

DEJAVNIKI KAKOVOSTI V TISKU

TISKANA ELEKTRONIKA

Deja Muck

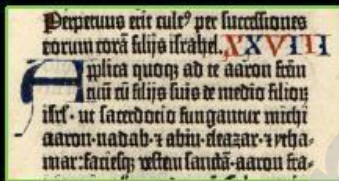
e-mail: deja.muck@ntf.uni-lj.si

govorilne ure: ponedeljek: 11. – 12.

1

Printed Electronics

print



First printed book: Gutenberg

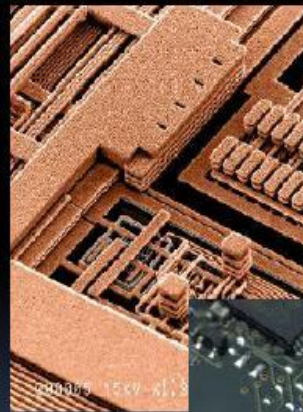
“uniting two worlds”



electronics



First integrated circuit: Kilby



2

UVOD

TISKANA ELEKTRONIKA (PRINTED ELECTRONICS)

- q novi proizvodni procesi za elektronsko industrijo – cenejša izdelava raznolikih elektronskih komponent.

ELEKTRONIKA V TISKU (ELECTRONICS IN PRINT)

- q interes s strani grafične industrije > integracijo elektronskih komponent na „grafične“ izdelke > delokrog (od priprave do tiska)
- q interdisciplinarno sodelovanje: grafikov, dizajnerjev, elektrotehnikov, fizikov ...






3

UVOD



4

UVOD

	Existing 2017	Short Term 2018-2020	Medium Term 2021-2023	Long Term 2024+	
	Rigid white OLED modules; rigid red OLEDs for automotive applications	Flexible OLEDs (color); flexible OLEDs (white)	Transparent OLEDs; flexible red OLED for automotive applications	3D OLEDs; dynamic OLED signage (segmented); long stripes; OLED in general lighting	OLED Lighting
OPV	Portable OPV chargers; personal electronics power supply	Large area OPV foil; OPV objects; opaque OPV for building integration	OPV integrated in building products	OPV in packaging; energy harvesting combined with storage	
	Curved OLED displays, EPD shelf-edge labels, EPD secondary displays on phones; displays for wearables	EPD wrist band; transparent displays; conformable OLED; enhanced display integration in wearables	Curved displays for automotive interior; integration into clothing; white goods displays	Wallpaper displays; displays in everyday objects; foldable displays	Flexible & OLED Displays
Electronics & Components	Printed devices: memory, RFID antenna, primary battery, active backplane; sensors: glucose, touch, temperature, humidity	Printed mobile communication devices based on antennas, light sensor; stretchable conductors / resistors; 3D touch sensors	Printed lithium ion battery; printed super caps; active touch & gesture sensors	Printed complex logic; 3D & large area flexible electronics	
	Glucose in-body sensing; pressure sensor arrays; NFC labels; hybrid RFID; HMIs (sensors)	Smart labels (discrete); HMI (embedded electronics & displays)	Human monitoring patches (single parameter, point of care, on-skin); disposable & quantitative sensors for food safety; biomedical sensors	Fully printed RFID / NFC label; ambient intelligence (connected); sensors for security (explosives)	Integrated Smart Systems

5

UVOD

Industrijski tisk

Zajema širok spekter tiskanih elementov, ki so sestavni del drugih izdelkov.

Funkcionalni tisk

Vključevanje tiskanih „materialov“, ki povzročijo funkcionalnost, kot npr. termokromno reakcijo, kontrolo prevodnosti. Izdelek ima specifično obliko in funkcijo.

Tiskana elektronika

Nanašanje prevodnih ali optičnih TB na TM, da se izdelajo pasivne ali aktivne komponente (naprave), kot so pametne etikete, senzorji ... uporaba tehnologij tiska.

6

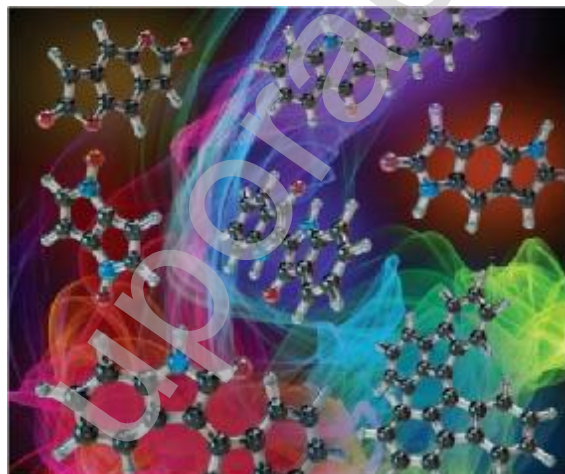
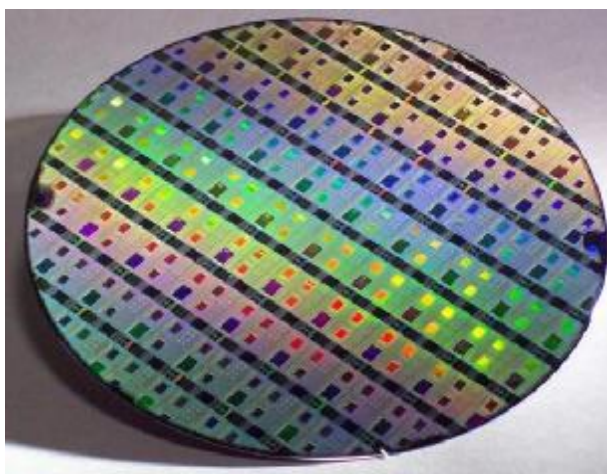
UVOD

Organska elektronika

q izvor imena "organska" elektronika

q področje elektronike > prevodni polimeri, (organski kompleksi, ki omogočajo prenos naboja)

q konvencionalna elektronika > anorganski prevodniki > Cu in Si



7

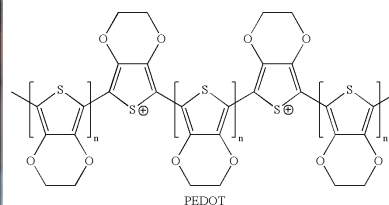
UVOD

MacDiarmid, Sigava in Heeger (1976) > prvi prevodni polimer danes > PA, PANI, PPV, PEDOT.
organska tiskana elektronika

Razvoj polimerov > vključevanje (Ag, Au, Ni, Cu, Pt in C) > kompozitni polimeri > tiskana elektronika

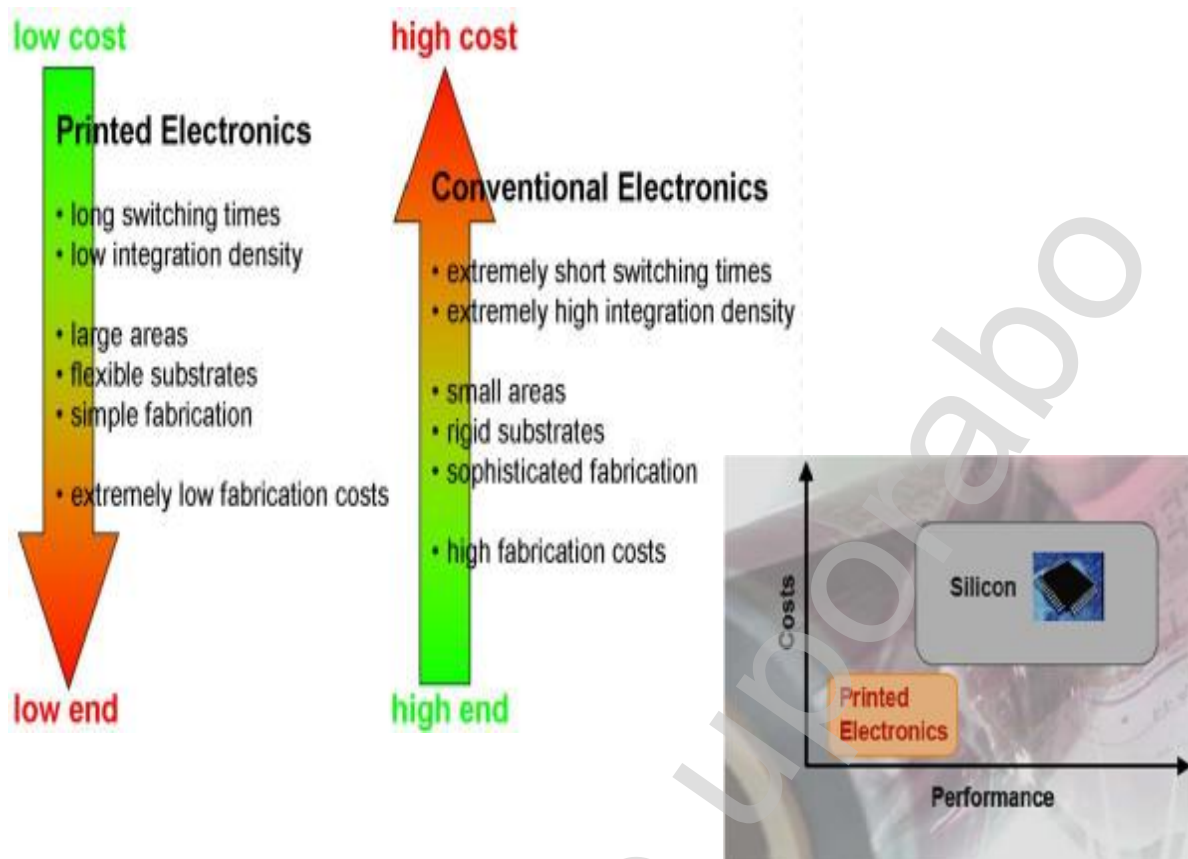


Left to right: Alan Heeger, Alan MacDiarmid, and Hideki Shirakawa. Courtesy Alan J. Heeger.



8

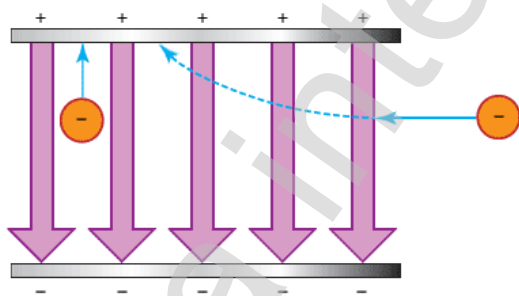
UVOD



9

OSNOVE: VOLT & AMPER

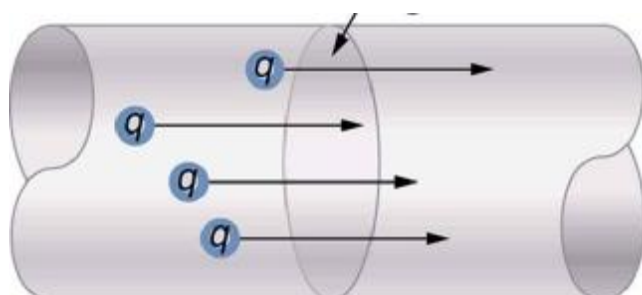
Električna napetost nam pove, koliko dela je potrebno opraviti za premik neke elektrine po neki poti v električnem polju.



© 2007 Encyclopedia Britannica, Inc.

Enota za napetost je Volt [V]

Električni tok je definiran kot količina naboja, ki v danem časovnem intervalu preteče skozi dani presek.



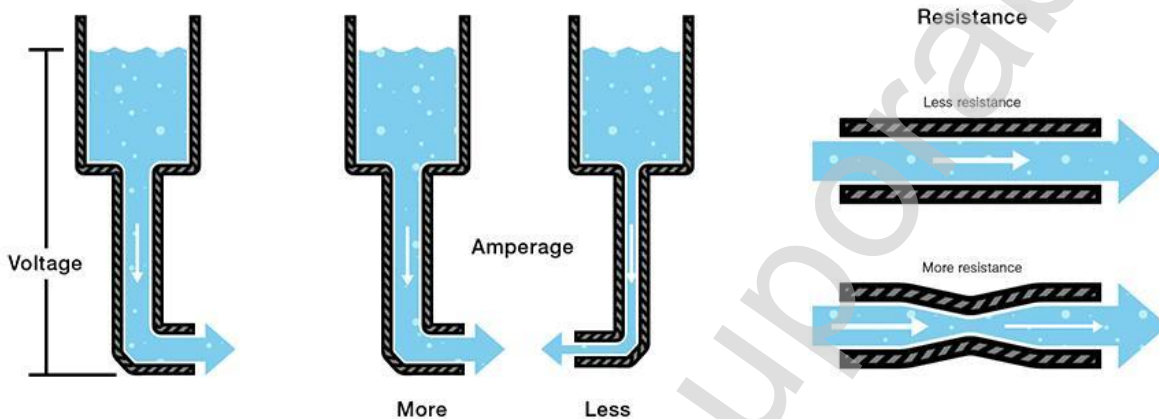
Enota za tok je Amper [A]

10

OSNOVE: VOLT / AMPER = OHM

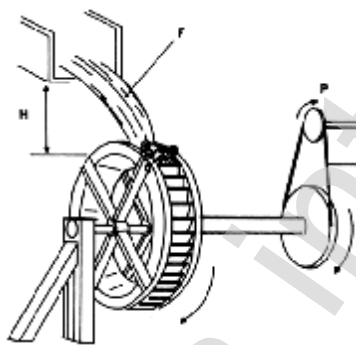
Razmerje med napetostjo in tokom določa električna upornost.

$$R = U / I [\Omega]$$



11

OSNOVE: VOLT * AMPER = WATT



$$P = U * I [W]$$

Električni tok s pretakanjem skozi snov proizvaja **toplotni učinek** oz. segreva tvarino, skozi katero se pretaka. Prav tako lahko ustvarja tudi **magnetni, kemični ali mehanski učinek** – ta učinek bo toliko močnejši, kolikor je večji zmnožek jakosti toka in napetosti, ki je ta tok pognal skozi tokokrog. Ta zmnožek se zato imenuje moč. Veličino moči označujemo s P, enote moči pa se izražajo v **vatih (krajšava W)**.

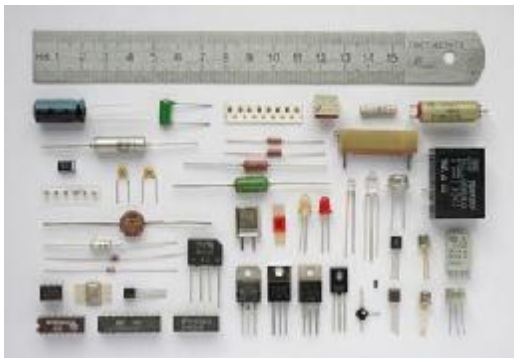
MOČ 1 W proizvaja tok moči 1 A tedaj, ko je ustvarjena s pomočjo napetosti 1 V – oz. porabnik, ki je skozenj pod napetostjo 1 V pretekkel tok jakosti 1 A, troši 1 W moči.

12

OSNOVE: ELEMENTI V ELEKTRONIKI

Analogni:

- upor
- kondenzator
- tuljava
- dioda
- tranzistor
- ...



Digitalni:

- logična vezja
- mikroprocesorji
- (mikro)računalniki
- ...

0 in 1

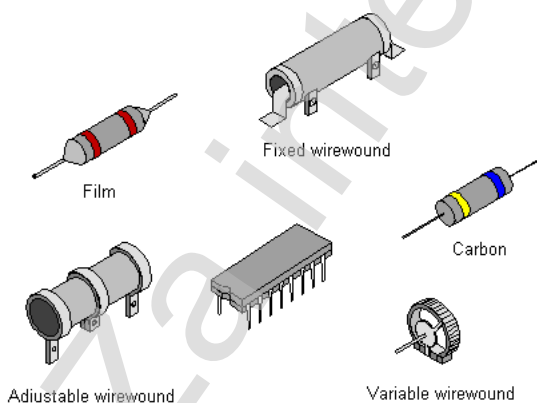
(RFID, Internet, „pamet“)



13

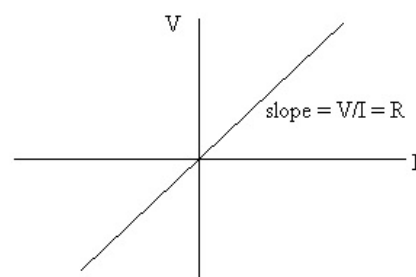
OSNOVE: UPOR

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.



U/I karakteristika je linearna

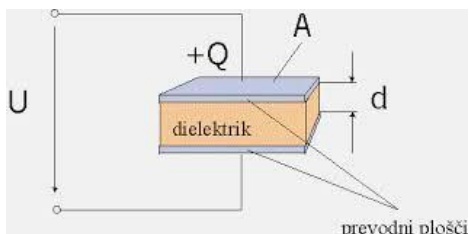
Mehanska analogija: Trenje, zračni upor...



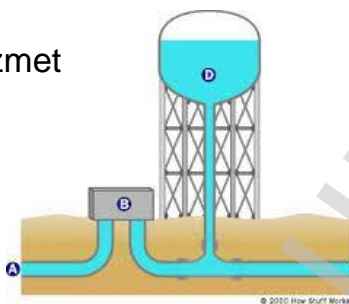
14

OSNOVE: KONDENZATOR

Kondenzator je elektrotehniški element, ki lahko shranjuje energijo v obliki električnega polja. Količino shranjene energije imenujemo **kapacitivnost**, kjer so enote Faradi.

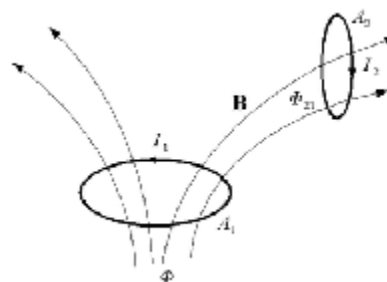


Mehanska analogija: vzmet



OSNOVE: TULJAVA (INDUKTIVNOST)

Dušilka, navitje ali tuljava je elektronski element z dvema priključkoma, katerega glavna značilnost je induktivnost.



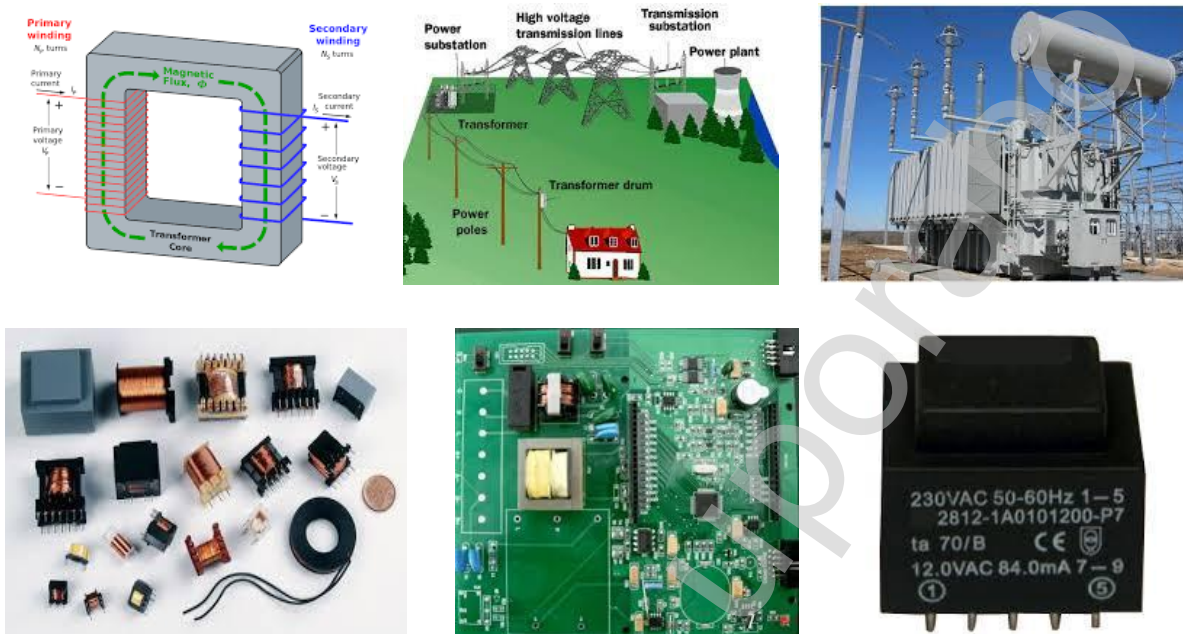
Induktivnost

Mehanska analogija: masa



OSNOVE: TRANSFORMATOR

Transformator je statična električna naprava, ki **preoblikuje (transformira) električno energijo** ene **izmenične napetosti** in enega izmeničnega toka v električno energijo druge izmenične napetosti in drugega izmeničnega toka iste frekvence. Je najenostavnejši električni stroj.



17

OSNOVE: POLPREVODNIKI

Polprevodnik je monokristalna snov, ki ima **brez dovedene energije lastnosti električnega izolatorja**, pri **dovolj veliki dovedeni energiji pa ima lastnosti slabega električnega prevodnika**. Od tod tudi njegovo ime. Uporabljajo se za izdelavo nelinearnih elektronskih elementov (dioda, tranzistor, čip ...). Sodobne elektronike si ne moremo zamišljati brez polprevodnikov. Najbolj znan polprevodnik v elektroniki je silicij, uporablja pa se tudi germanij.



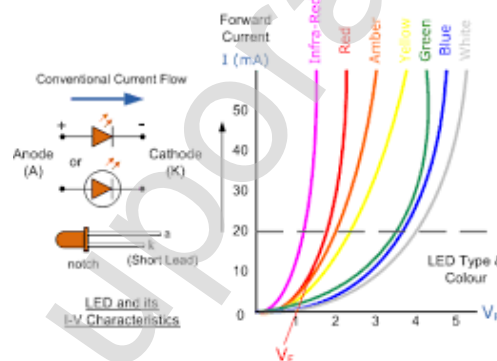
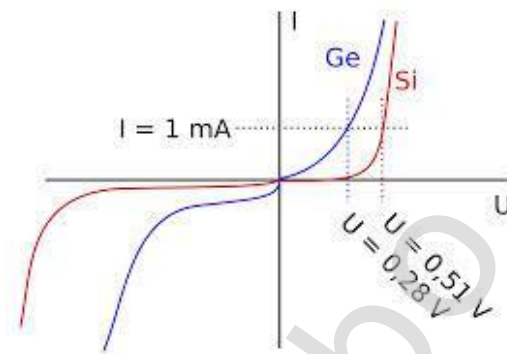
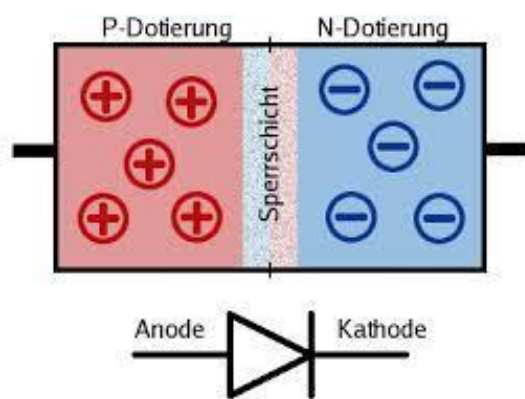
One shouldn't work on semiconductors, that is a filthy mess; who knows whether any semiconductors exist.

— Wolfgang Pauli —

AZ QUOTES

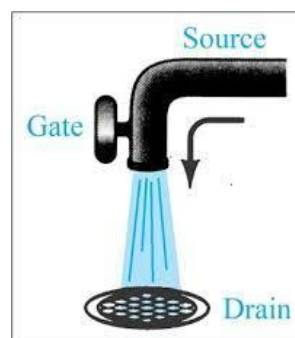
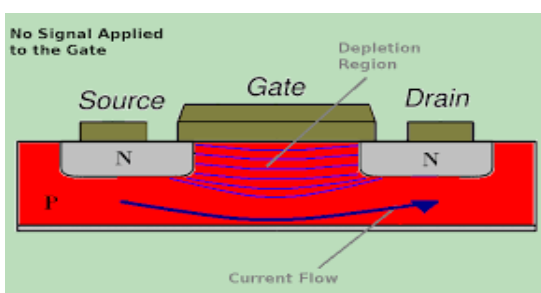
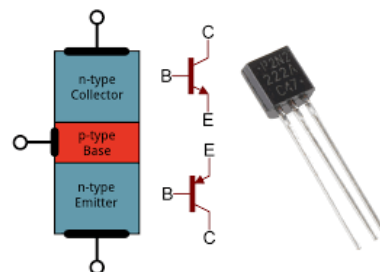
18

OSNOVE: DIODA



OSNOVE: TRANZISTOR

Tranzistor je polprevodniški elektronski element s tremi priključki, ki ga uporabljamo za ojačevanje, preklapljanje, uravnavanje napetosti, modulacijo signalov in v številne druge namene. Je eden ključnih gradnikov sodobne elektronike in uporabljen v praktično vsaki elektronski napravi.



OSNOVE: ELEKTRIČNO VEZJE

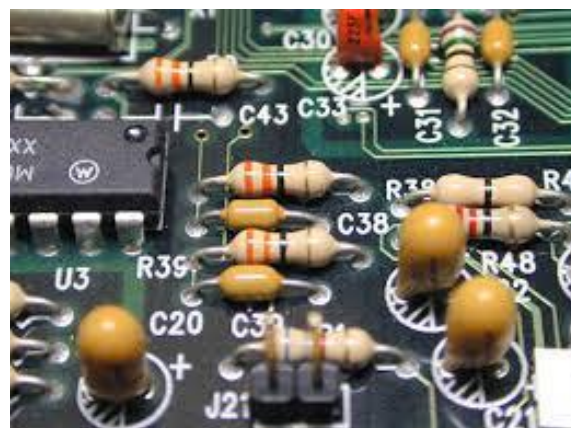
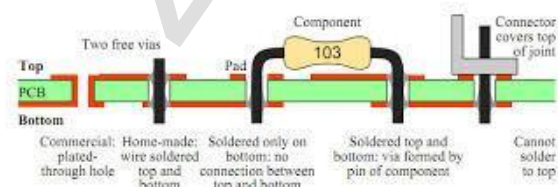
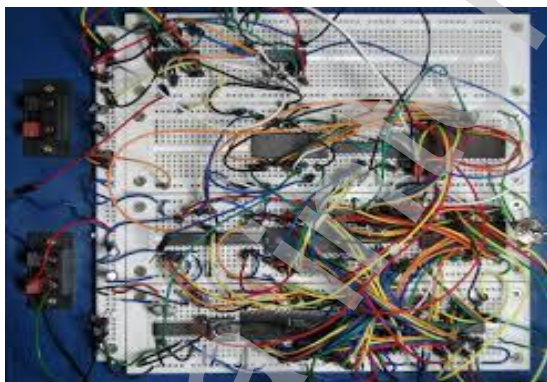
Električno vezje je sestavljeno iz najmanj enega vira električne energije, enega porabnika in vodnikov, ki povezujejo porabnik in vir.

Sestavin v električnem krogu je lahko več oblik, ki lahko vključujejo elemente, kot so upori, kondenzatorji, stikala, transformatorji in elektronike. Elektronska vezja vsebujejo aktivne sestavine, običajno polprevodnike in po navadi kažejo nelinearno obnašanje, ki zahteva kompleksne analize. Najenostavnejši električni sestavni deli so tisti, ki se označijo kot pasivni in linearni.



21

OSNOVE: IZDELAVA VEZJA



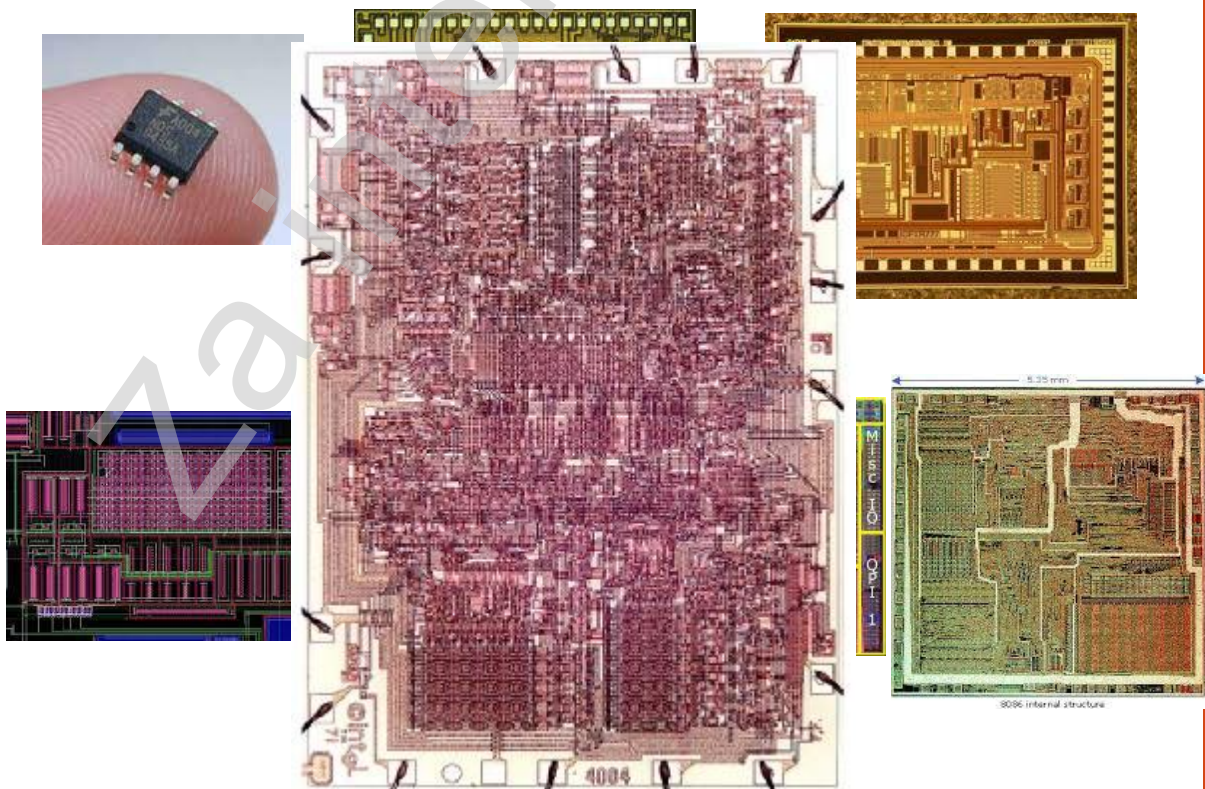
22

OSNOVE: IZDELAVA PCB-JEV



23

OSNOVE: INTEGRIRANA VEZJA (ČIPI)



24

TISKANA ELEKTRONIKA

Problemi

- q nizka mobilnost nosilca naboja organskih polprevodnikov (glede na kristalinični Si)

Raziskave > povečanja prevodnosti

- q novi materiali (modificirane majhne molekule in polimeri)
- q anorganski, nanomateriali, ogljikove nanocevke ...

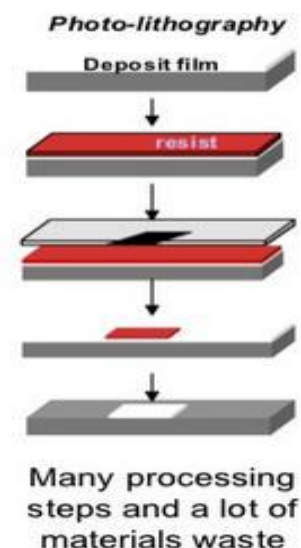
Razlika med sloji (viskoznost, prevodnost, interakcija s substratom, s predhodno plastjo...)

25

TISKANA ELEKTRONIKA

Tehnologije izdelave elektronike

1. nanašanje na Si rezine (Waferlevel technology)
 - q procesiranje v velikih količinah, nanašanje na vrteče podlage (batch processing).
 - q visoka resolucija > vakuumsko nanašanje in/ali z vrtečimi podlogami > optična litografija (jedkanje).



26

TISKANA ELEKTRONIKA

2. Hibridne tehnologije

q optična litografija, sitotisk ali tehnologija tiskanih vezij PCB (printed circuit board), ki uporabljajo fleksibilne, prožne materiale. Nanašanje na vrteče podloge, s strgalom ali nanašanje na večje površine z vakuumom.

q kapljični tisk in lasersko zapisovanje

Stroški proizvodnje so nižji.

27

TISKANA ELEKTRONIKA

3. Tisk elektronike v enem prehodu – Fully printed electronics

q nizkocenovni materiali, fleksibilni (papir, karton, folija...)

q funkcionalne TB

q konvencionalni (digitalni) tisk (visoke hitrosti)

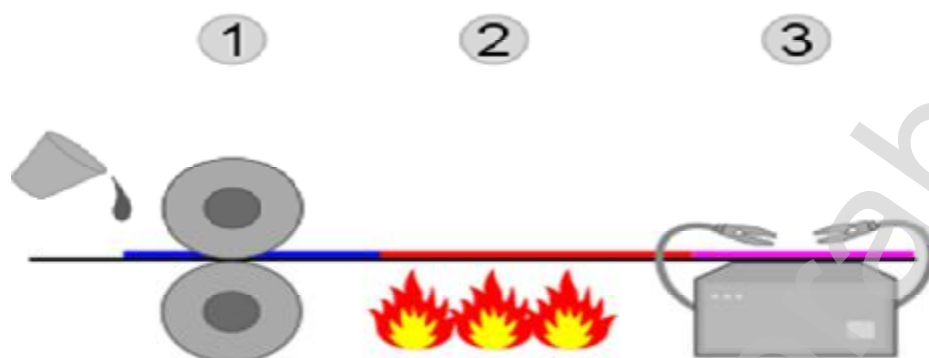
q okolju prijaznejša proizvodnja



28

TISKANA ELEKTRONIKA

Proizvodnja tiskane elektronike



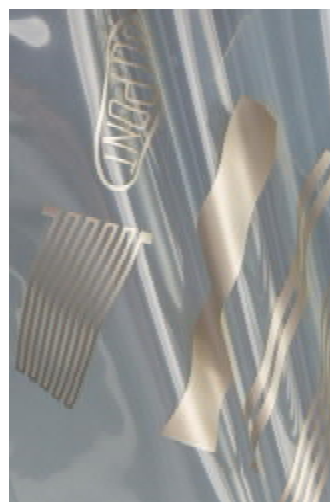
- 1 Tisk
- 2 Aktivacija / sušenje
- 3 Postavljanje čipov (pick'n'place)

29

SITOTISK

Tiskovna geometrija ravno-ravno ali pa rotacijski sito tisk.

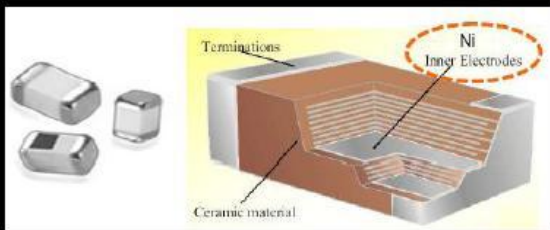
- q prednosti; robusten, enostaven, debeli nanosi ...
- q slabosti; majhna hitrost (5m/min), visoka viskoznost (>10,000 cP), natančnost (cca. 100 μ m)
- q zadnji dosežki; 30 μ m lines (10-20 μ m v razvoju), hitrost do 20 m/min (R2R)
- q...



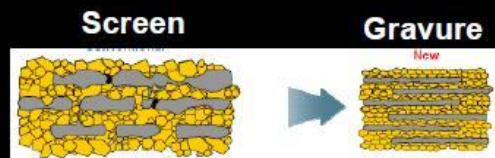
30

GLOBOKI TISK

MLCC (Multi-Layer Ceramic Capacitor)



Samsung (SEMCO)



Thinner layers (lower ink viscosity)
Higher speed (50m/min vs 5m/min)

- + hitrost, variacija debeline pike, majhen prirast, uporaba org. topil
- priprava

FLEKSOTISK

- + hitra poceni izdelava TF, hitrost,
- degradacija TF zaradi topil

KAPLJIČNI TISK

- + brezkontaktna tehnologija, za izdelavo prototipov,
- problemi mašenja šob (jedkost), hitrost

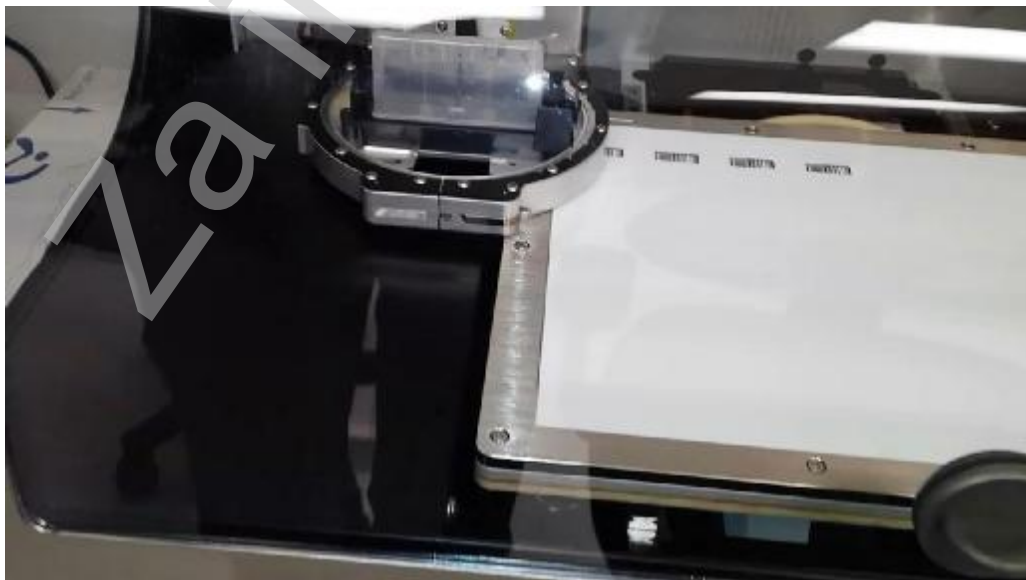
31

KAPLJIČNI TISK



- q tiskalne glave: PixDro, Xaar, Trident, Dimatix ...
- q tiskarski sistemi: Xennia, Microdrop, UniJet ...

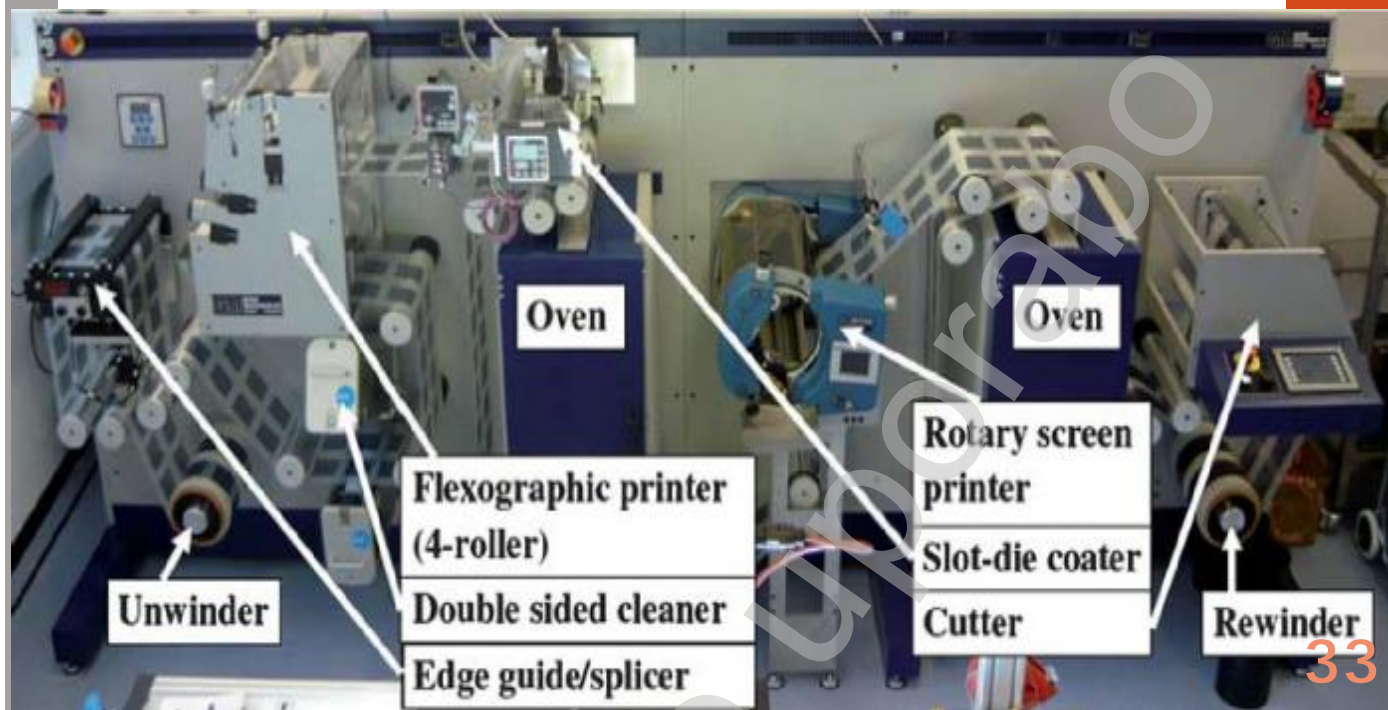
Dimatix Materials Printer DMP-2831



32

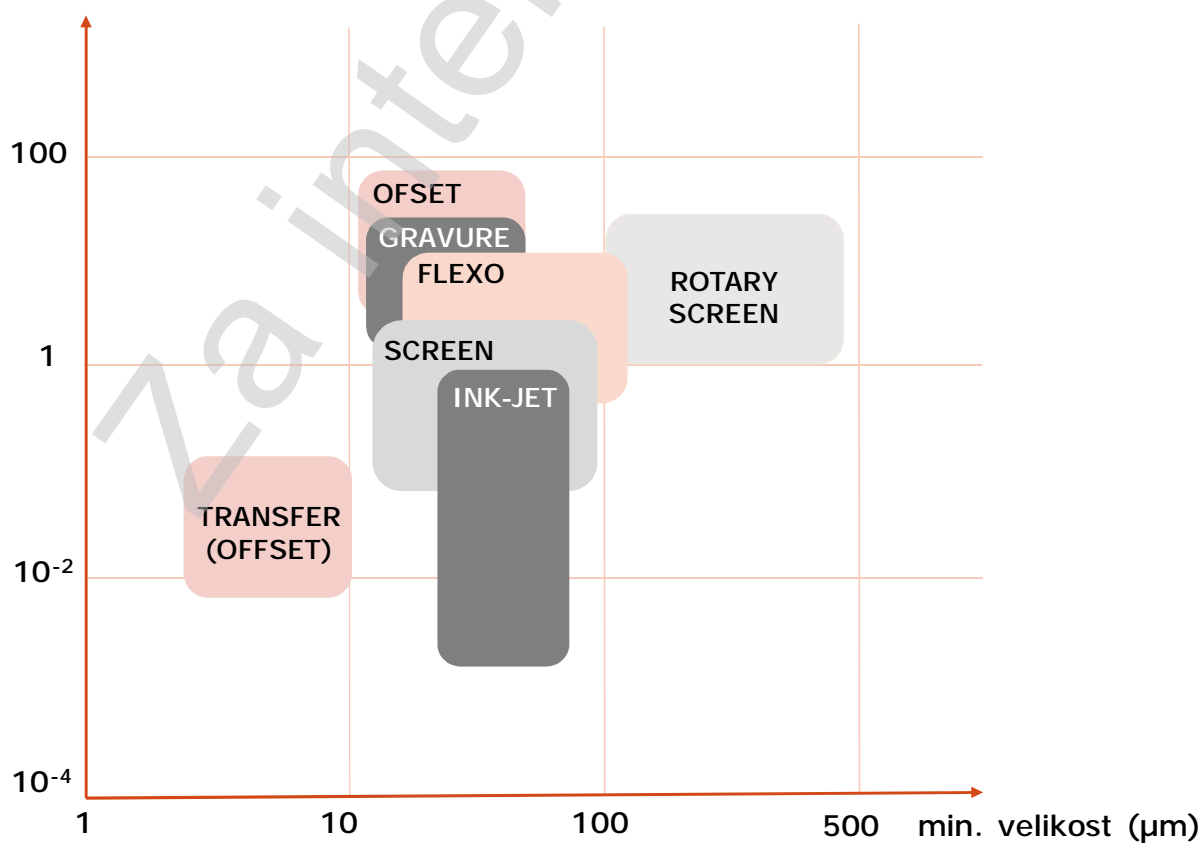
HIBRIDNI TISKARSKI STROJI

Tisk elektronike v enem prehodu – Fully printed electronics.



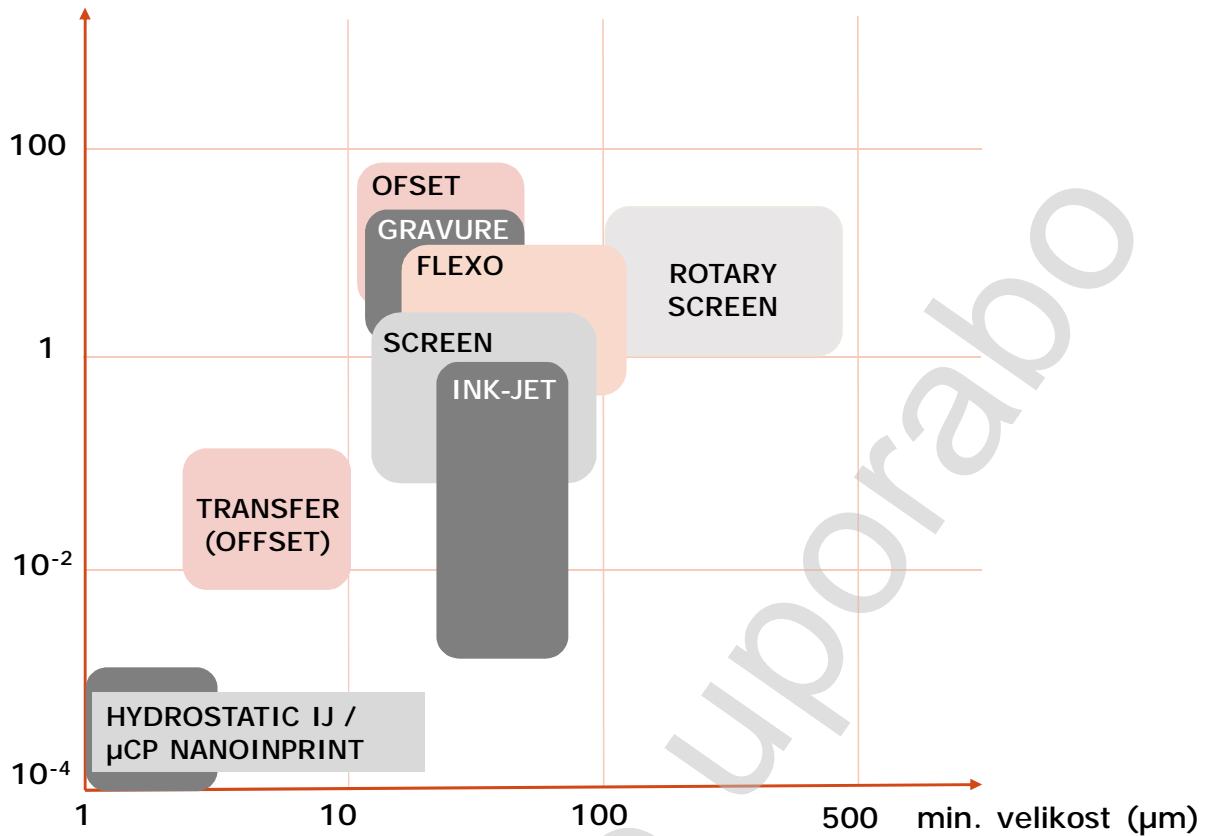
TISKANA ELEKTRONIKA

hitrost (m^2/s)

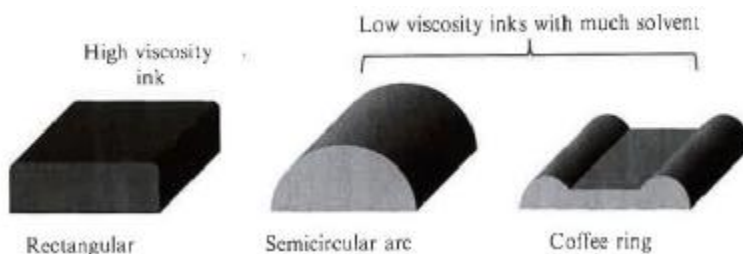


TISKANA ELEKTRONIKA

hitrost (m²/s)



Printing method	Ink viscosity (cP)	Line width (µm)	Line thickness (µm)	Speed (m/min)	Other feature
Inkjet	10–20 (electrostatic inkjet: Approx. 1,000)	30–50 (electrostatic inkjet: Approx. 1)	Approx. 1	Slow (rotary screen: 10 m/s)	Surface tension: 20–40 dyn/cm On demand Noncontact
Offset	100–10,000	Approx. 10	Several – 10	Middle—fast Approx. 1,000	
Gravure	100–1,000	10–50	Approx. 1	Fast Approx. 1,000	
Flexo	50–500	45–100	<1	Fast Approx. 500	
Screen	500–5,000	30–50	5–100	Middle Approx. 70	
Dispense	1,000–10 ⁶	Approx. 10	50–100	Middle	Single stroke
µCP	–	Approx. 0.1	Approx. 1	Slow	
Nanoinkprint	–	Approx. 0.01	Approx. 0.1	Slow	

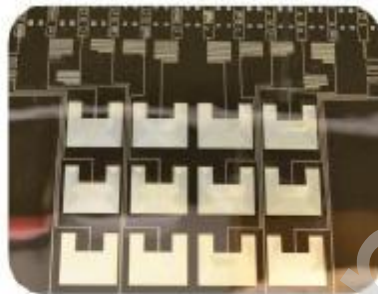


AEROSOL JET (OPTOMECC)

- q 3D tisk
- q brezkontaktni tisk na 3D-površine
- q širina linije 10 μm to 3 mm, debelina 100 nm do 5 μm
- q hitrost tiska (write speed): 100 mm/s
- q tisk večplastnih struktur
- q dodajalni proces tiska – funkcionalne „barve“; prevodne, dielektrične, polprevodne bio-črnila tiska (nanaša) na 2D ali 3D plastične, keramične in kovinske substrate.



Smart Phone Main Antenna



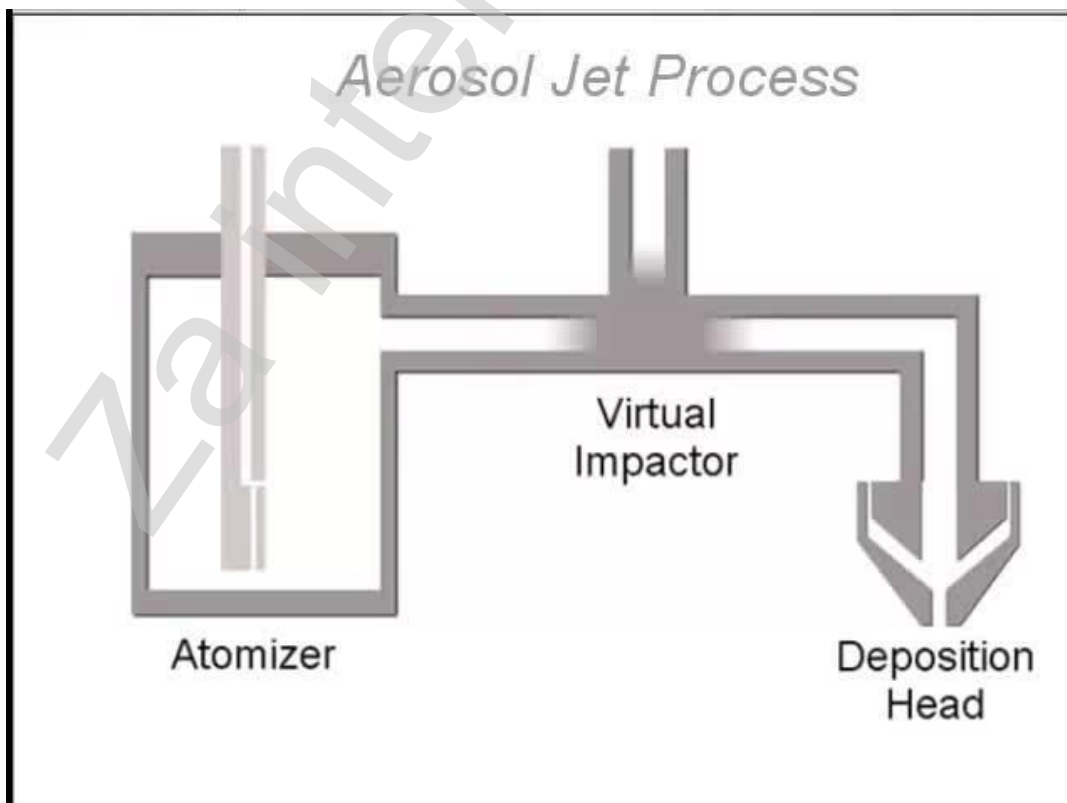
Phased Array Antenna



Strain Gauge on Aluminum Structure
Courtesy: Fraunhofer IFAM

37

AEROSOL JET (OPTOMECC)



38

TISKANA ELEKTRONIKA

Elektronski sistemi

q pasivnih elementov električnih vezij

q aktivnih elementov električnih vezij

Aktivni elementi lahko spremenijo smer električnega signala, pasivni smeri ne spreminjajo.



39

TISKANA ELEKTRONIKA

Pasivni elementi električnih vezij

q prevodne linije (vezij)

q upori

q antene

q senzorji

q segrevalni elementi

q kapacitivni elementi vezja ...

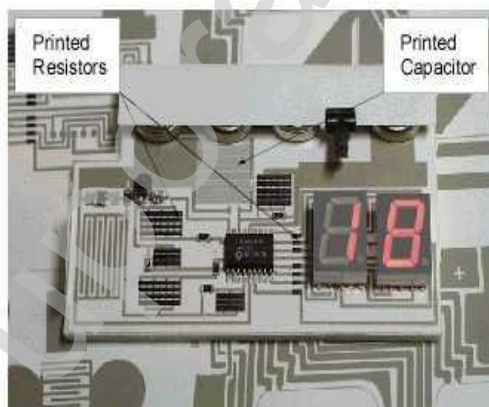
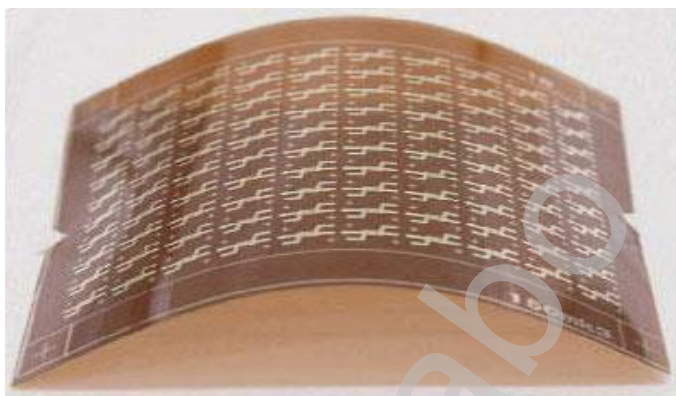


40

TISKANA ELEKTRONIKA

Aktivni elementi (naprave) električnih vezij

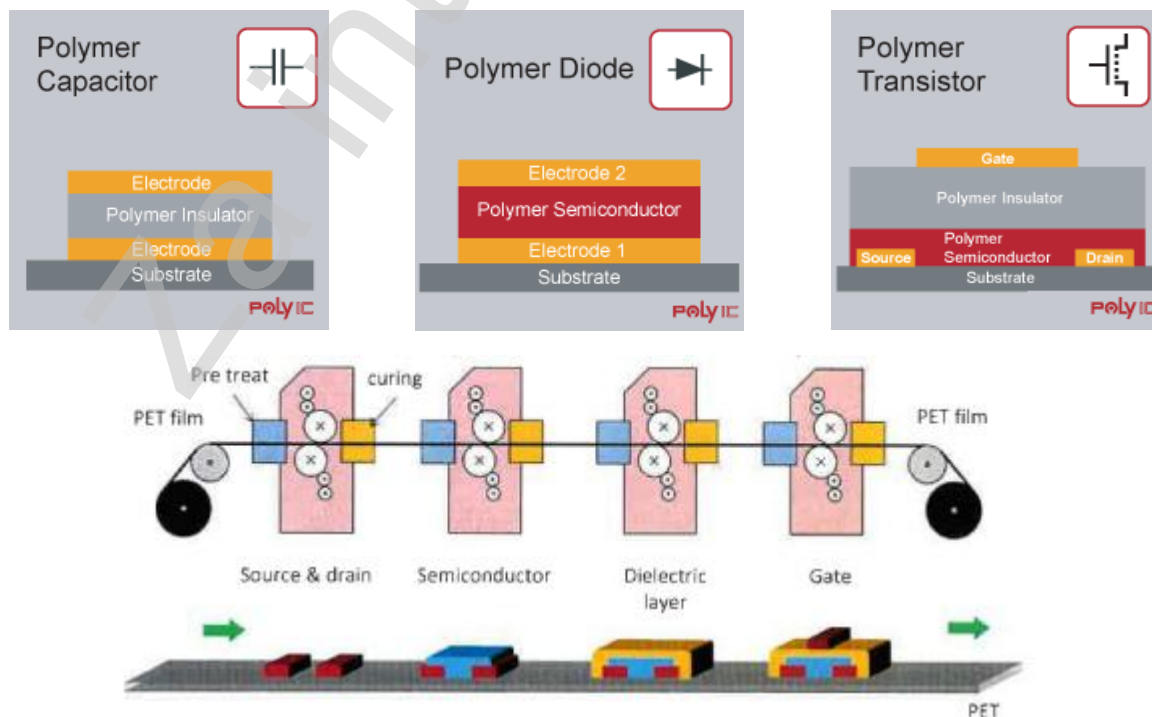
- q tranzistor
- q diode
- q inverter
- q spomin
- q fotovoltaične celice
- q



41

TISKANA ELEKTRONIKA

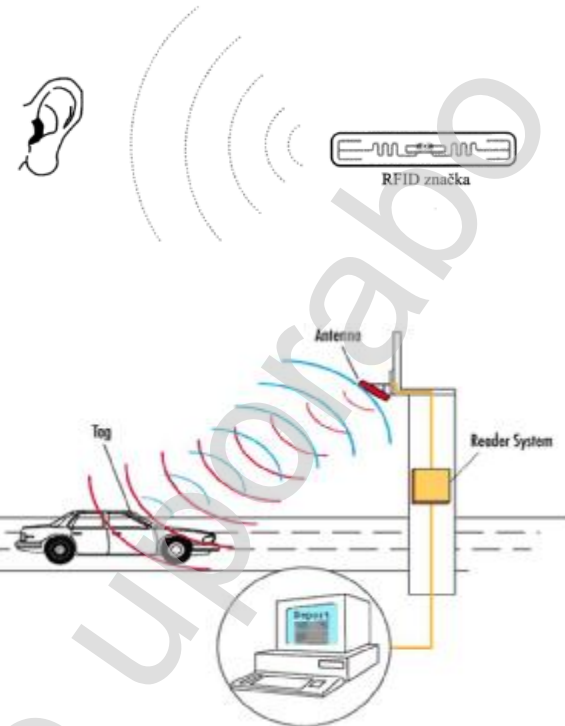
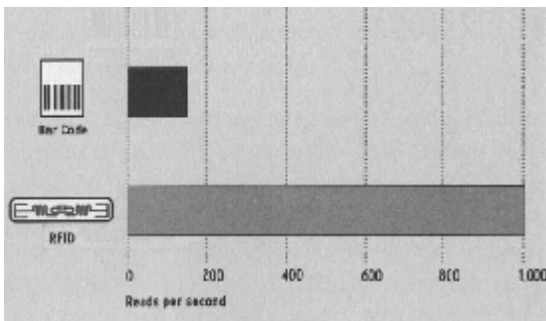
Načini tiska aktivnih in pasivnih elektronskih plastnih struktur:



42

TISKANE RFID ZNAČKE

Bar code >>>> RFID



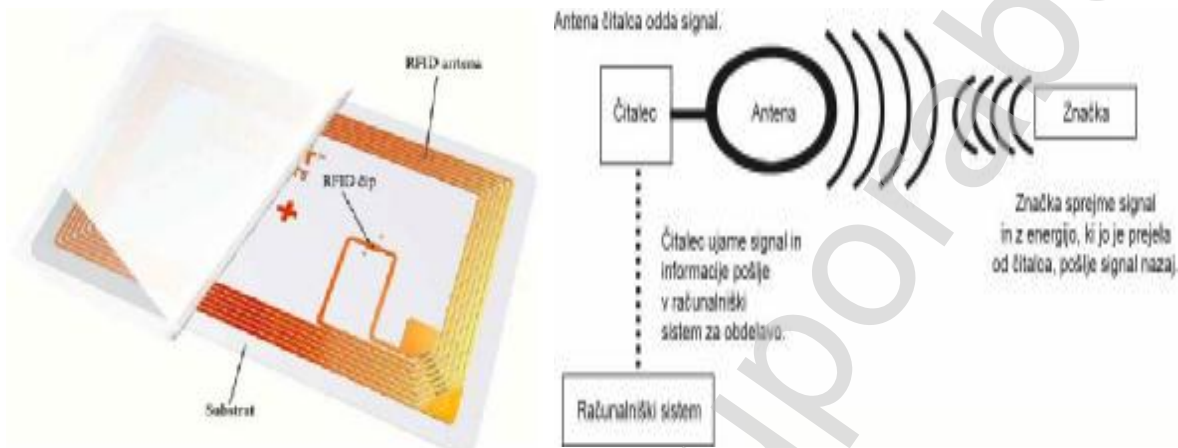
TISKANE RFID ZNAČKE

Trgovinska logistika



TISKANE RFID ZNAČKE

- q mikročip ($0,3 \text{ mm}^2$) - miniaturno integrirano vezje
- q antena (različnih dimenzij)
- q ohišje - zaščitni laminat oz. plastična folija - vgradnja mikročipa in antene



45

TISKANE RFID ZNAČKE

Antene so lahko narejene iz:

- q srebra - Ag,
- q aluminijska - Al ali
- q bakra - Cu

Občutljivost značke je odvisna od:

- q velikosti antene
- q vsebovane kovine
- q količine kovine

Geometrija antene določa frekvenco branja značke!

46

TISKANE RFID ZNAČKE

ZNAČKE SE RAZLIKUJEJO GLEDE NA

- q vir (način) napajanja
- q frekvenco delovanja
- q način komunikacije

DELITEV GLEDE NA VIR NAPAJANJA

- q pasivne
- q polpasivne
- q aktivne

DELITEV GLEDE NA FREKVenco DELOVANJA

LF – RFID (125 – 134 kHz)

- q identifikacija oseb: kartica, obesek, zapestnica
- q identifikacija živali: priponka, obesek, implant
- q identifikacija predmetov: priponka

HF – RFID (13,56 MHz)

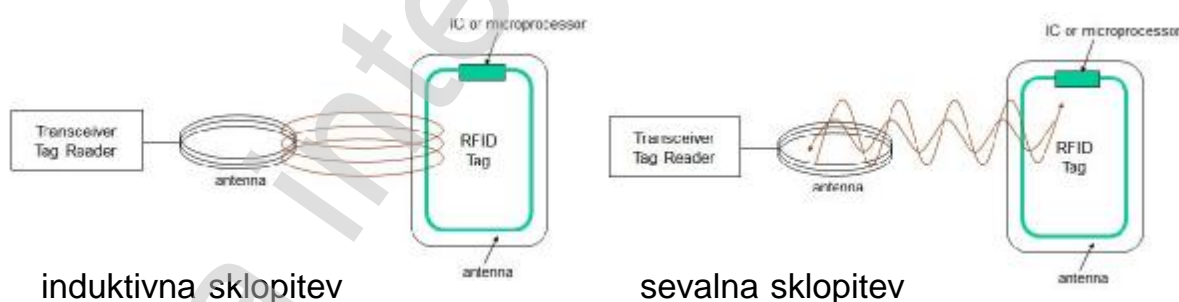
- q maloprodajni izdelki
- q sledenje dokumentov, knjižnjice

UHF – RFID (865,0 – 868,0 MHz)

- q logistika

TISKANE RFID ZNAČKE

DELITEV GLEDE NA NAČIN KOMUNIKACIJE



	Sklopitev		Razdalja branja		Oblika anten		Negativen vpliv okolice		Hitrost prenosa podatkov [kbps]		
	Induktivna	Sevalna	Majhna	Velika	Tuljava	Dipol	Tekočine	Kovina	~1	10~100	100~500
LF	•		•		•				•		
HF	•		•		•			•		•	
UHF		•		•		•	•	•			•

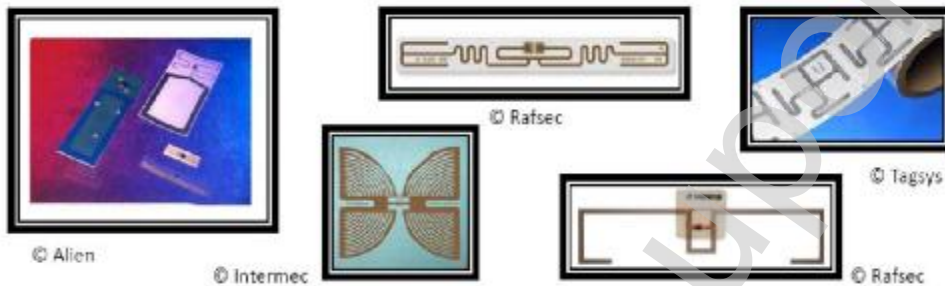
TISKANE RFID ZNAČKE



LF



HF

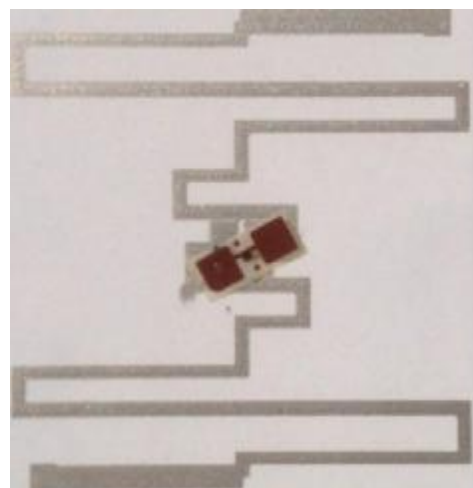
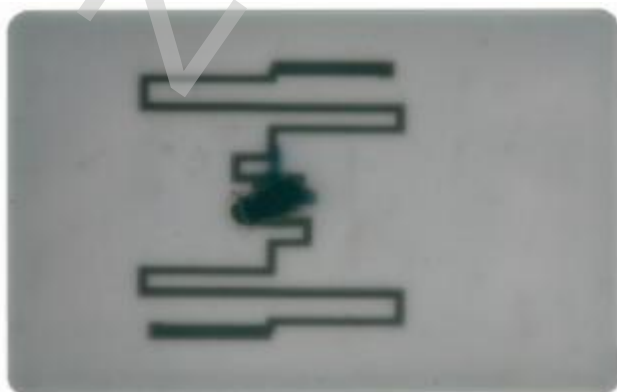
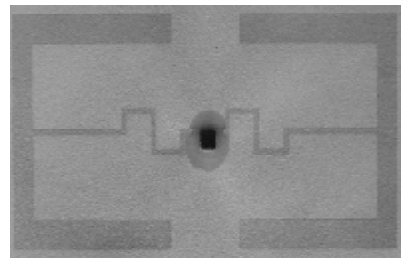
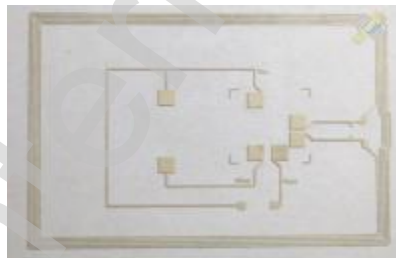
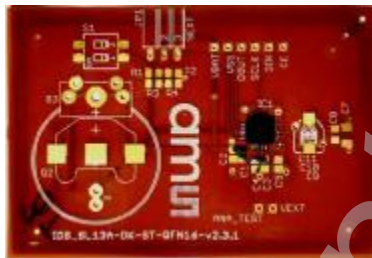


UHF

prihodnost tiskane elektronike

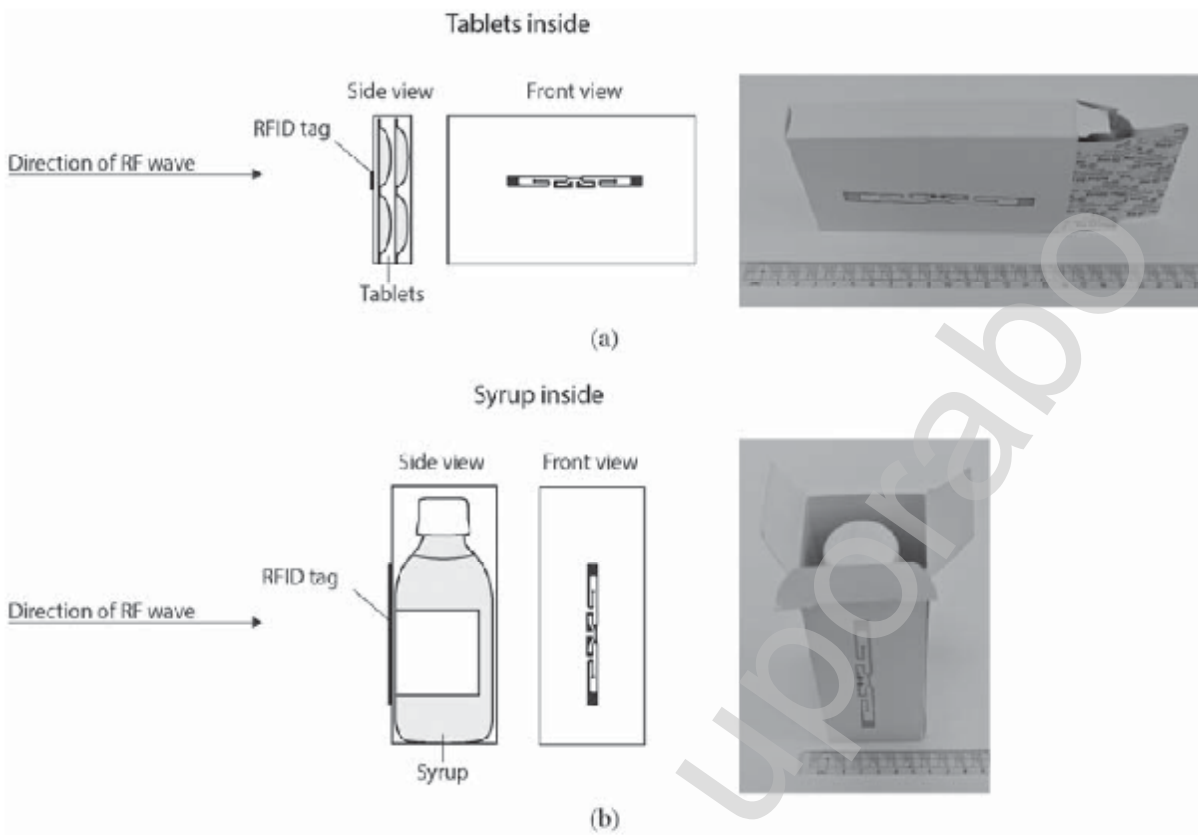
49

TISKANE RFID ZNAČKE



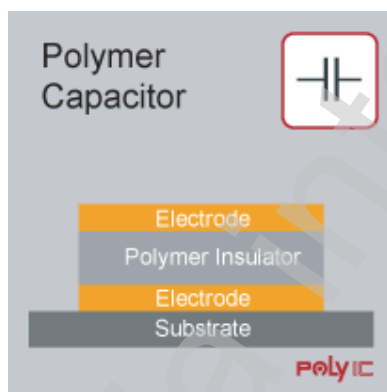
50

TISKANE RFID ZNAČKE



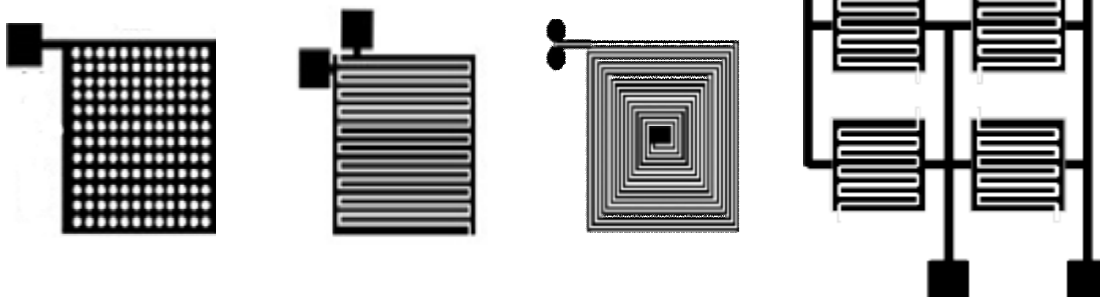
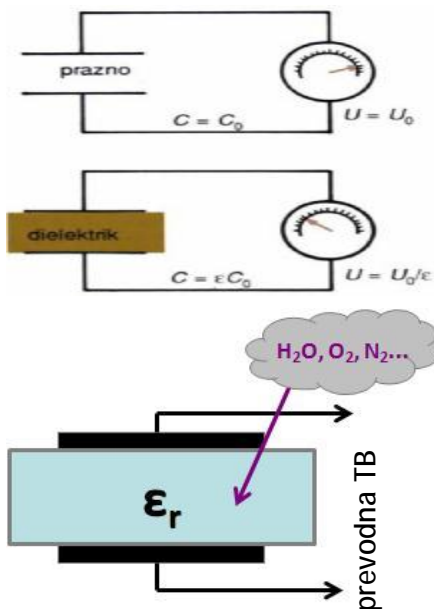
51

TISKANI SENZORJI



$$C = \frac{Q}{U}, [F]$$

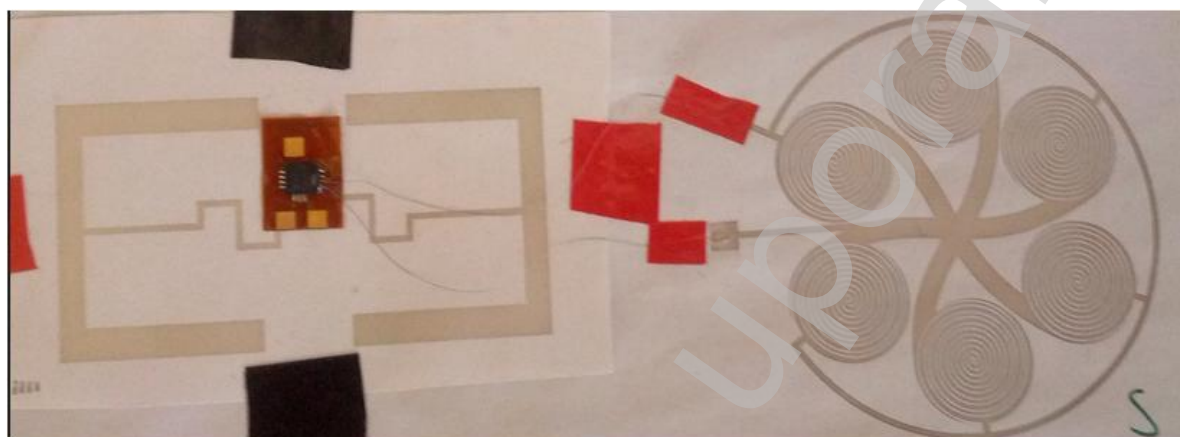
Dodaj formulo za senzorje.



52

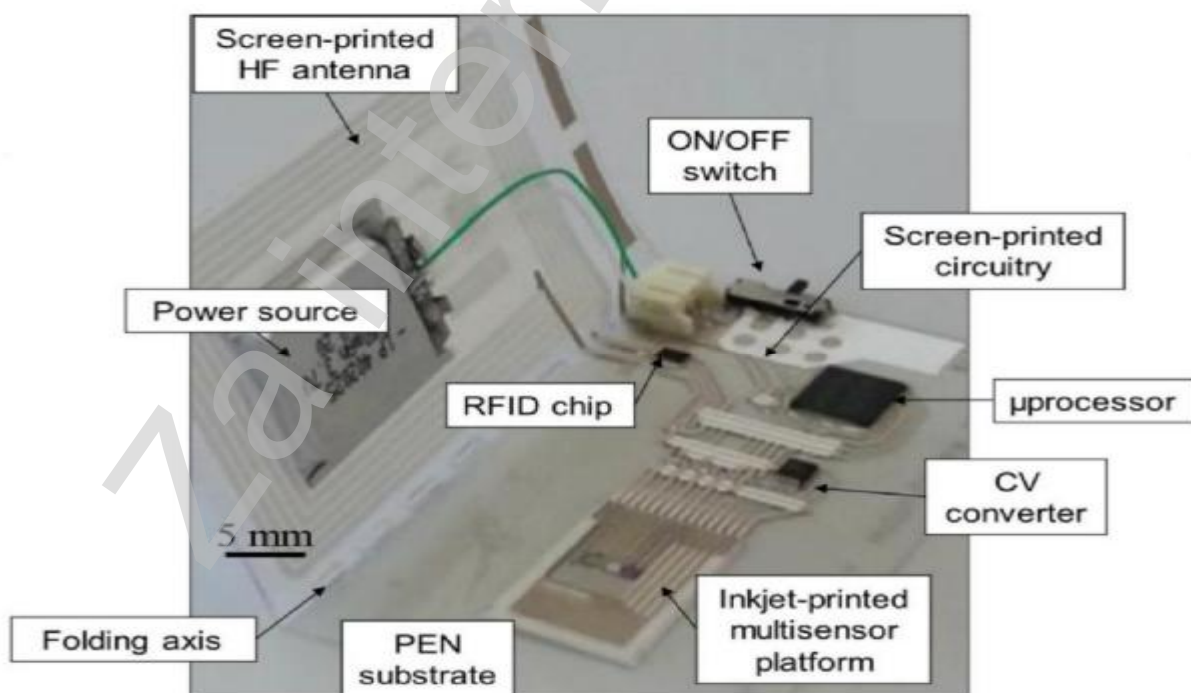
TISKANI SENZORJI

- § možna enostavna kapacitivna geometrija (npr. senzorji vlage)
- § modifikacija > senzorji plina (funkcionalni premazi)
- § RFID platforma senzorjev



53

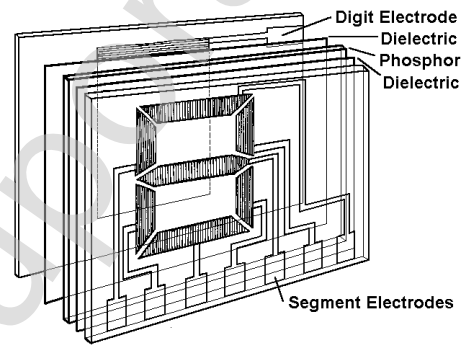
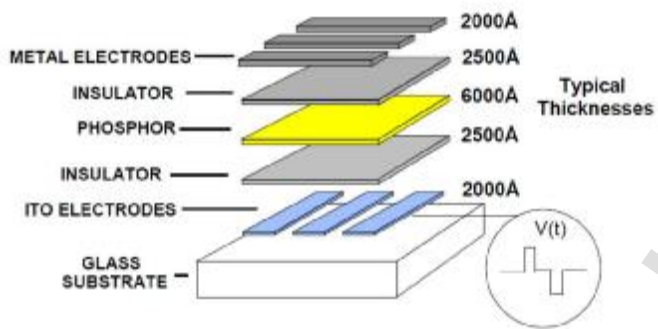
TISKANI SENZORJI



Platforma > večfunkcionalni senzor & RFID.

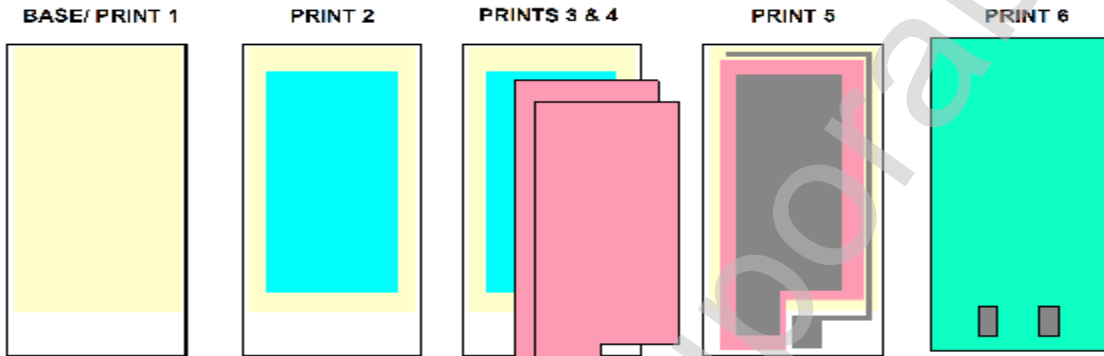
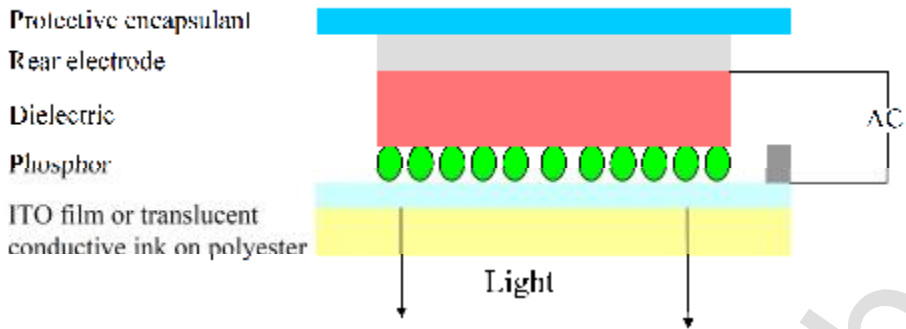
54

TISKANI ELEKTROLUMINISCENTNI ZASLONI



Za interno

TISKANI ELEKTROLUMINISCENTNI ZASLONI



Front Electrode on Base
 • ITO Polyester Film
 • 7162E on Polyester

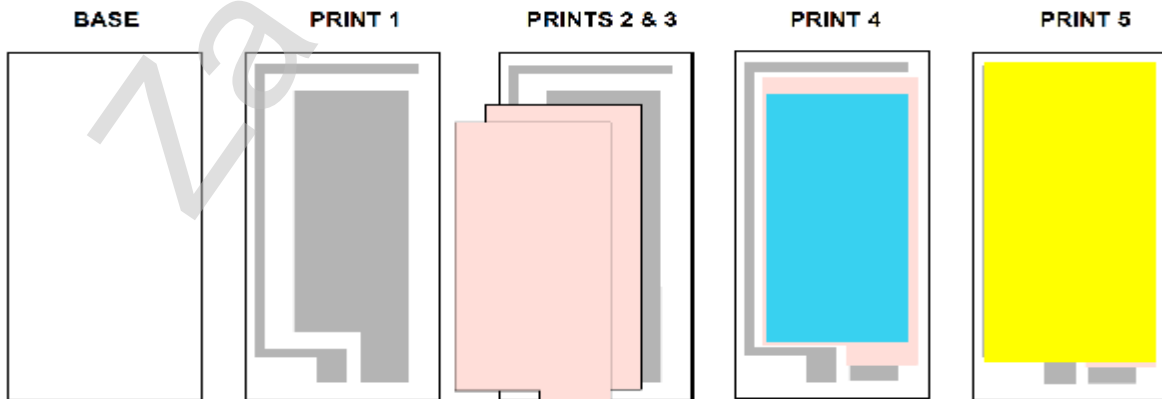
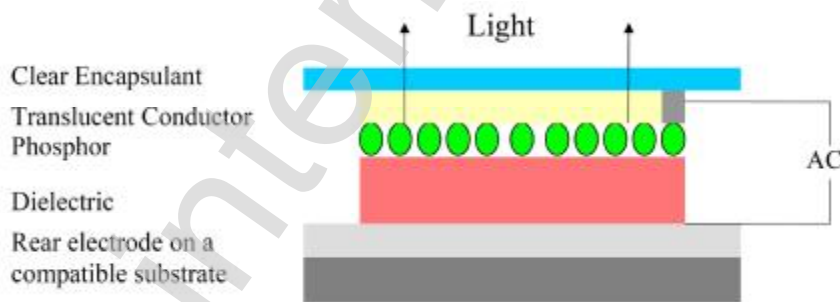
Phosphor
 • 7138J White
 • 7151J GreenBlue
 • 7154J YellowGreen

2 - 3 Dielectric Layers
 • 7153E high K

Rear Electrode & Front Busbar
 • 7145L Silver
 • 7144E Carbon

Protective Back Layer
 • 5018 UV Cure

TISKANI ELEKTROLUMINISCENTNI ZASLONI



Base Substrate
 • Various e.g. polyester, FR4 Printed Circuit Board

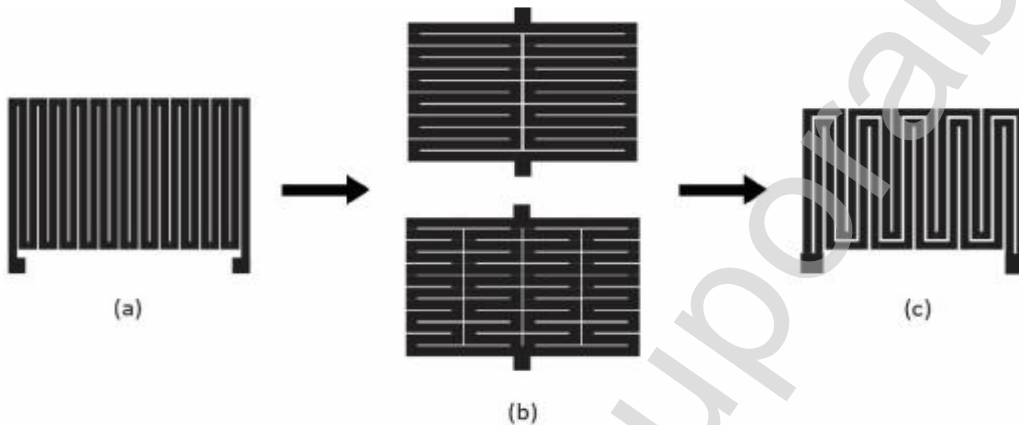
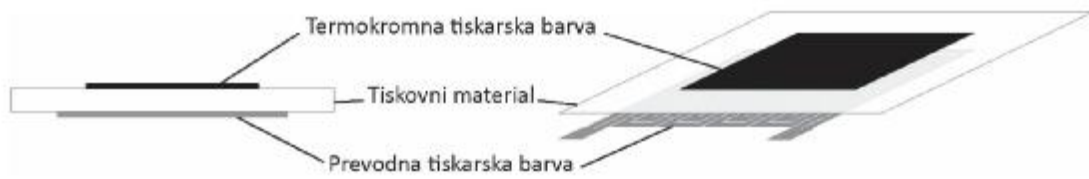
Rear Electrode & Front Busbar
 • 5000 Silver
 • 7102 Carbon

2 - 3 Dielectric Layers
 • 7153E

Phosphor
 • 7151J GreenBlue
 • 7154J YellowGreen
 • 7138J White

Translucent Front Conductor
 • 7164

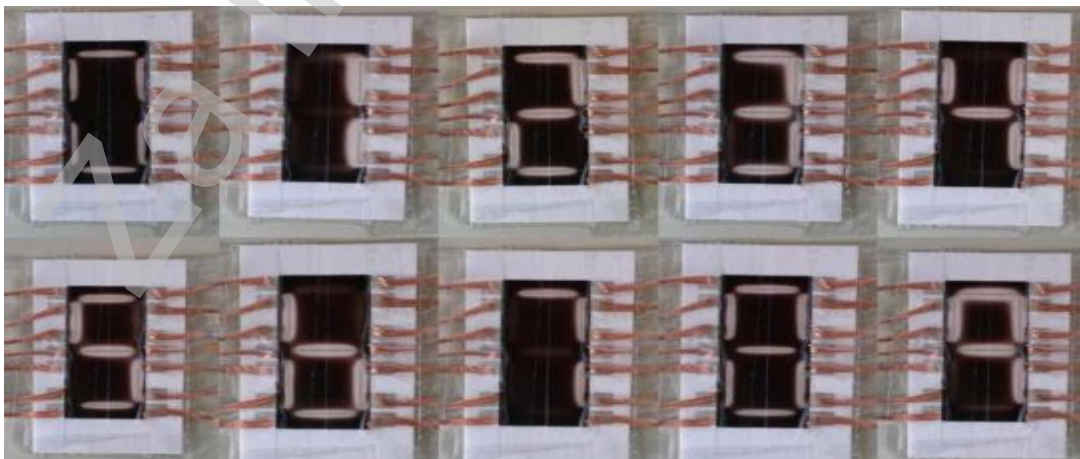
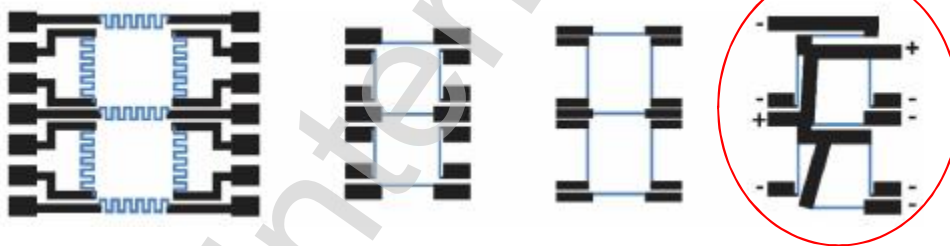
TISKANI TERMOKROMNI ZASLONI



Oblike prevodnih linij (uporovni element) > vpliv na hitrost razbarvanja zaslona:
 a) previsoka, b) prenizka, c) primerna upornost

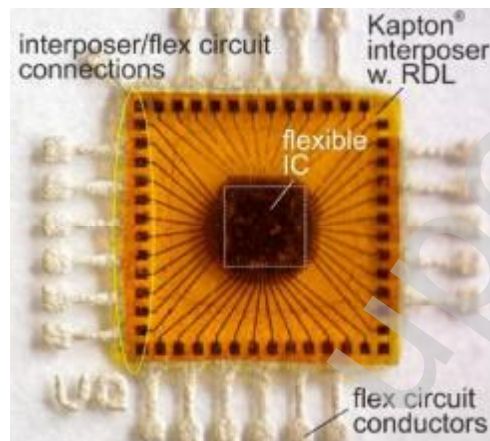
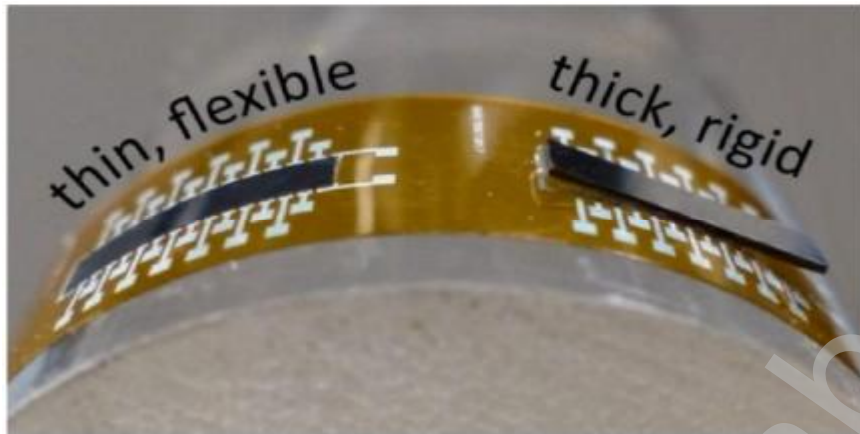
59

TISKANI TERMOKROMNI ZASLONI



60

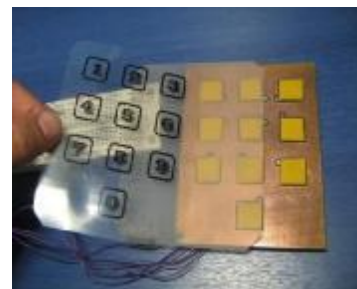
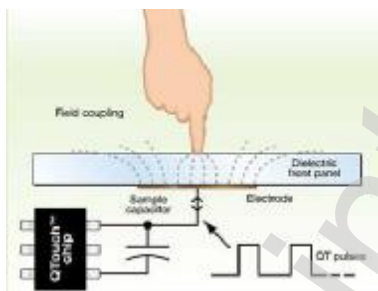
FLEKSIBILNA ELEKTRONIKA



Uniquarta, 2015

61

KAPACITIVNA STIKALA



62

VIRI HALJE!!!!

- http://oe-a.vdma.org/en_GB
- <http://www.idtechex.com>
- <http://www.polyic.com>
- <http://www.bluesparktechnologies.com>
- <http://www.konarka.com>
- <http://www.novalia.co.uk>

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=dvcpMPfNgO4> - - ZELO DOBER!

[Kate Stone](#) – ZELO DOBER!

[Caterina Mota](#)

[PolyIC](#)