flüssige leitende und halbleitende Materialien werden als Tinte benötigt
- Höhere Auflösungen als bei „normalen“ Druckern notwendig
  - Integrationsdichte
  - Funktionalität von Bauelementen
- Mehrere Schichten drucken
- Kompatibilität und Passgenauigkeit der übereinander gedruckten Schichten
- Da organische Elektronik andere Eigenschaften hat muss das Design der IC´s angepasst werden

# 3. Gedruckte Elektronik

## Materialien

- Organisch Elektronische Funktionsmaterialien (flüssig / pastös)
  - Konjugierte Polymere
  - Polyimid als Substrat
  - Isolator Polymere
- Anorganische Substrate
  - Silizium, Germanium
- Dispersion anorganische Materialien (wenn in flüssiger Form vorhanden)
  - Metallische Mikro- und Nanopartikel
  - Nanotinte (aus Silber- oder Goldpartikeln)



Quelle: Nanotint - RFID-Basis

# 3. Gedruckte Elektronik

## Druckverfahren

- Kombination bekannter Druckverfahren wie (nach PolyIC):
  - **Flexodruck** (Hochdruckverfahren zum Bedrucken von Kunststoffsubstraten)
  - **Offsetdruck** (Flachdruck mit hoher Auflösung)
  - **Gravurdruck** (Tiefdruckverfahren)
  - **Rotationssiebdruck** (ermöglicht hohe Schichtdicken)
  - Beschichtungsverfahren zum Aufbringen dünner, homogener Ebenen
- PolyIC bietet Technologie und Verfahren (PolyIC) zum kompletten Ausdrucken von RFID-Tags an [Quelle: PolyIC]
- Tintenstrahldruck

# 3. Gedruckte Elektronik

## Vergleich der Druckverfahren für IC 's

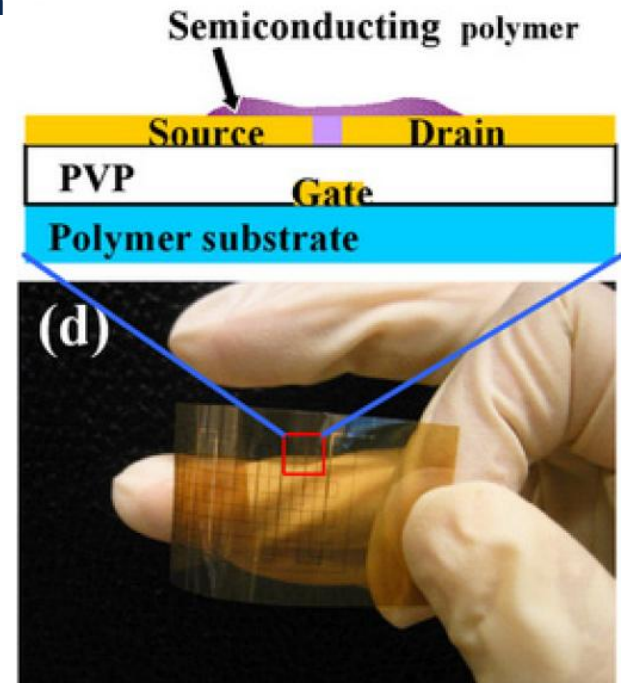
- Tief-, Offset- und Flexodruck
  - Hoher Durchsatz: 10.000 m<sup>2</sup> / h
  - Hohe Auflösung: 20 µm
  - Hohe Anschaffungskosten
  - 2007 – kompletter IC hergestellt an TU Chemnitz
- Tintenstrahl- und Siebdruck
  - Flexibel
  - Im Vgl. niedrige Anschaffungskosten
  - Niedrigerer Durchsatz: 100 m<sup>2</sup> / h
  - Niedrigere Auflösung: 50 µm
  - 2001: vollständig im Siebdruck hergestellter OFET
  - 2005: vollständig im Tintenstrahldruck hergestellter OFET



# 3. Gedruckte Elektronik

## Spezielles Verfahren – Laserdruck ([Quelle](#))

- Laserdruck mit Goldtinte
  - Nanotinte wird auf organisches Substrat (Polyimid) aufgebracht
  - Mit Argon-Ionen-Laser werden die notwendigen Stellen beschrieben
  - Gold absorbiert Laser und härtet aus
  - Weitere Schichten aus Polyimid und Goldtinte möglich



Quelle: ETH - Life

# 3. Gedruckte Elektronik

## Spezielles Verfahren - Nanoprägelithografie

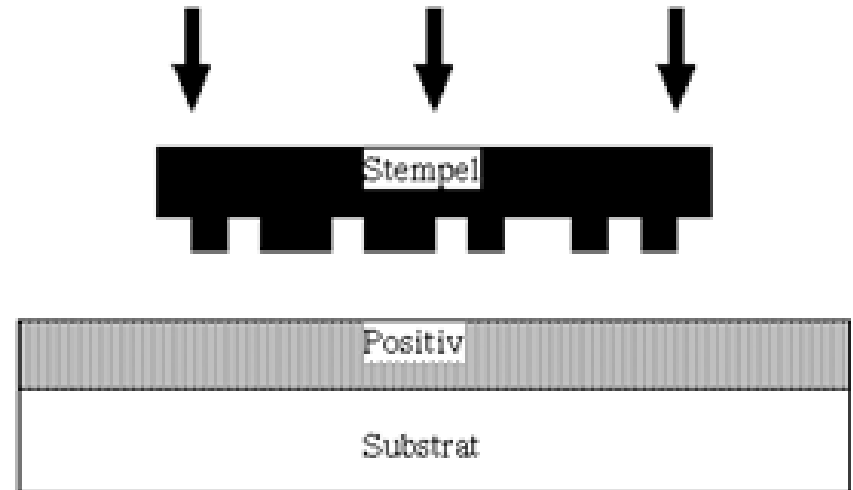
- NIL
- 1995 - Stephen Y. Chou
- Schon 1995 wurden Strukturen von 25 nm realisiert
- Bis 2014 sollen 20nm möglich sein [Quelle: ITRS-HOME]
- In konventioneller Halbleitertechnik bisher 32nm möglich

# 3. Gedruckte Elektronik

## Spezielles Verfahren - Nanoprägelithografie

### Schritt 1 – Vorbereitung:

- Materialien
  - Substrat
  - Positiv ((leitendes bzw. halbleitendes Polymer oder Monomer)
  - Stempel (durch Ätzen oder NanoImprint selbst erzeugt)
- Positiv auf Substrat auftragen



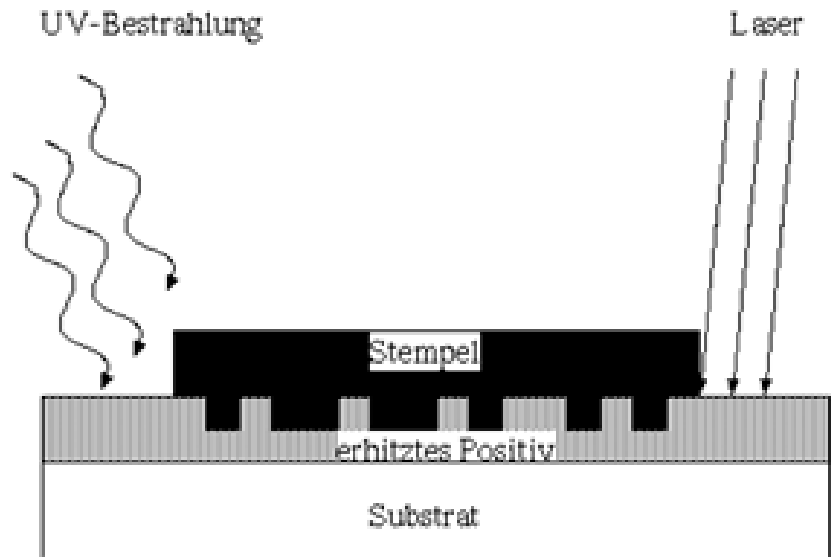
Quelle: Wikipedia - Nanoprägelithografie

# 3. Gedruckte Elektronik

## Spezielles Verfahren - Nanoprägelithografie

### Schritt 2 – Erhitzen und Eindrücken:

- Positiv mittels UV-Strahlung oder Laser erhitzen bis es flüssig wird
- Stempel eindrücken
- Durch Abhässion bleibt Positiv in Zwischenräumen des Stempels



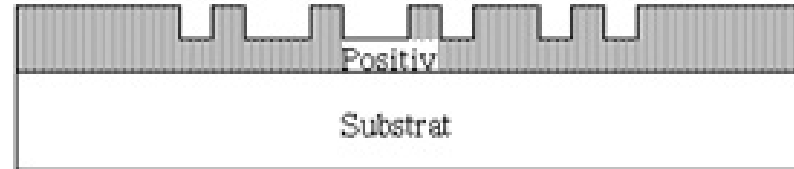
Quelle: Wikipedia - Nanoprägelithografie

# 3. Gedruckte Elektronik

## Spezielles Verfahren - Nanoprägelithografie

### Schritt 3 – Stempel entfernen und aushärten:

- Nachdem das Positiv abgekühlt ist wird Stempel entfernt
- Spezielle Legierung auf Stempel  
-> besseres Ablösen



Quelle: Wikipedia - Nanoprägelithografie

### Schritt 4 – (optional) Ätzen des Tiefenprofils in Substrat:



Quelle: Wikipedia - Nanoprägelithografie

# 3. Gedruckte Elektronik

## Spezielles Verfahren - Nanoprägelithografie

### Hersteller und Produkte:



- Imprio 300:
- 32 nm Auflösung
  - 10 nm Schichtdicke
  - 3 Wafer pro Stunde



NX-3000



- EVG®620
- 50 nm Auflösung

# 4. AUSBLICK

# 4. Ausblick

- RFID-Tags auf allen Konsumgütern, Chips von der Rolle, Billigelektronik, Wegwerfelektronik, OLED-Tapete, Sensorik
- Technology Review wertet NanoImprint als „eine der zehn aufkommenden Technologien, die die Welt verändern werden“ [Quelle: Technology Review“]

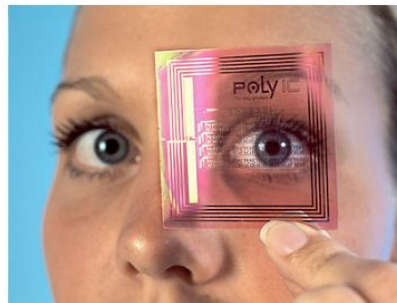


Bild: PolyIC



Bild: University of Tokyo



© Polymer Vision

Quelle: IHK- Braunschweig



# Literatur

- [fkz] – Klaus Finkenzeller – RFID Handbuch
- [jb] Julia Baum und Sebastian Standop - Organische Solarzellen
- <http://www.acht35.de/main/files/Photovoltaik.pdf>
- <http://www.polyid.de/>
- <http://www.nanonex.com/>
- [http://www.pm.tu-chemnitz.de/uploads/publ\\_pdf/274\\_2.pdf](http://www.pm.tu-chemnitz.de/uploads/publ_pdf/274_2.pdf)
- <http://www.polytronik.fhg.de/inhalt/06materialien/presentationen/huebler-drucken.pdf>

# Literatur

- [http://www.nanoproducts.de/index.php?mp=news&file=pdf\\_info&news\\_id=53](http://www.nanoproducts.de/index.php?mp=news&file=pdf_info&news_id=53)
- <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Tintenstrahldruck-inkjet-print.html>
- [http://www.ethlife.ethz.ch/archive\\_articles/070906-nanotinte/index](http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/070906-nanotinte/index)
- <http://www.pm.tu-chemnitz.de/uploads/pressfiles/idx/196.pdf>
- [http://www.braunschweig.ihk.de/veranstaltungen/10\\_e\\_becker.pdf](http://www.braunschweig.ihk.de/veranstaltungen/10_e_becker.pdf)
- <http://www.acht35.de/main/files/Photovoltaik.pdf>



**»Wissen schafft Brücken.«**