

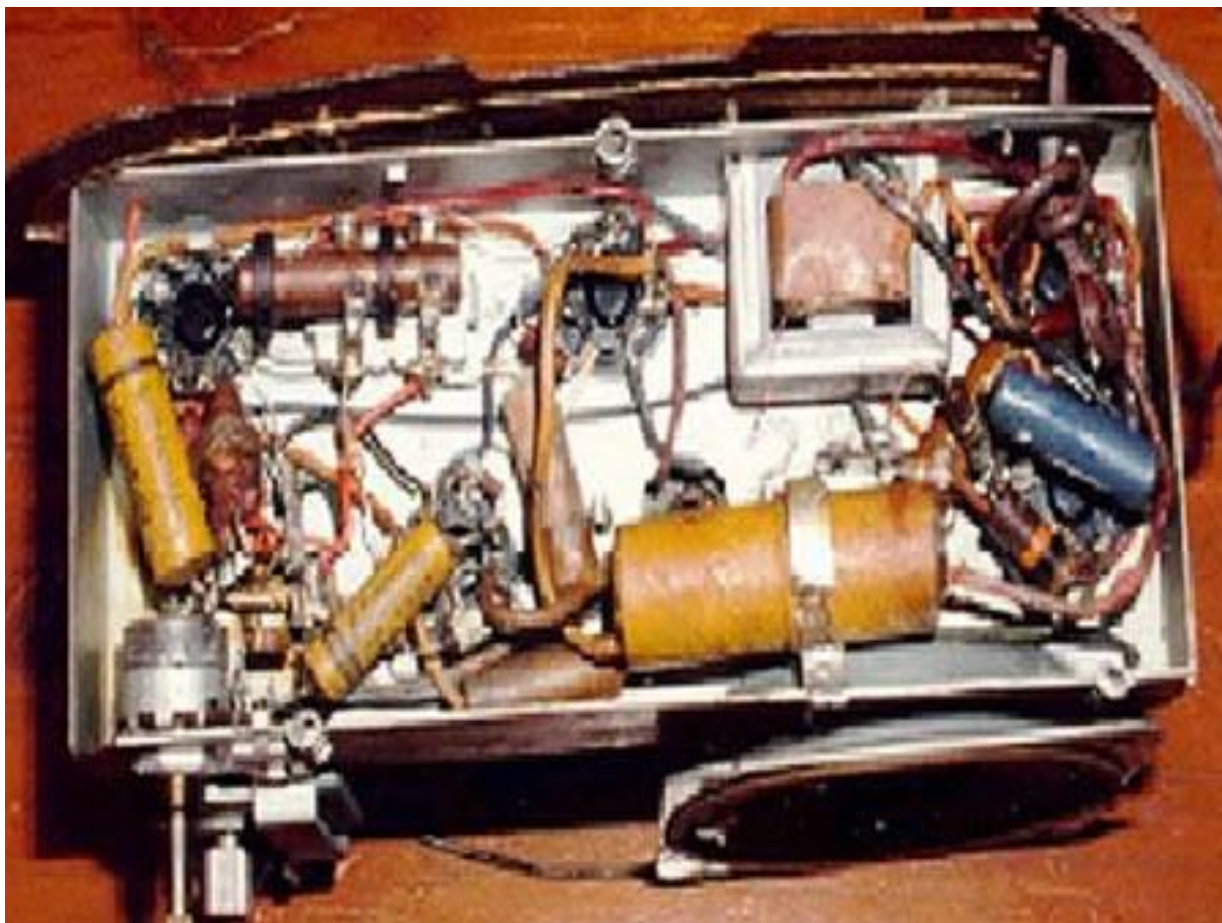
Realizacija elektronskih sklopov

Tehnologije tiskanih vezij

Tiskano vezje (Printed Circuit Board)



Elektronska vezja pred izumom PCB



Zgodovina tiskanih vezijh

- **Dr. Paul Eisler** – rojen v Avstriji l. 1907
- Med 2. svetovno vojno pobegnil v Anglijo, kjer je naredil prototip tiskanega vezja z **bakreno folijo na bakelitu**.
- Proizvodnjo je začela ameriška vojska za majhne radijske aparate leta 1943.
- Ob koncu 2. svetovne vojne sta Eisler in njegova žena **naredila elektrodepozicijo bakra na planarnem substratu in ga jedkala s feri-kloridom**.
- Ustanovil je družbo Technograph Printed Circuits Ltd. in prijavil množico patentov za tiskanje s segrevanjem in električna vezja za povezavo komponent.
- Njegovi najpomembnejši patenti se nanašajo na jedkanje bakrene folije.



Prvi patent za PCB

PATENT SPECIFICATION

DRAWINGS ATTACHED

Inventors: PAUL EISLER and HAROLD VEZEY STRONG

639.178

Date of filing Complete Specification (under Section 16 of the Patents and Designs Acts, 1907 to 1946) Feb. 2, 1944.

Application Date: Feb. 2, 1943.

No. 23842/48.

(Divided out of No. 639,111.)

Application Date: April 3, 1943.

No. 5379/43.

Complete Specification Published: June 21, 1950.



Fig. 3.

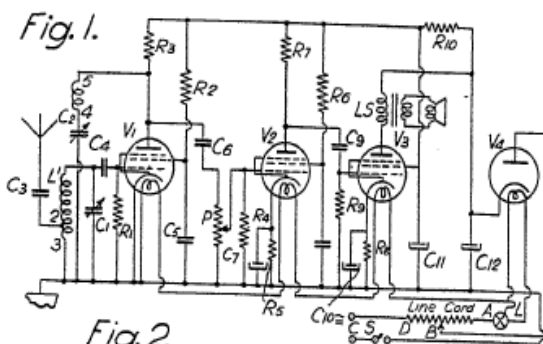
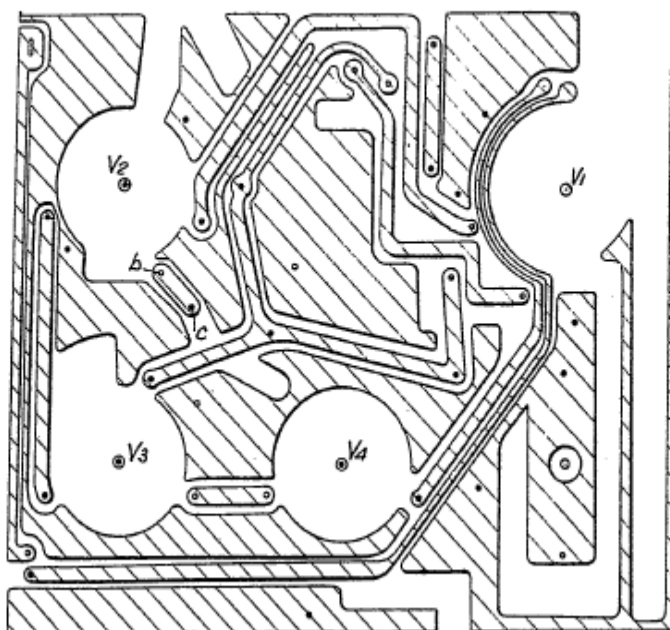
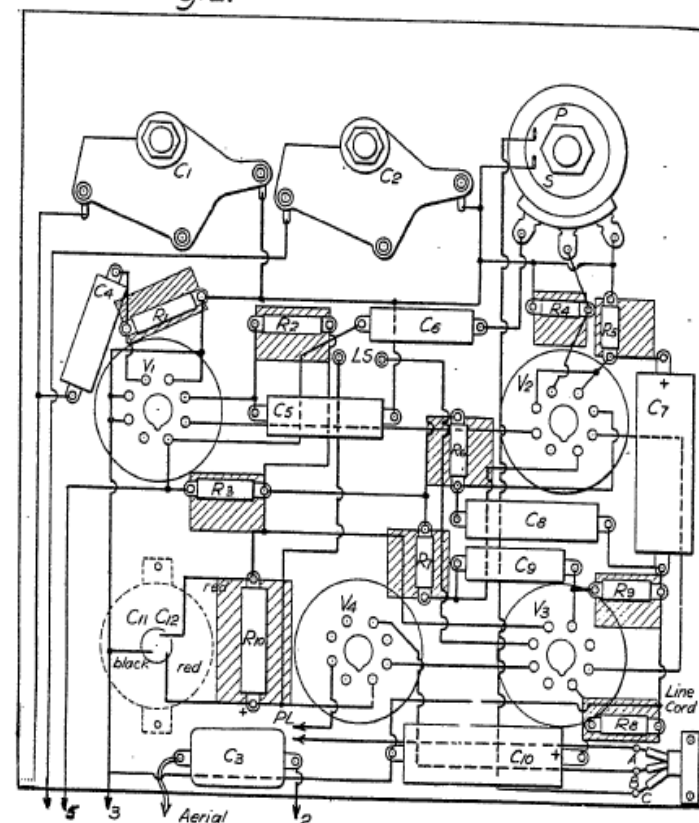
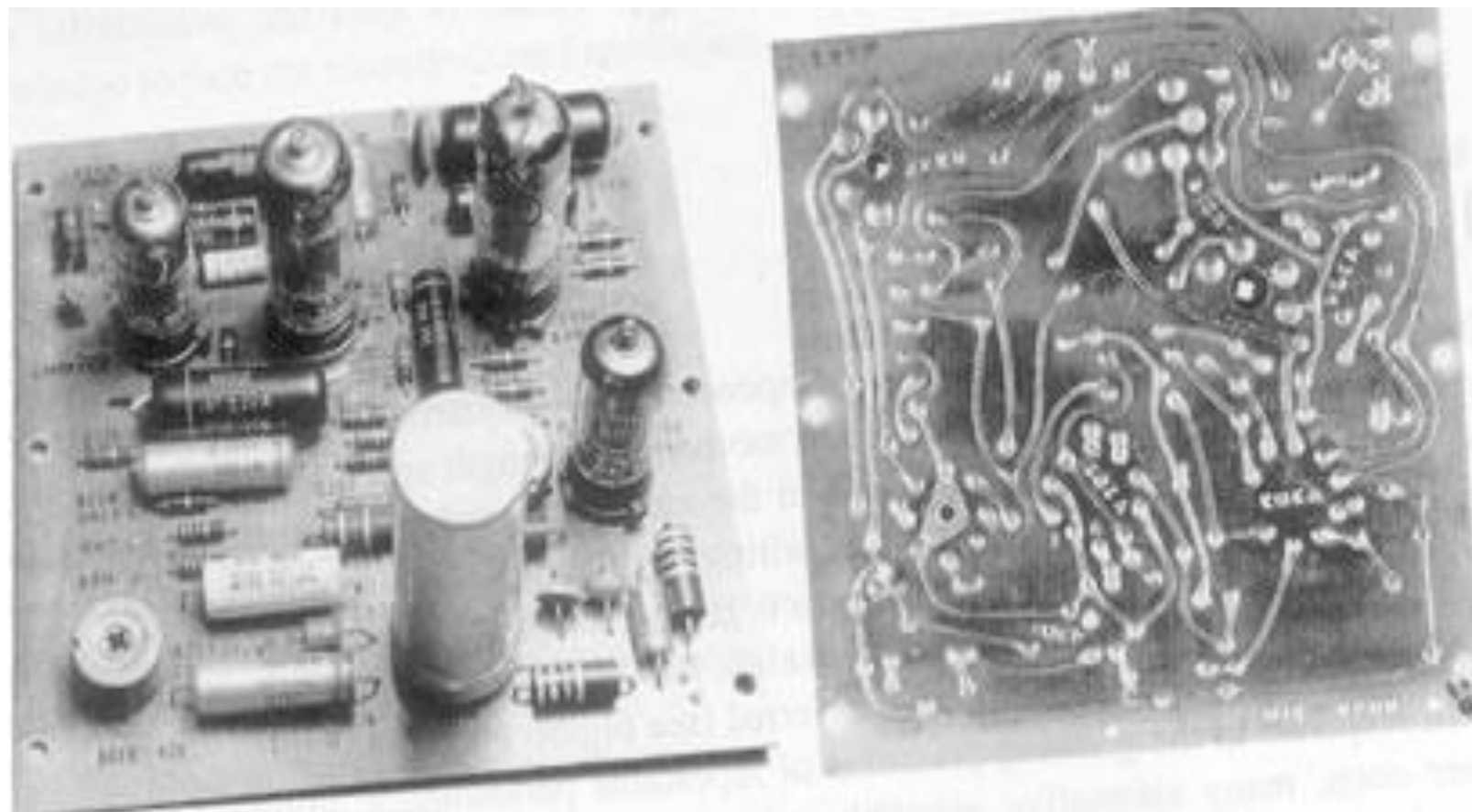


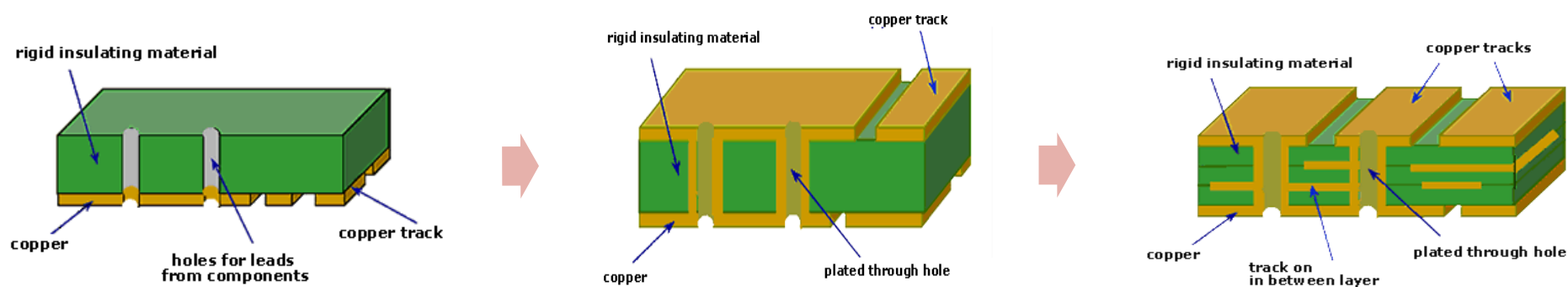
Fig. 2.



Prvi primerki PCB



Razvoj PCB



1950 ..

- Enostranska
- THT

1970 ..

- Metalizacija lukenj
- Dvostranska

1980 ..

- Večplastna
- Microvia
- SMT

Klasifikacija PCB

- Glede na tip elektronskega vezja
 - Digitalni, analogni, mešani, RF, mikrovalovi
- Tip elektronskih komponent
 - THT, SMT, mešano, BGA, enostranska, dvostranska
- Glede na konstrukcijo
 - Enostranska, dvostranska, večplastna, fleksibilna, delno-fleksibilna (rigid-flex)
- Glede na aplikacije
 - Splošna elektronika, visoka zmogljivost, specialni nameni, visoka zanesljivost
- Glede na kompleksnost
 - Število plasti, EMC, gostota povezav, zmožnost proizvodnje, cena

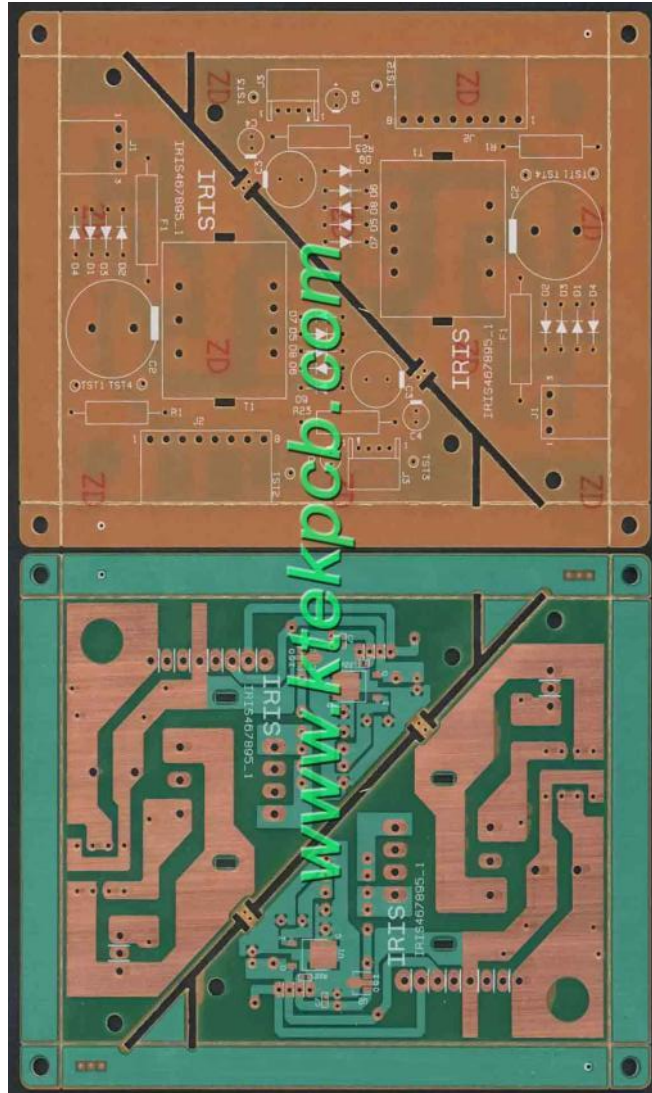
Izbira substrata

- Cena
- Električne karakteristike
 - Dielektrična konstanta
 - Izolacijska upornost
 - Faktor dušenja
- Toplotna trdnost (spajkanje)
- Termični raztezki (zanesljivost)
- Toplotna upornost (odvajanje toplote)
- Kemijska odpornost (jedkanje)

Materiali za PCB

- FR (Flame Resistant, Fire Retardent)
 - FR-1 in FR-2: Papir + fenol formaldehid (Pertinax)
 - FR-3: Papir + epoksi smola
 - FR-4: 8-plasti steklenih vlaken + epoksi smola (Vitroplast).
- CEM (Composite Epoxy Material)
 - CEM-1: Papir + 1 plast steklenih vlaken v sredini.
 - CEM-2: Sredica je papir, površini sta iz steklenih vlaken
 - CEM-3: Podoben kot FR-4, z drugačnimi steklenimi vlakni
 - CEM-4: Podoben kot CEM-3, vendar ni odporen proti ognju
 - CEM-5: Sredica je poliester, površini sta iz steklenih vlaken
- PTFE - Teflon
- Plastični materili (PET, PC, PI)

FR-1 in FR-2 (Pertinax)

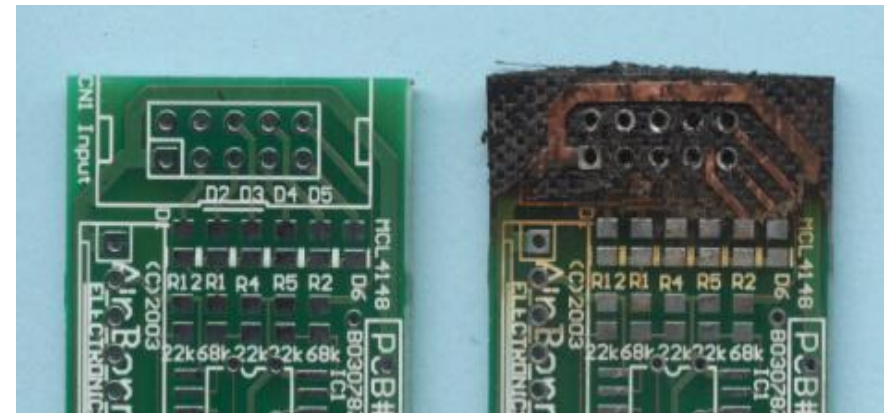


- Papir + fenol formaldehid
 - Rumeno-rjave barve
 - Namenjen enostranskim, nizkocenovnim vezjem
 - Za nizkofrekvenčne signale
-
- Dielektričnost 4.5 pri 1 MHz
 - Izgubni faktor 0,024-0,26 pri 1 MHz
 - Električno poljska trdnost 740V/mil
 - Maksimalna temperatura 100 °C

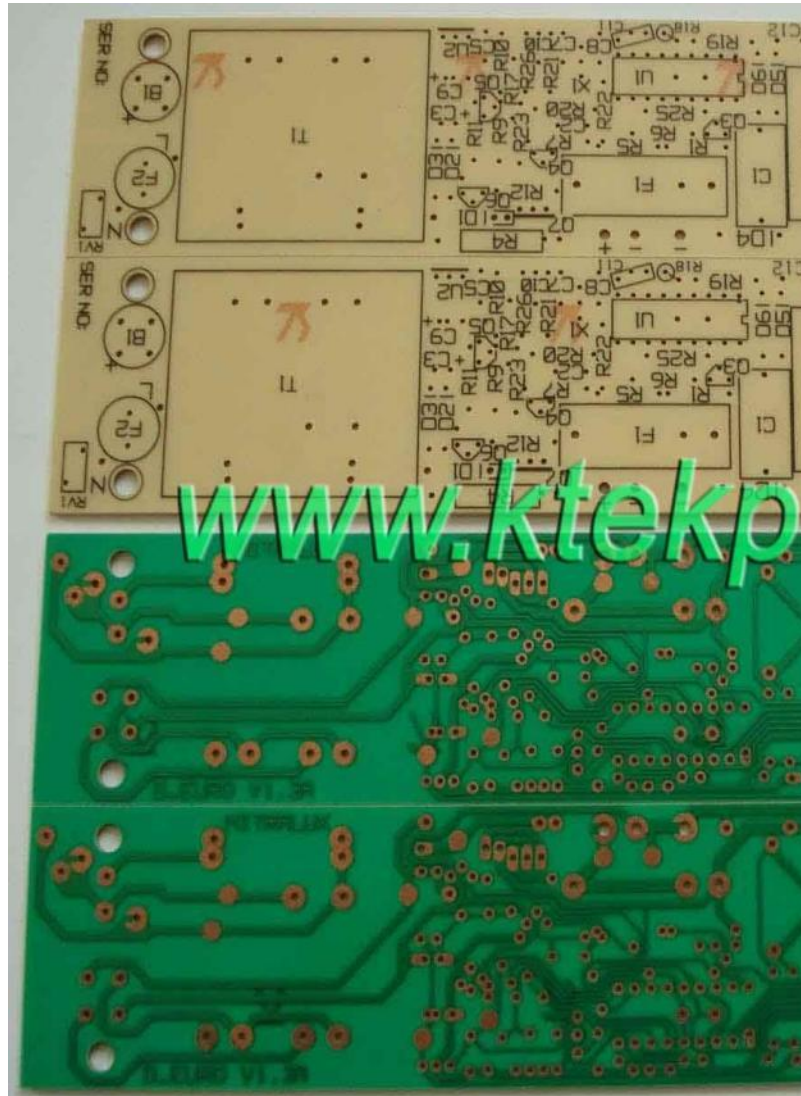
FR-4 (Vitroplast, Lamitex, Paxoline)



- 8 plasti steklenih vlaken + epoksi smola
 - Dielektričnost 4,7 pri 1 MHz
 - Dielektričnost 4,34 pri 1 GHz
 - Izgubni faktor 0,02 pri 1 MHz
 - Izgubni faktor 0,01 pri 1 GHz
- Električno poljska trdnost 500 V/mil
- Maksimalna temperatura 120 °C



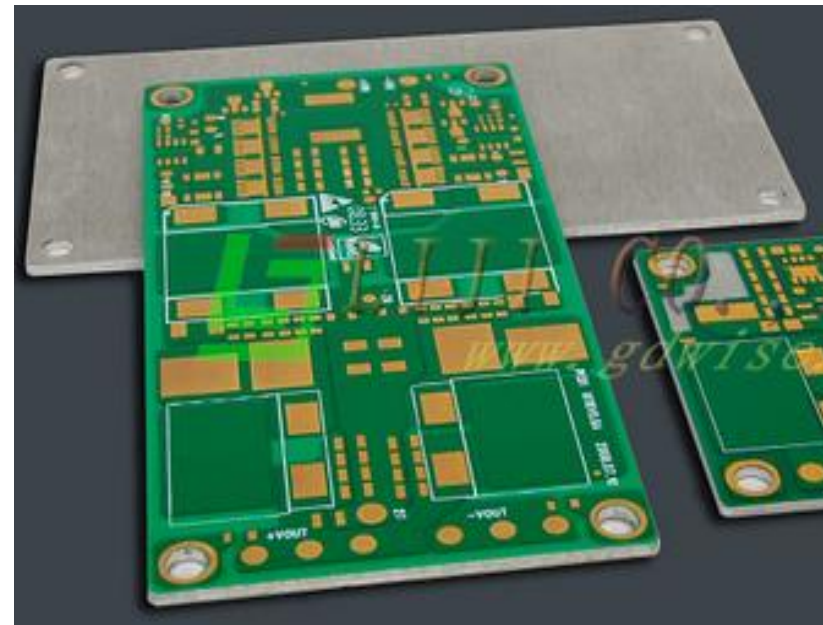
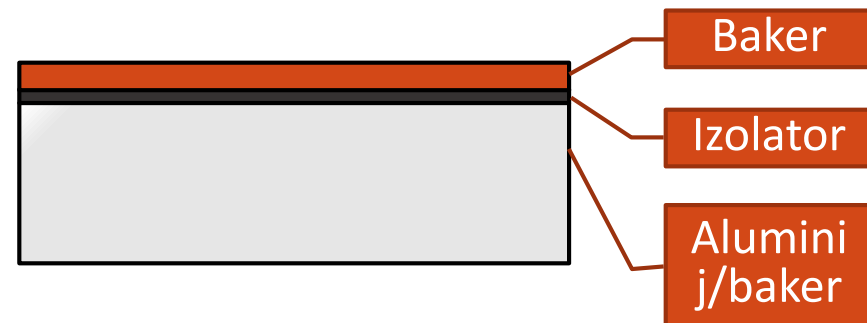
CEM-Composite Epoxy Material



- Namenjen enostranskim, nizkocenovnim vezjem
- CEM1
 - Papir + 1 plast steklenih vlaken v sredini
 - Dielektričnost 5,2 pri 1 MHz
 - Izgubni faktor 0,045 pri 1 MHz

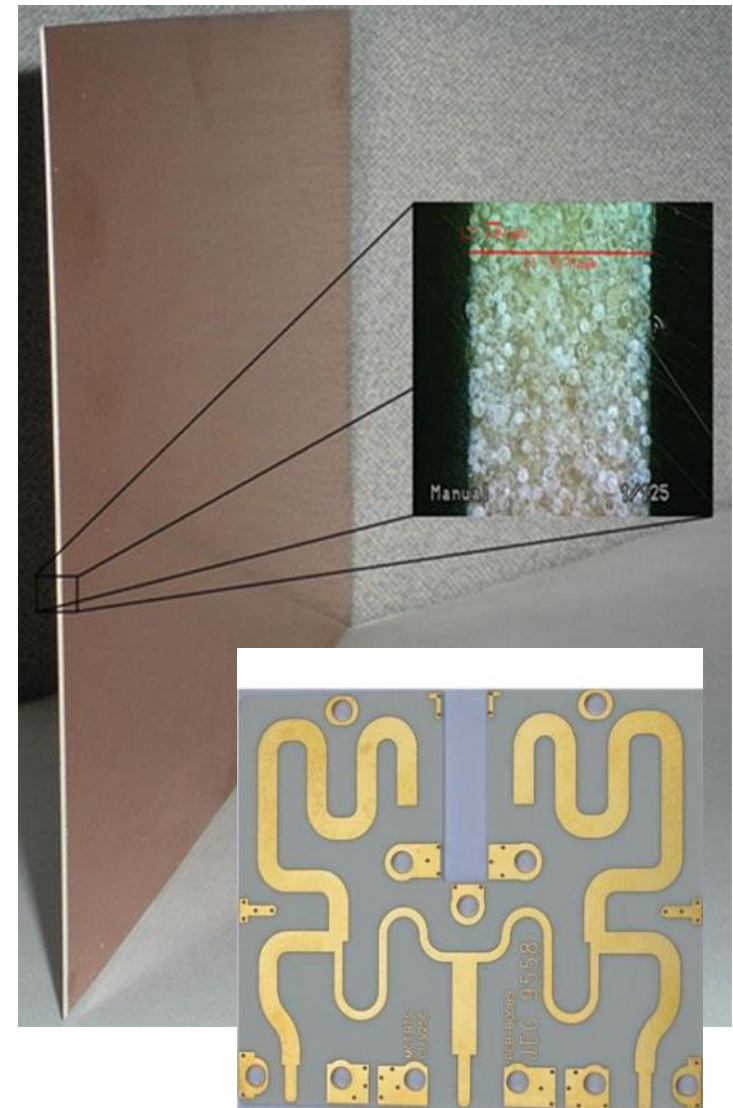
Laminati z kovinsko osnovo

- Za aplikacije s potrebami po učinkovitem odvajanju toplote
- DBC – Direct bonded copper
 - Keramika
 - Alumina Al_2O_3
 - Aluminijev nitrid AlN
 - Berilijev oksid BeO
- IMS – Insulated metal Substrate
 - Epoksi smola (100 μm)



Laminati na osnovi teflona(PTFE)

- Polytetrafluoroethylen
- Majhna gostota – 1.37 g/cm^3
- Nizka teža vezij
 - Sateliti
 - Letalstvo
- Odlične VF lastnosti
 - Dielektričnost 1.96 pri 10 GHz
 - Primerno za mikrovalovna vezja



Dimenzije plasti pri substratih

Debeline bakrenih plasti:

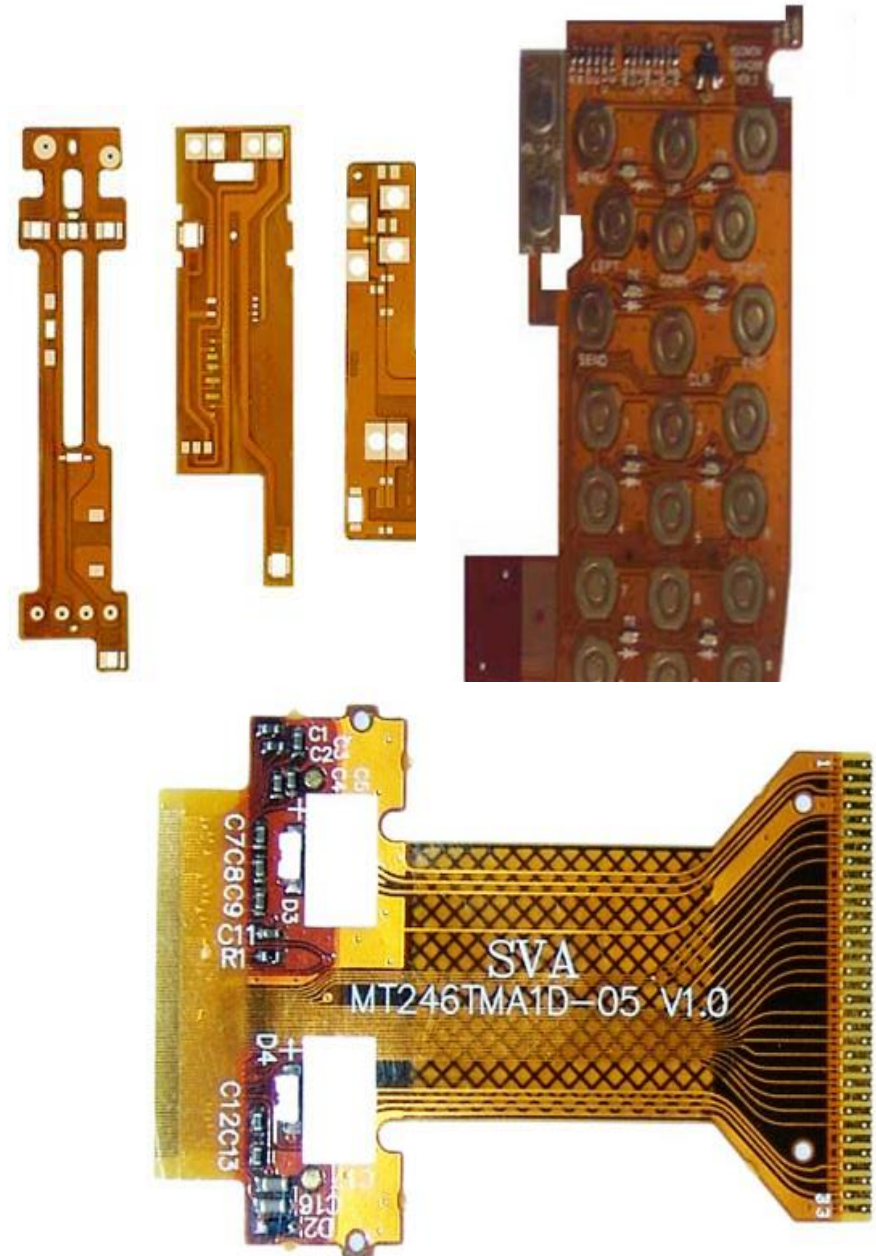
- Dimenzije izhajajo iz ameriških enot:
- $1 \text{ oz bakra} / 1 \text{ ft}^2 = 35 \mu\text{m}$
- $17,5 \mu\text{m}$
- $35 \mu\text{m}$
- $70 \mu\text{m}$
- $105 \mu\text{m}$
- $140 \mu\text{m}$

Debeline laminatov:

- $0,05 \text{ mm} - 0,3 \text{ mm po } 0,05 \text{ mm}$
- $0,4 \text{ mm}$
- $0,8 \text{ mm}$
- $1,2 \text{ mm}$
- $1,6 \text{ mm}$
- 2 mm
- $2,4 \text{ mm}$
- 3 mm
- 4 mm
- 5 mm
- 6 mm

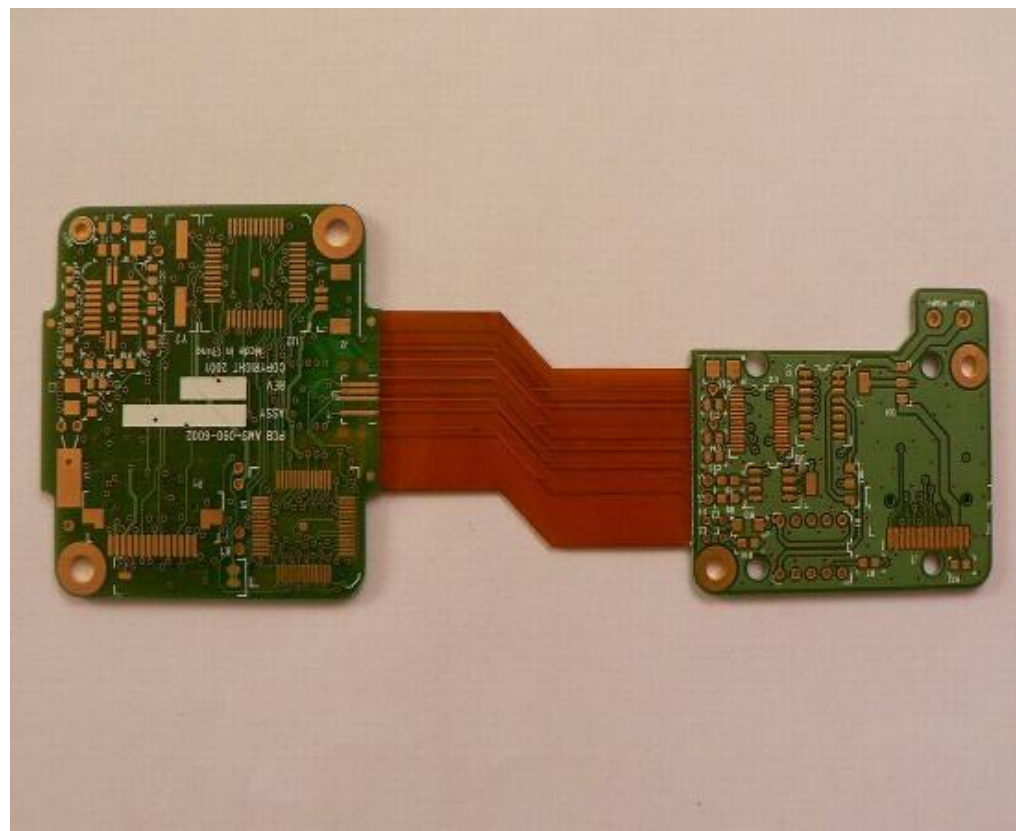
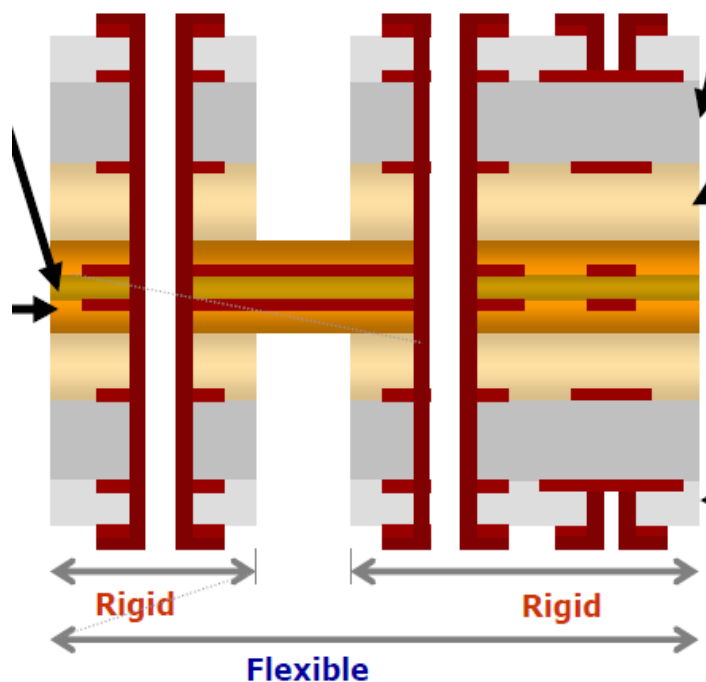
Fleksibilni laminati

- Materiali
 - PET – polyetilenthereptalat
 - PC – polycarbonat
 - PI - Polyimide
- Debeline
 - 50, 75, 125 μm
 - Do 8 plasti
- Aplikacije
 - Mobilna elektronika
 - Povezovalni kabli
 - Avtomobilska elektronika

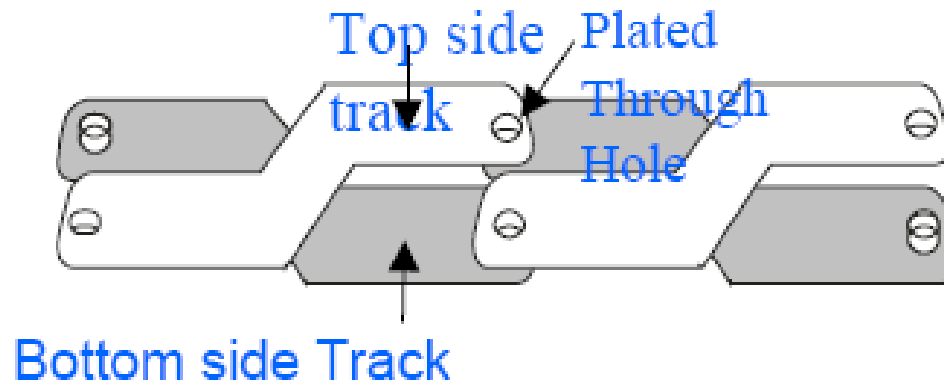


Delno fleksibilna vezja

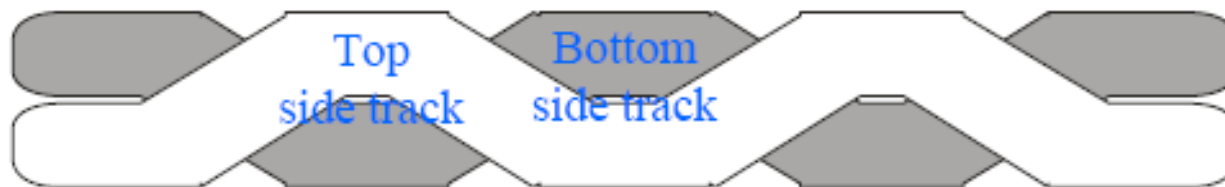
- Kombinacija klasičnega tiskanega vezja in fleksibilne povezave/priključka



Lastnosti gibljivih TIV



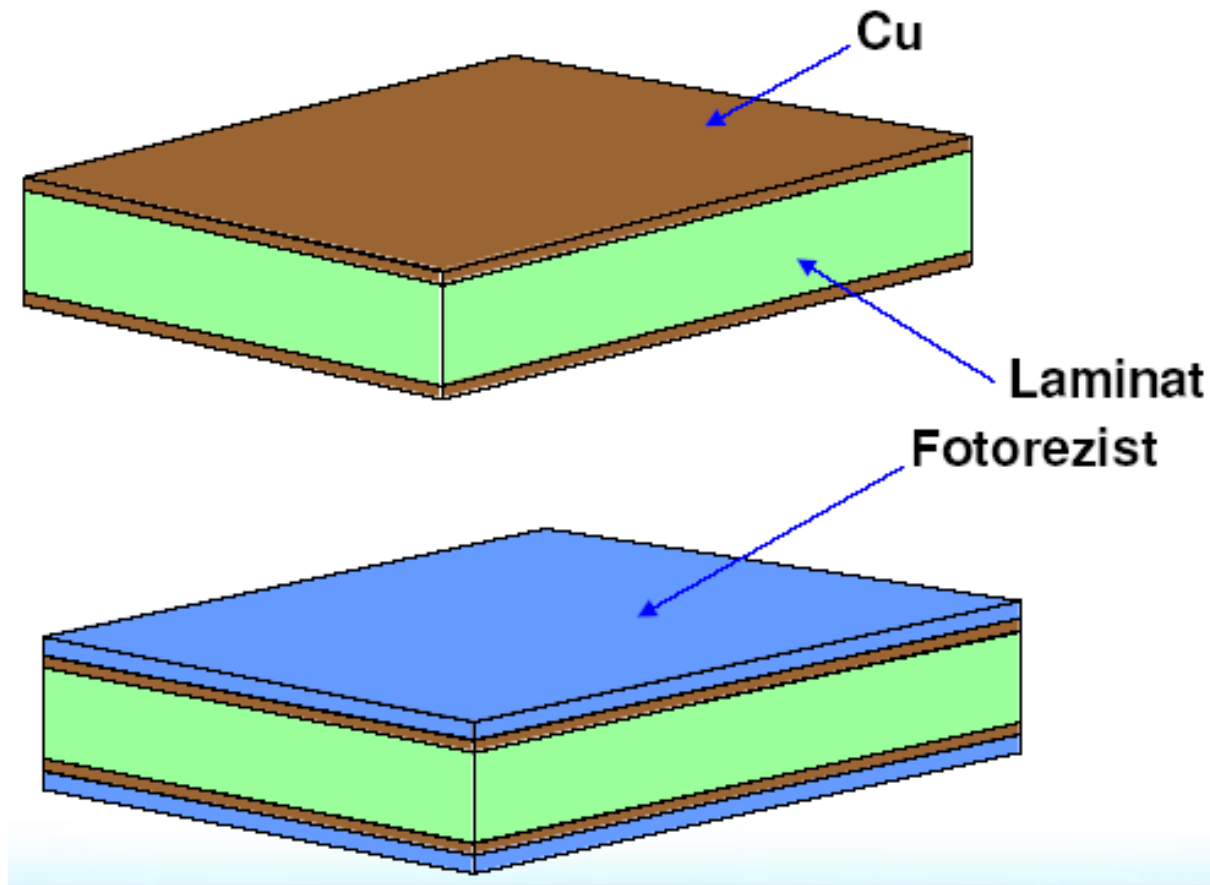
Coplanar



Twisted Pair Emulator

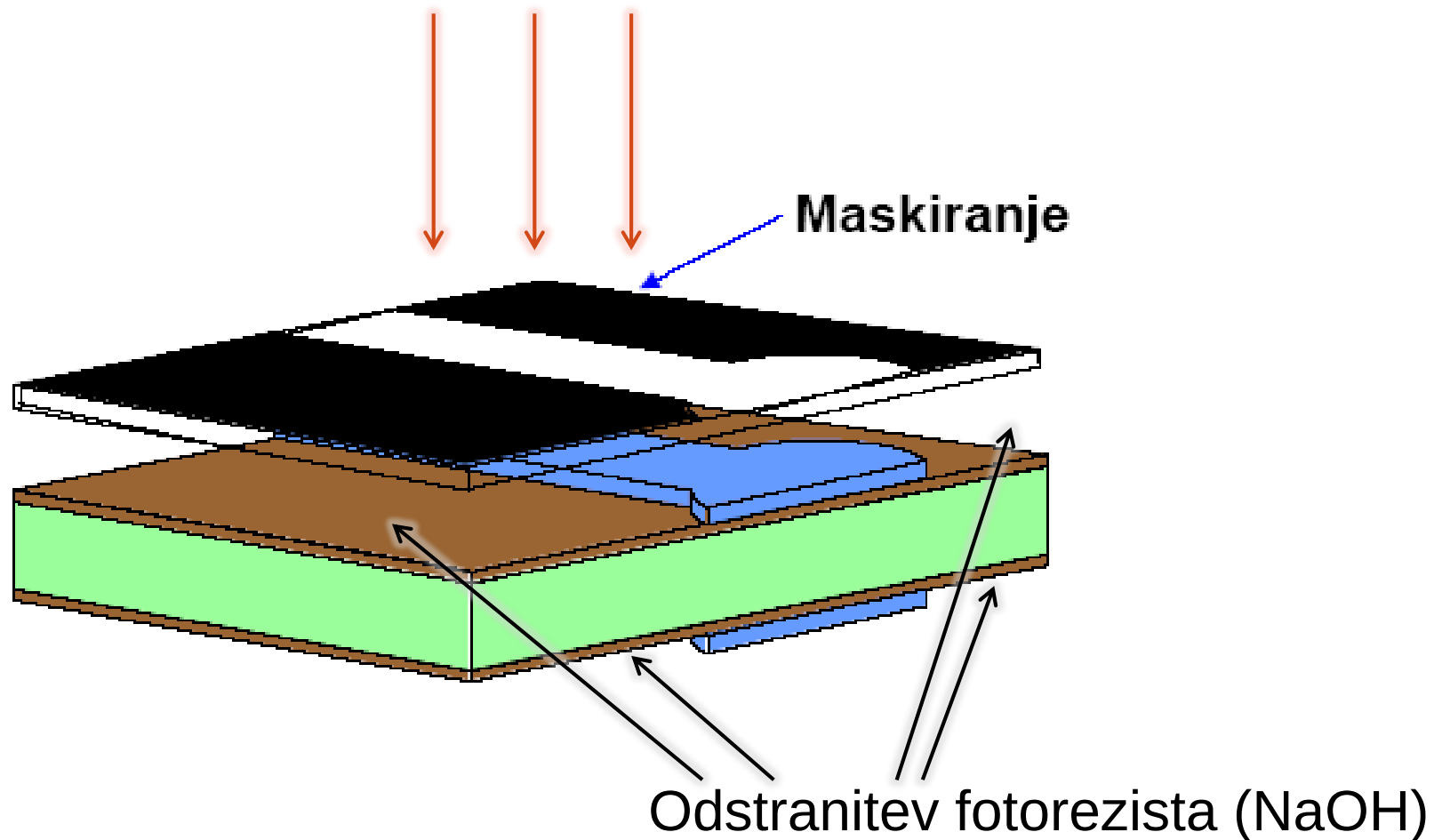
Preprosta tehnologija PCB

- Osnova je laminat, kjer debelina bakra ustreza končni debelini bakra izdelanega tiskanega vezja



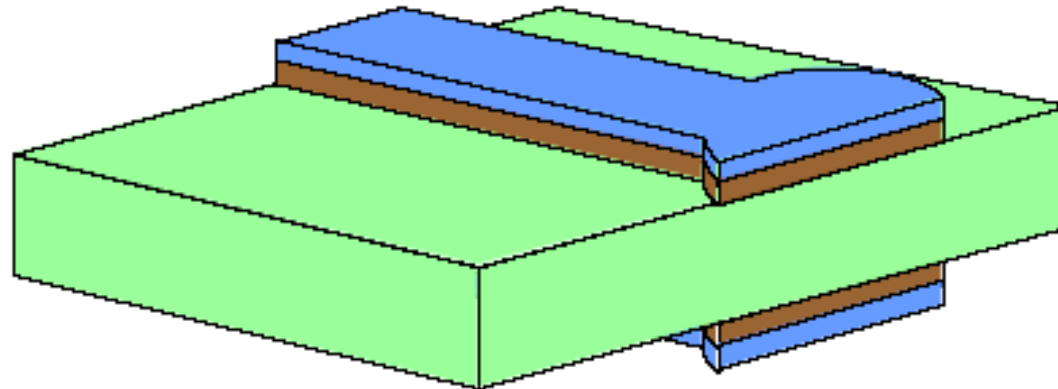
Preprosta tehnologija PCB

Osvetlitev z UV

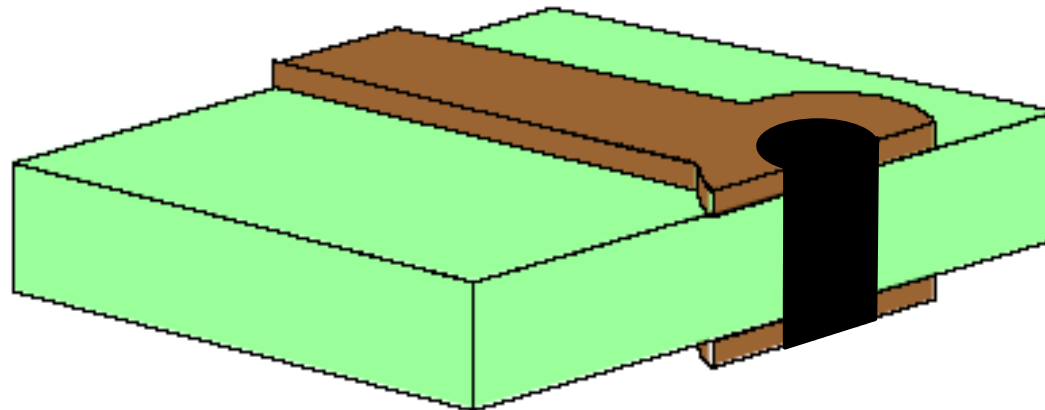


Preprosta tehnologija PCB

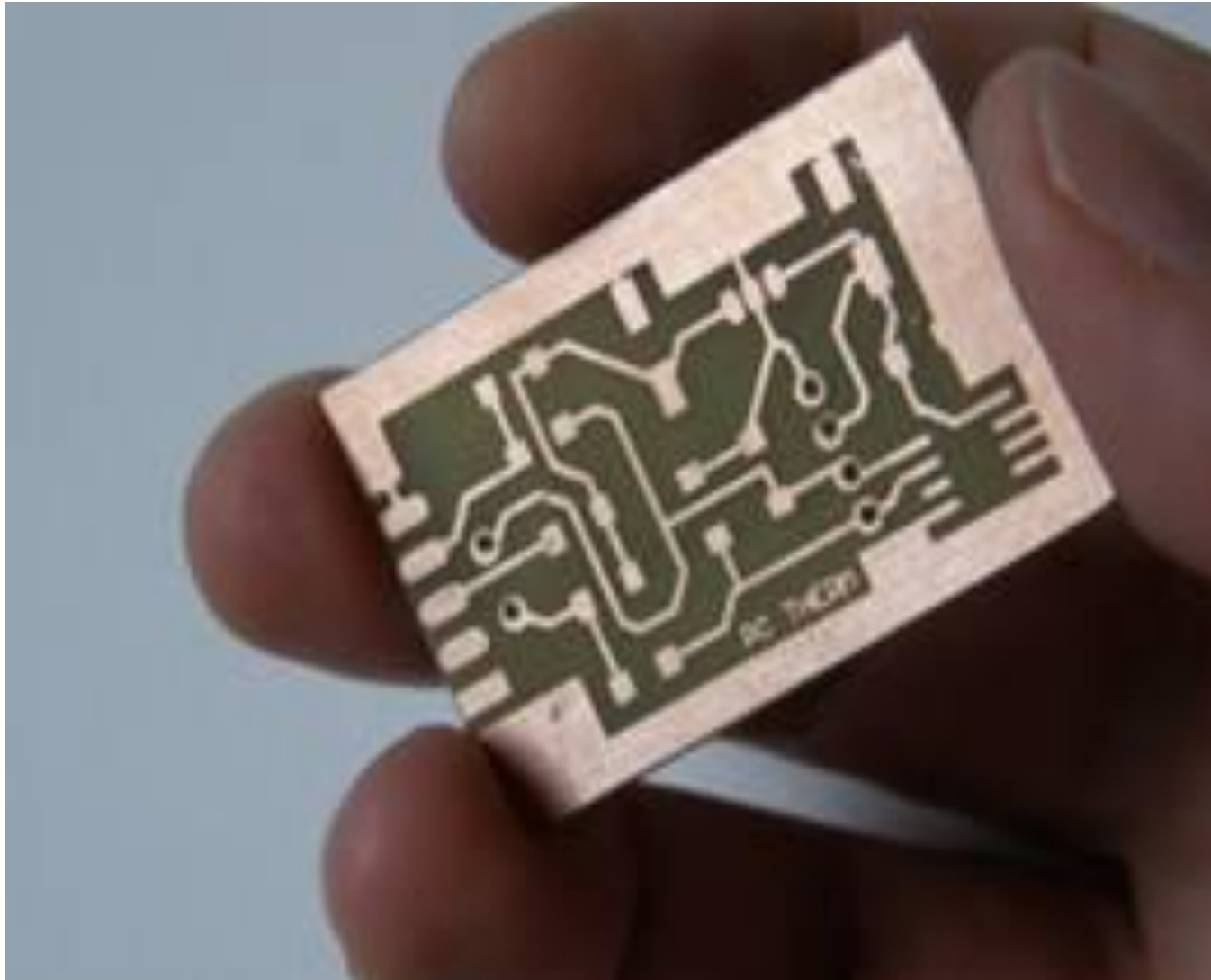
- Jedkanje ($\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2$ ali FeCl_3 ali $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)



- Vrtanje



Preprosta tehnologija PCB

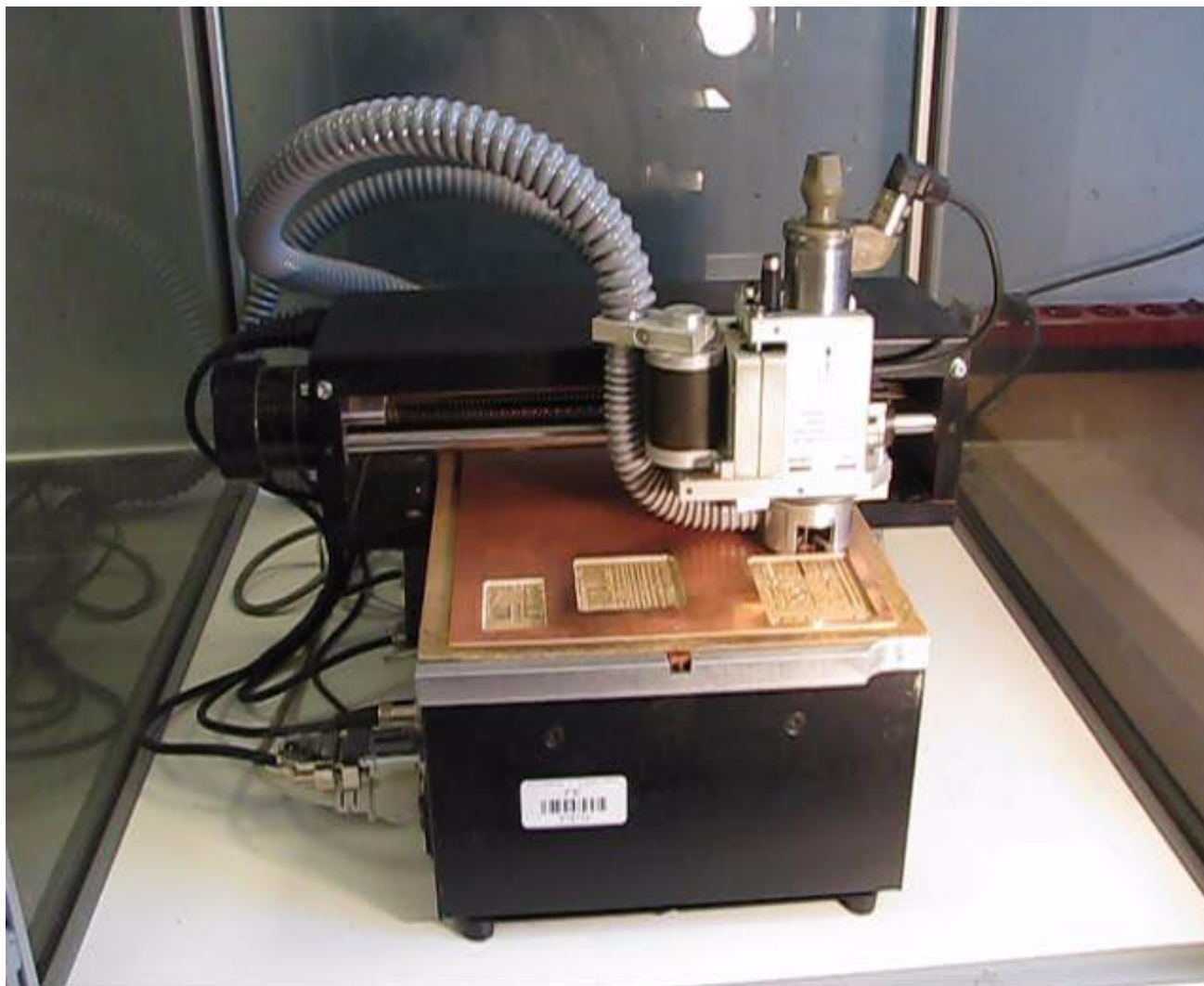


Mehanski postopek PCB - rezkanje

- Osnova je laminat, kjer debelina bakra ustreza končni debelini bakra izdelanega tiskanega vezja
- Odvečni baker se mehansko odstranjuje s CNC rezkarjem



Rezkanje

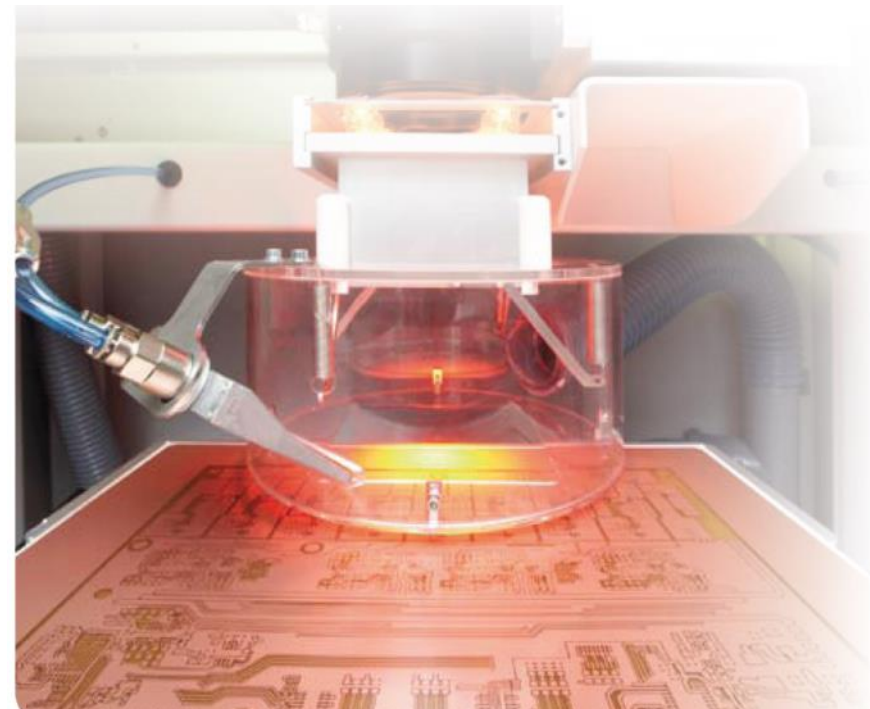


Tehnični podatki rezkalnika

Technical Data LPKF ProtoMat® S62	
Minimum track width	0.1 mm (4 mils)
Minimum isolation width	0.1 mm (4 mils)
Minimum drill hole diameter	0.15 mm (6 mils)
Working area (X/Y/Z)	229 mm x 305 mm x 38 mm (9" x 12" x 1.5")
Resolution (X/Y)	0.25 µm (0.01 mil)
Resolution (Z)	0.5 µm (0.02 mil)
Milling motor rpm	62,000 rpm
Tool change	automatic, 10 positions
Tool collet	1/8"
Drilling speed	150 holes per minute
Travel speed (max)	150 mm per second (6" per second)
X/Y positioning system	3-phase stepper motors
Z drive	stepper motor
Dimensions (W/H/D)	650 mm x 510 mm x 800 mm (25.6" x 21" x 31.5")
Weight	55 kg (121 lb)

Lasersko rezkanje

- Osnova je laminat, kjer debelina bakra ustreza končni debelini bakra izdelanega tiskanega vezja
- Odvečni baker se odstranjuje z laserjem



Tehnični podatki laserskega rezkalnika

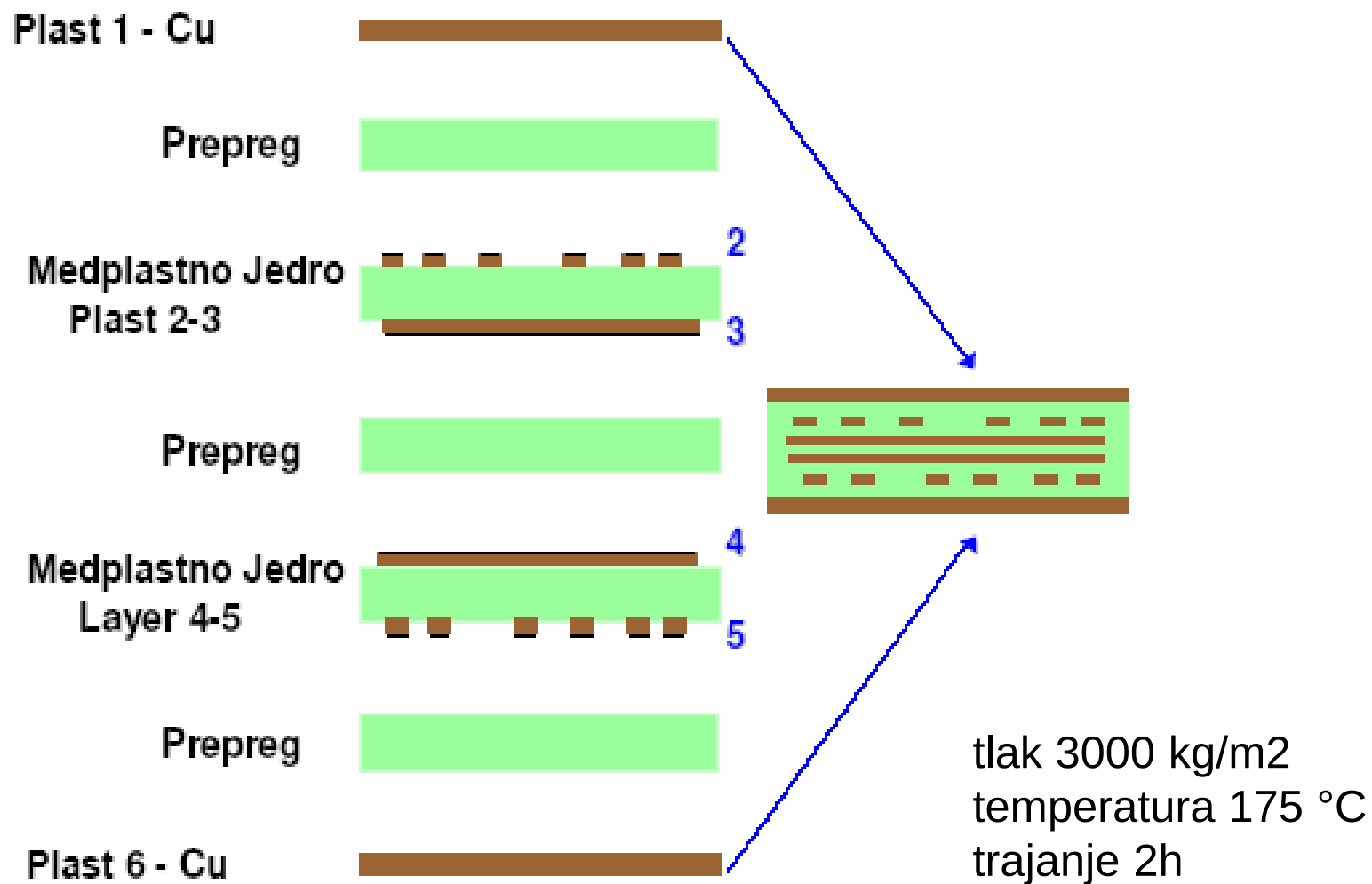
Technical Data: LPKF ProtoLaser S

Max. layout area	229 x 305 x 10 mm (9" x 12" x 0.4")
Structuring speed	Ø 6 cm ² /min (1 inch ² /min) ^a
Beam diameter in focus	25 µm (1 mil) ^a
Minimum track/gap	50 µm/25 µm (2 mil/1 mil) ^b
Resolution scan field	2 µm (0.08 mil)
Repeatability	± 2 µm (± 0.08 mil) ^c
Laser pulse frequency	10–100 kHz
Machine dimensions (W x H x D)	875 x 1,430 x 750 mm (34.5" x 56.3" x 29.5") ^d
Machine weight	260 kg (573 pounds)

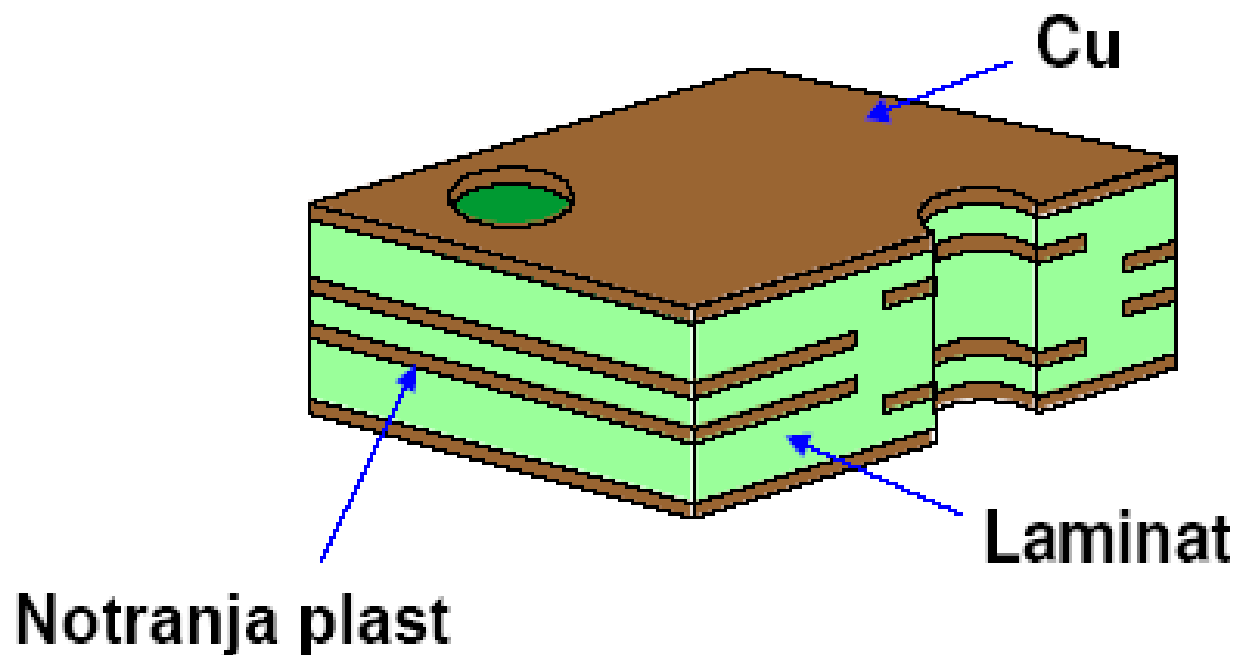
Industrijsko izdelovanje večplastnih PCB



Prešanje plasti



Vrtanje lukenj

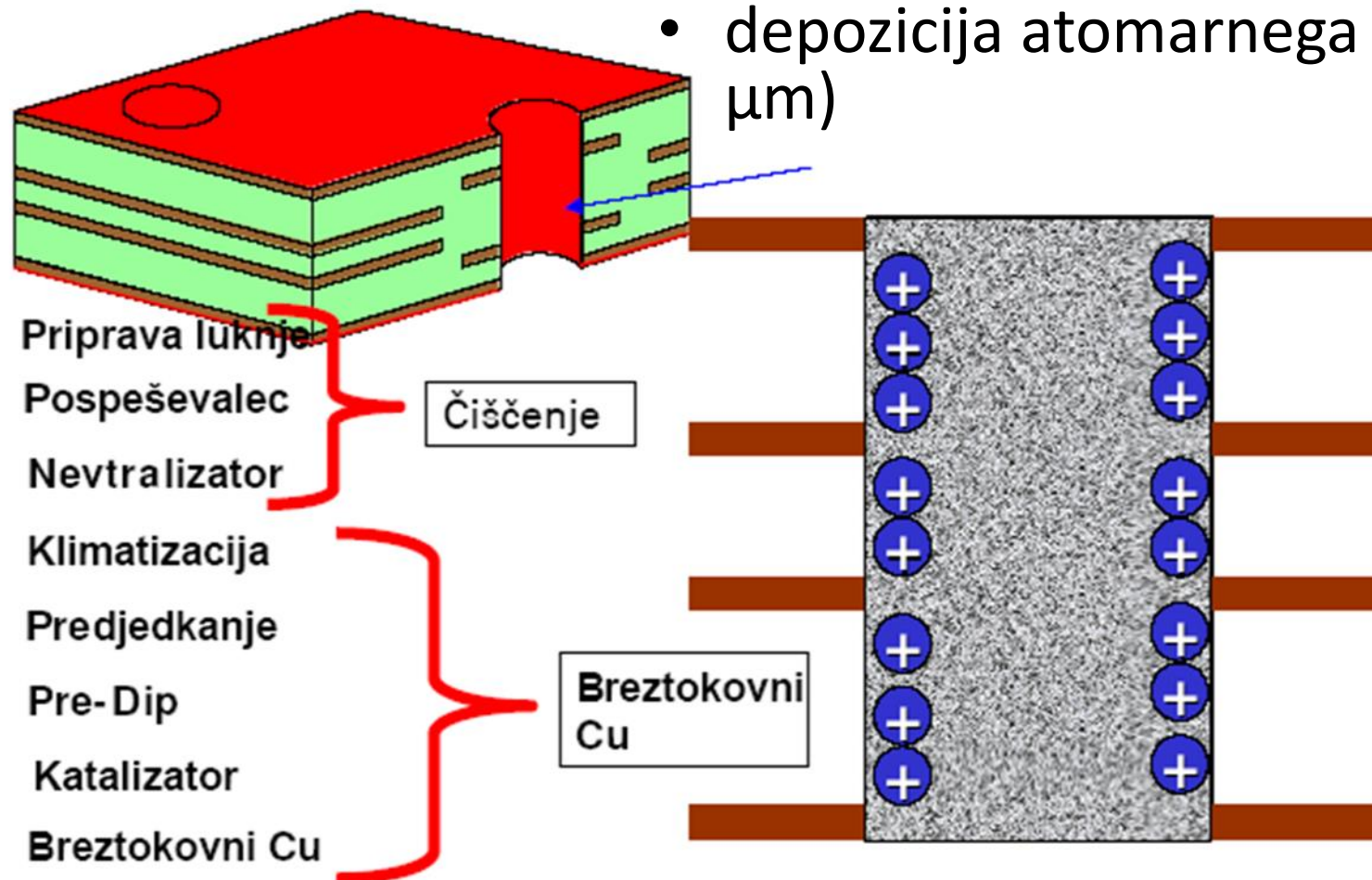


Vrtanje lukenj



Black-hole

- Čiščenje
- Nanos ogljikove paste
- depozicija atomarnega bakra (3-5 μm)

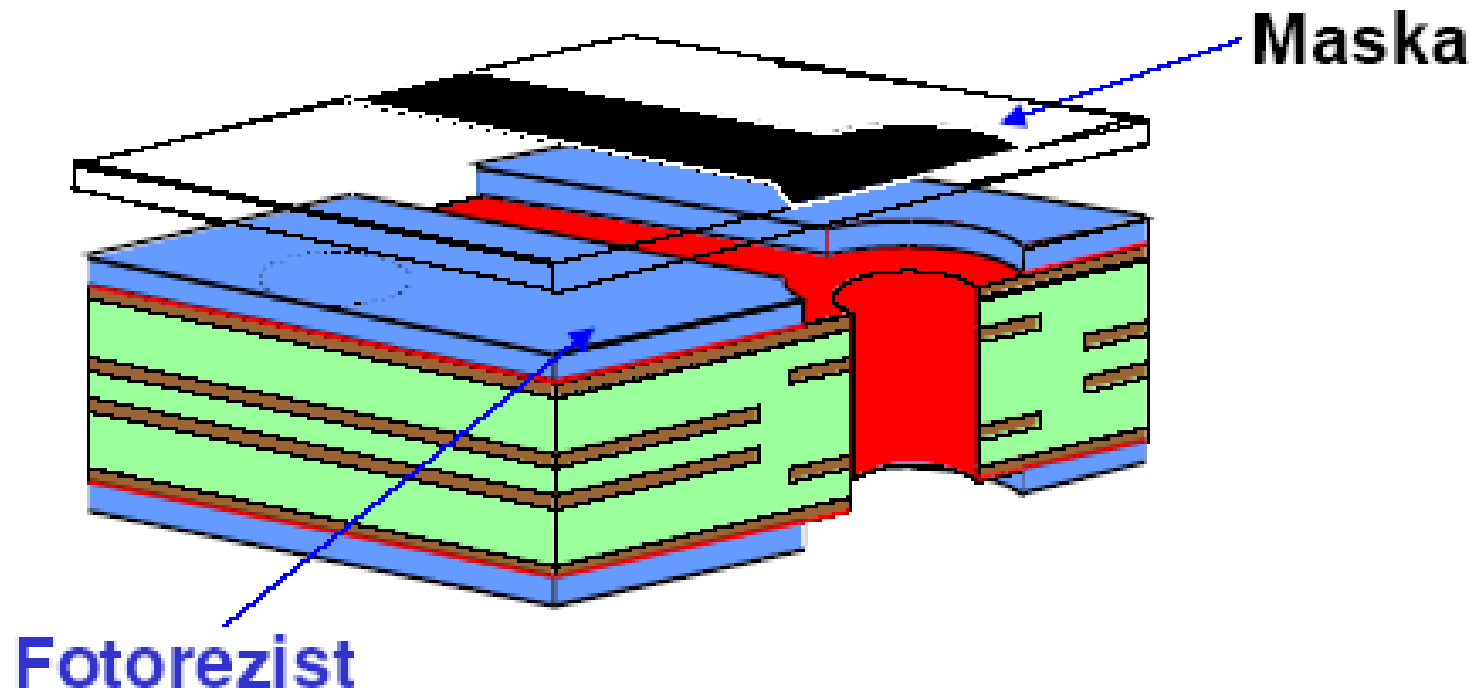


Black-hole

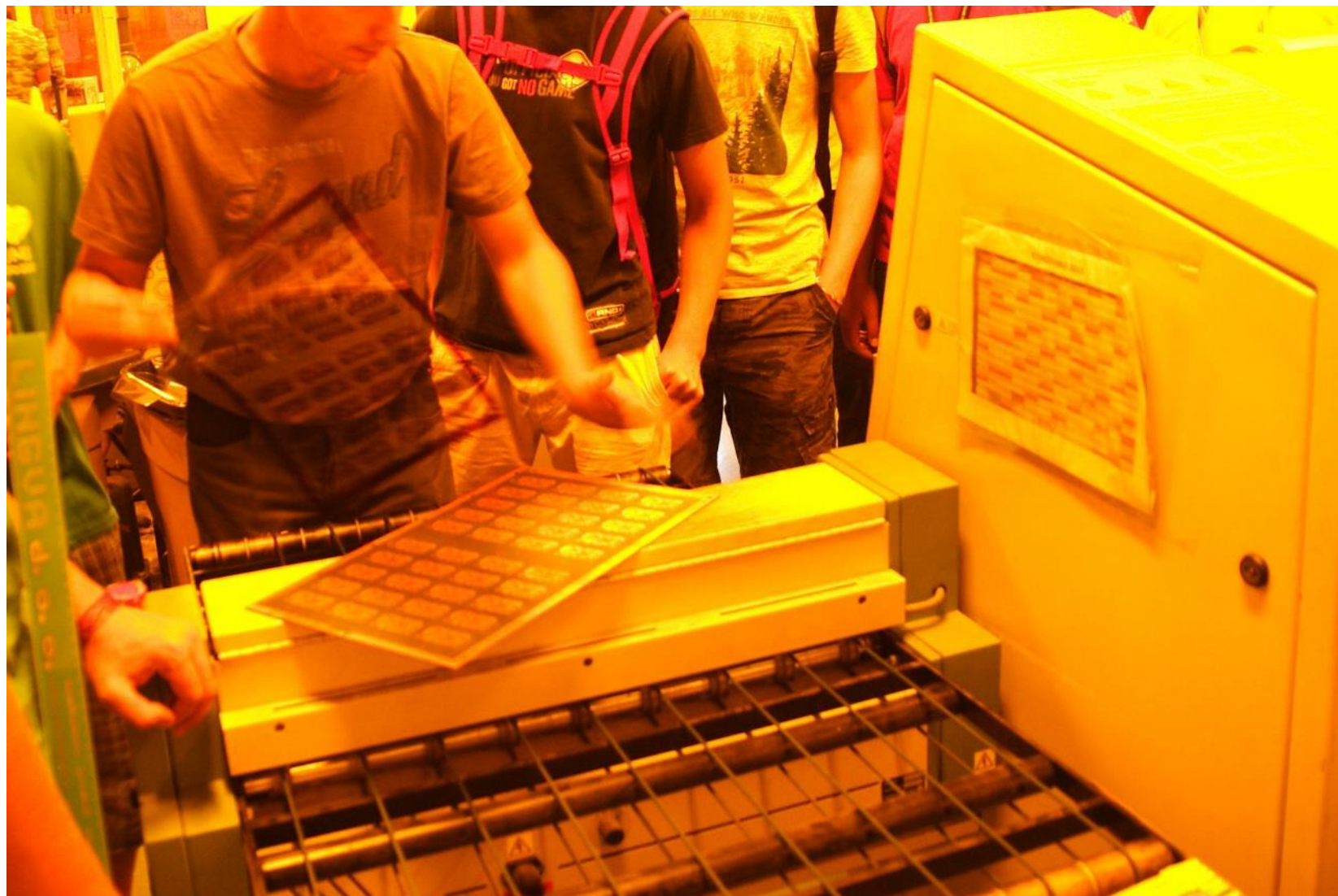


Fotopostopek

- Nanos, zaščita, osvetlitev in razvijanje fotorezista
- Tam, kjer so povezave ali luknje, fotorezist odstranimo



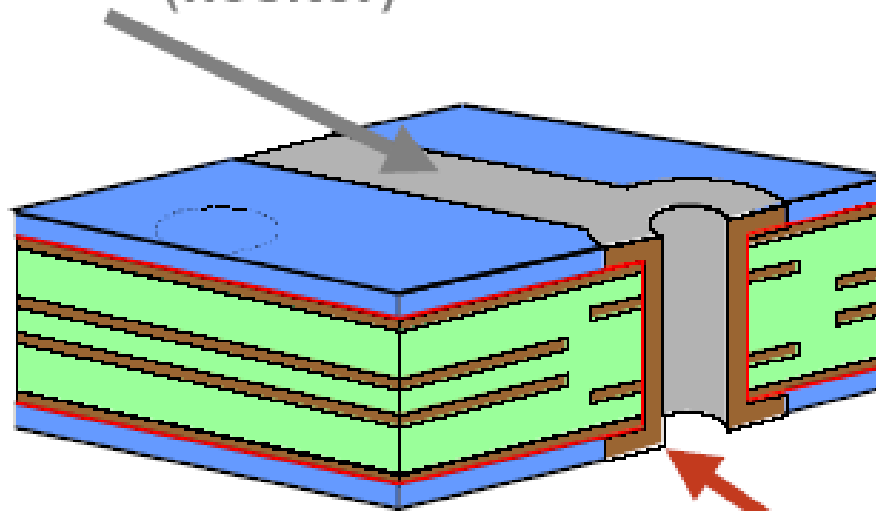
Fotopostopek



Galvanizacija

- Galvanski nanos ustrezne končne debeline bakra
- Zaščita s SnPb, ki služi kot maska za jedkanje preostalega bakra.

Kovinska zaščita za jedkanje
(kositer)

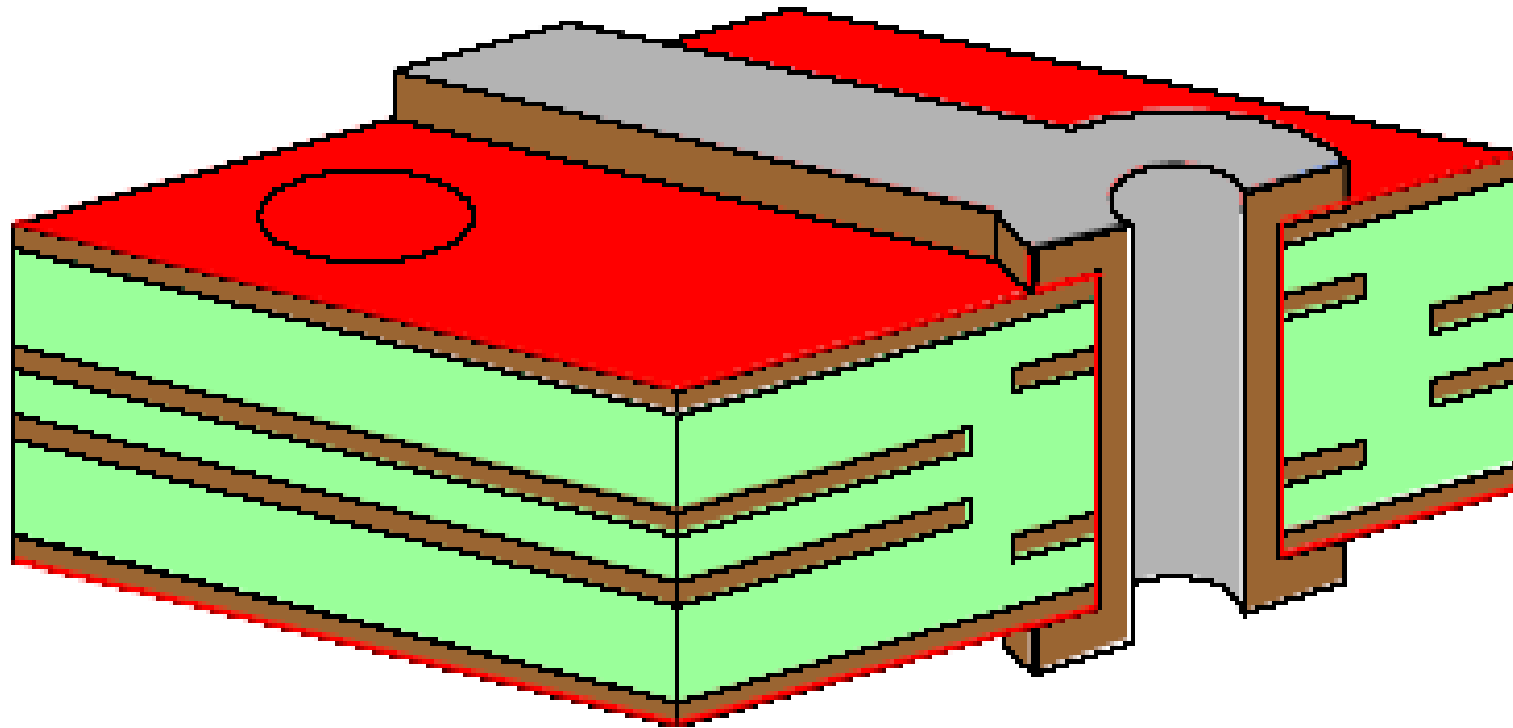


Elektronanos Cu

Galvanizacija

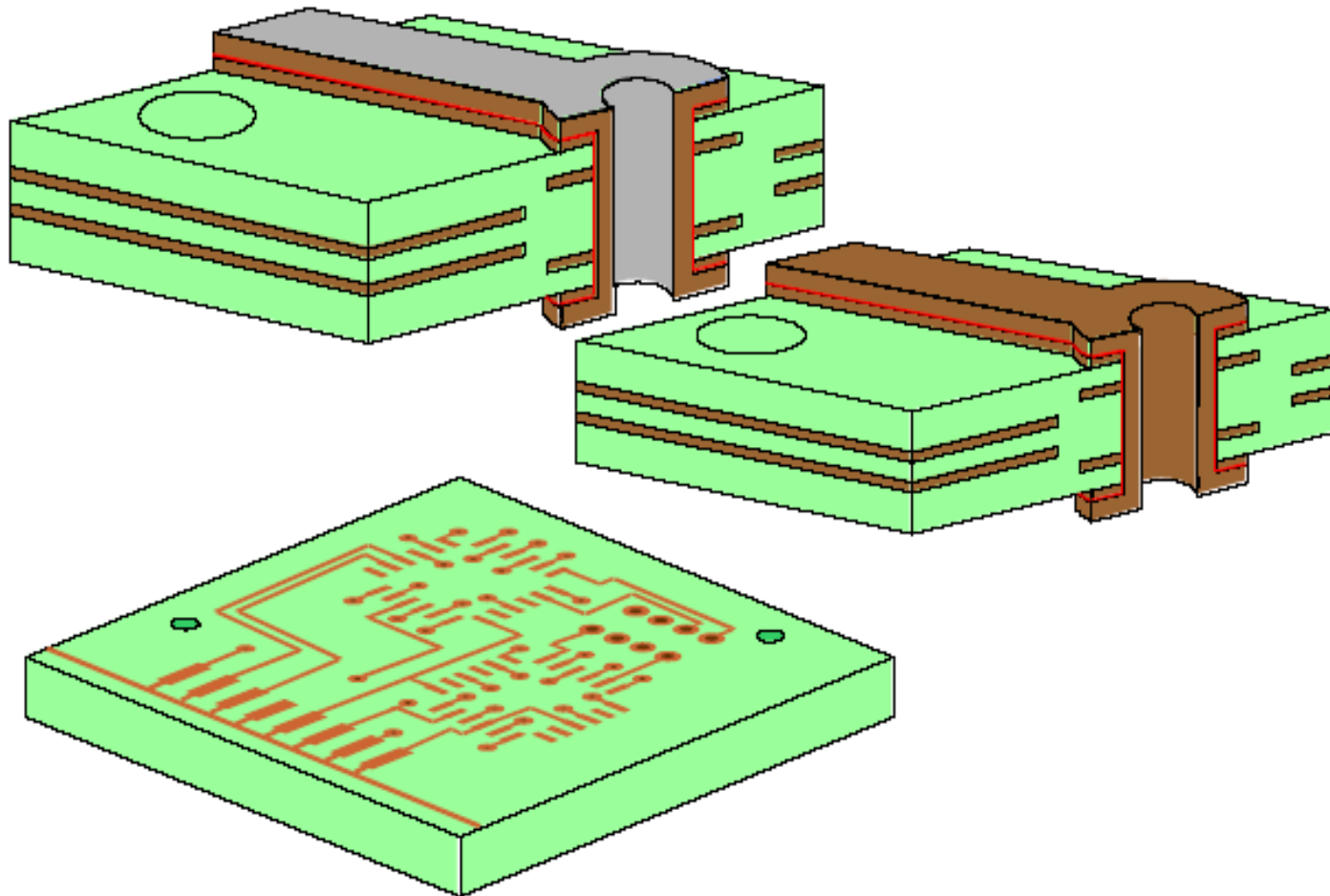


Odstranitev fotoresista



Jedkanje in odstranitev kositra

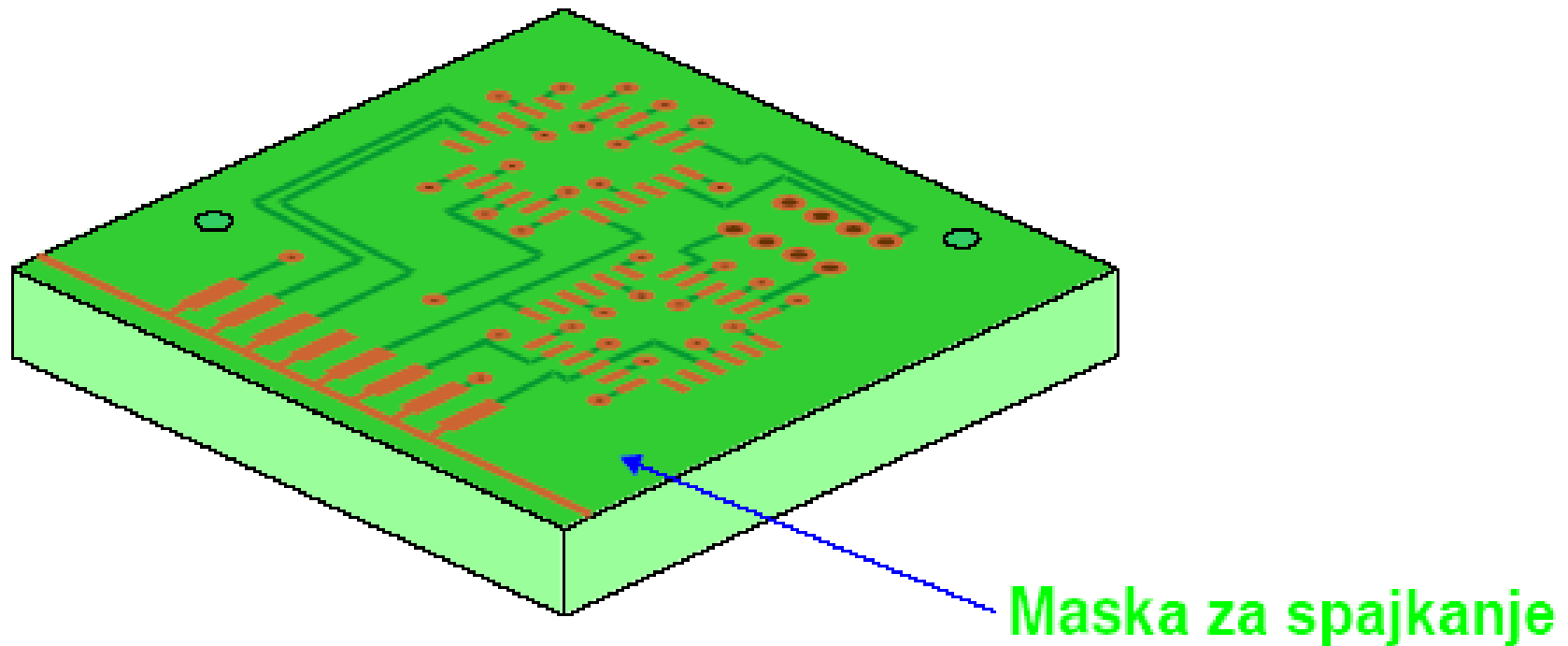
Jedkanje z amonijevimi jedkali



Jedkanje in odstranitev kositra

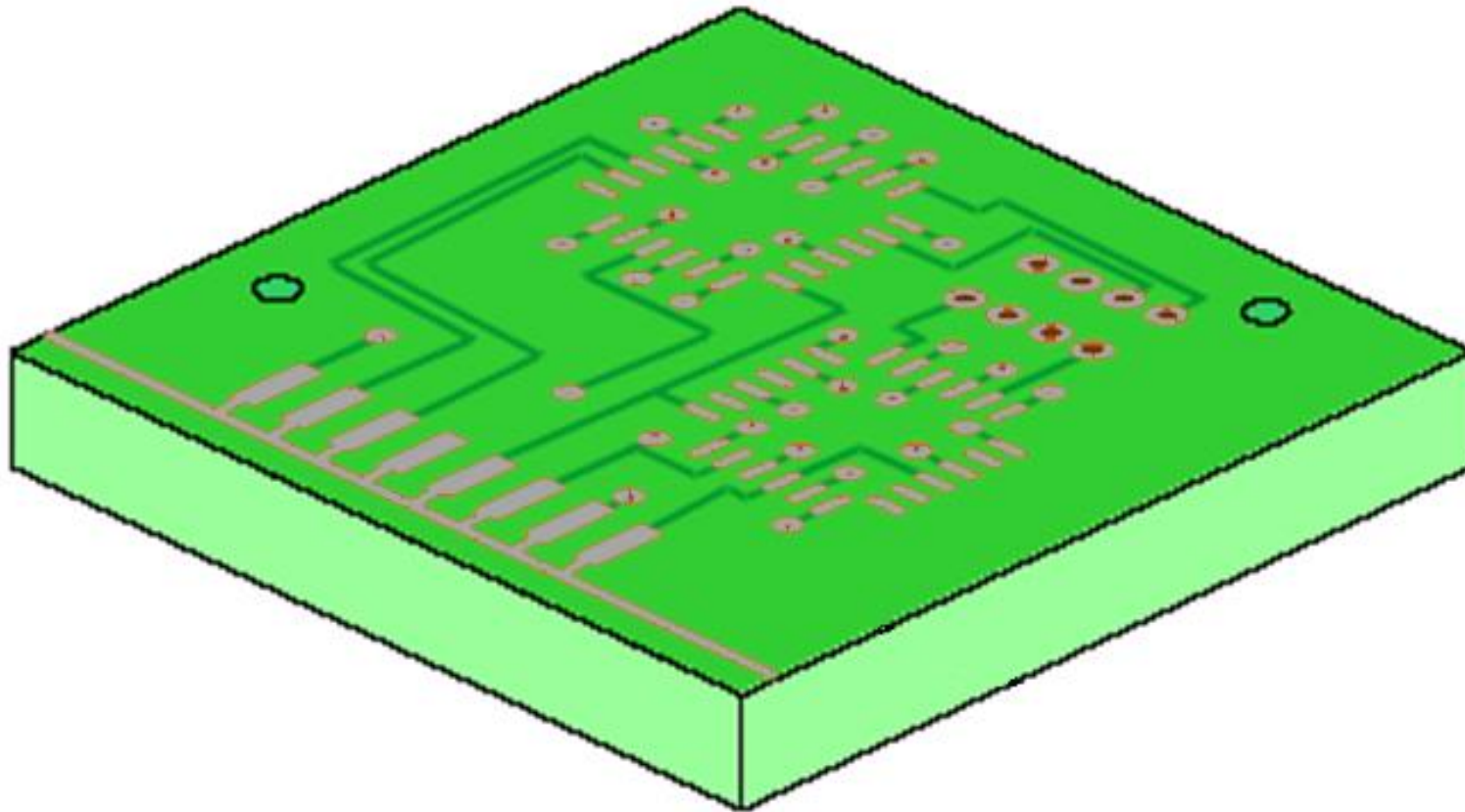


Maska za spajkanje (stop maska)

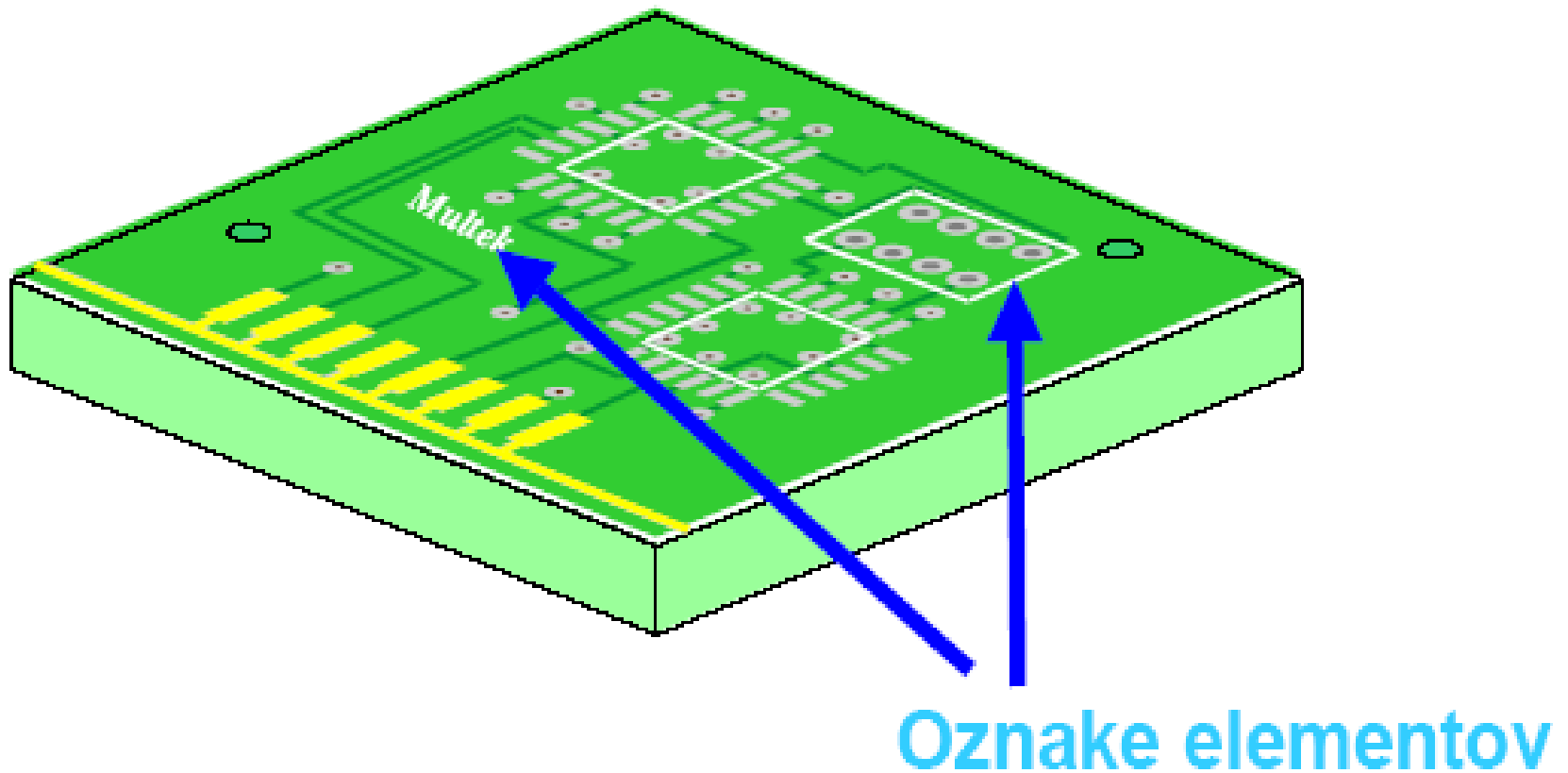


- S fotopostopkom se skozi masko odpre optine tam, kjer se spajka

Vroče kositranje



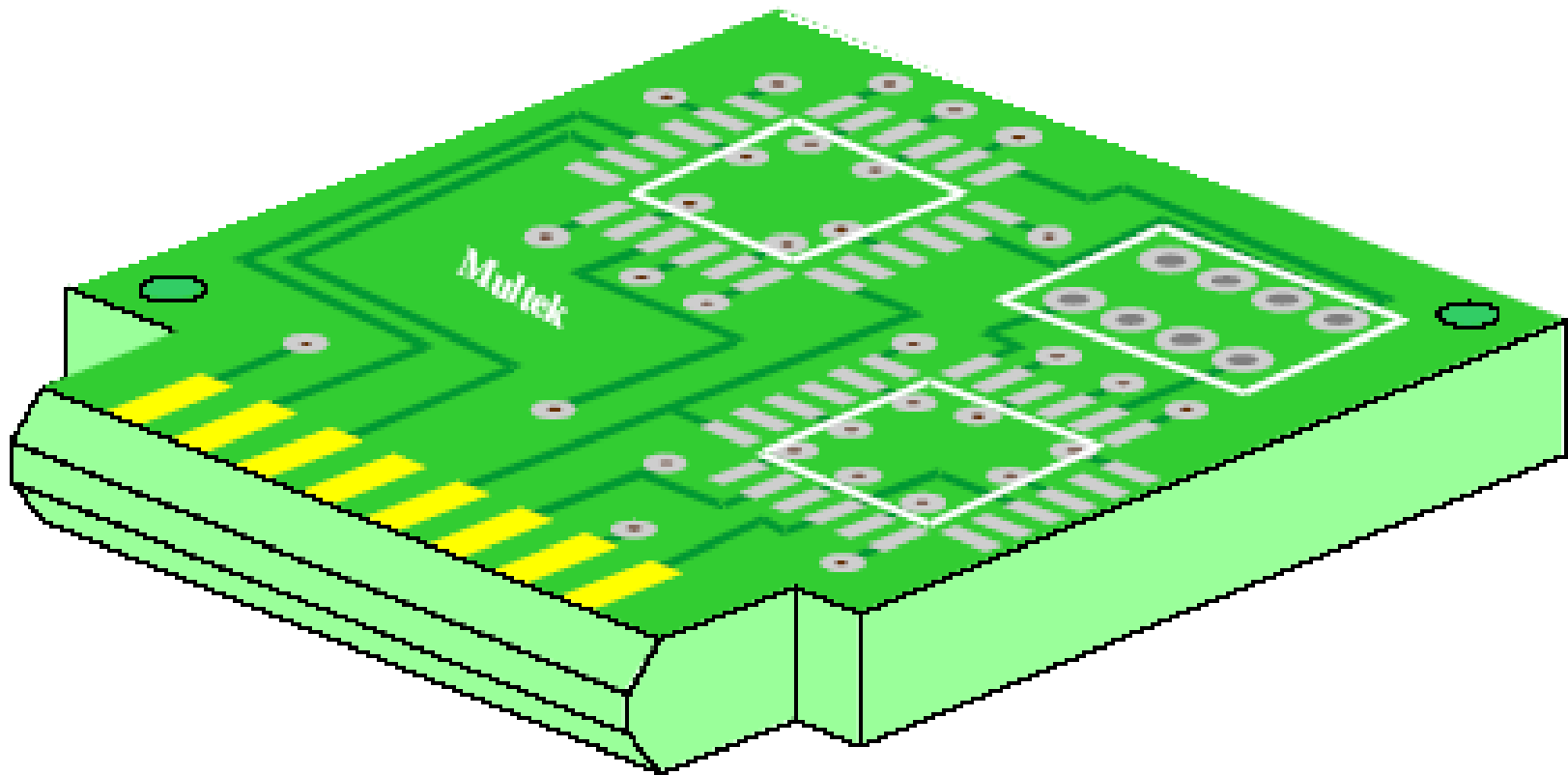
Tiskanje oznak komponent (Silk screening)



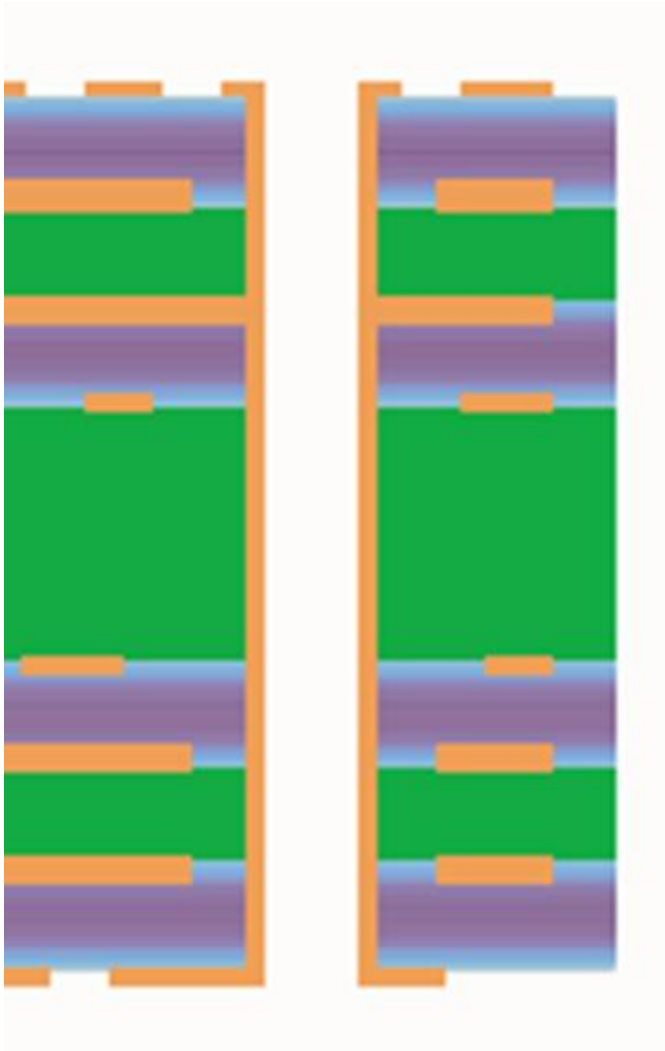
Električno testiranje



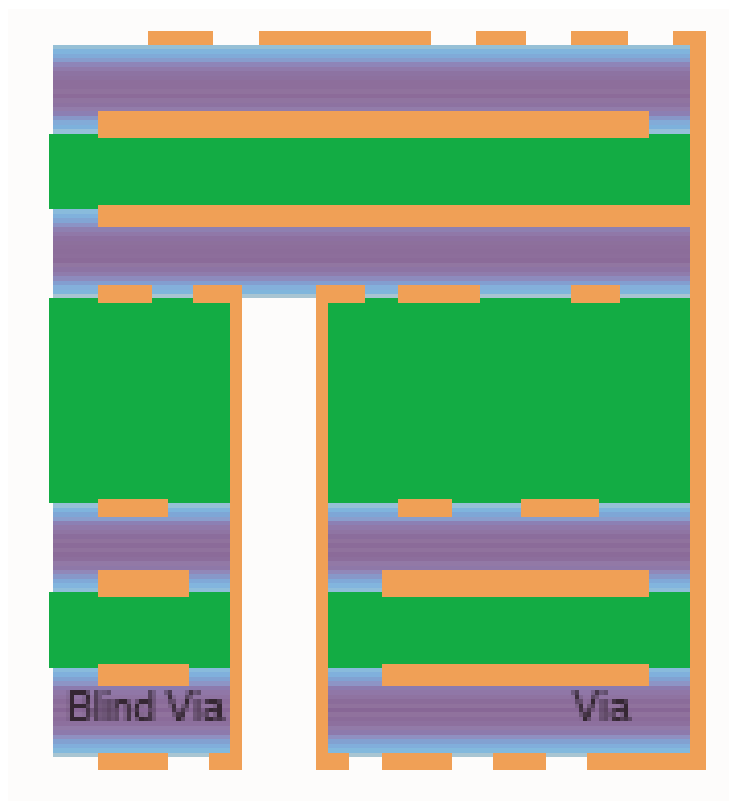
Mehanska obdelava plošče (robovi, izrezi, ...)



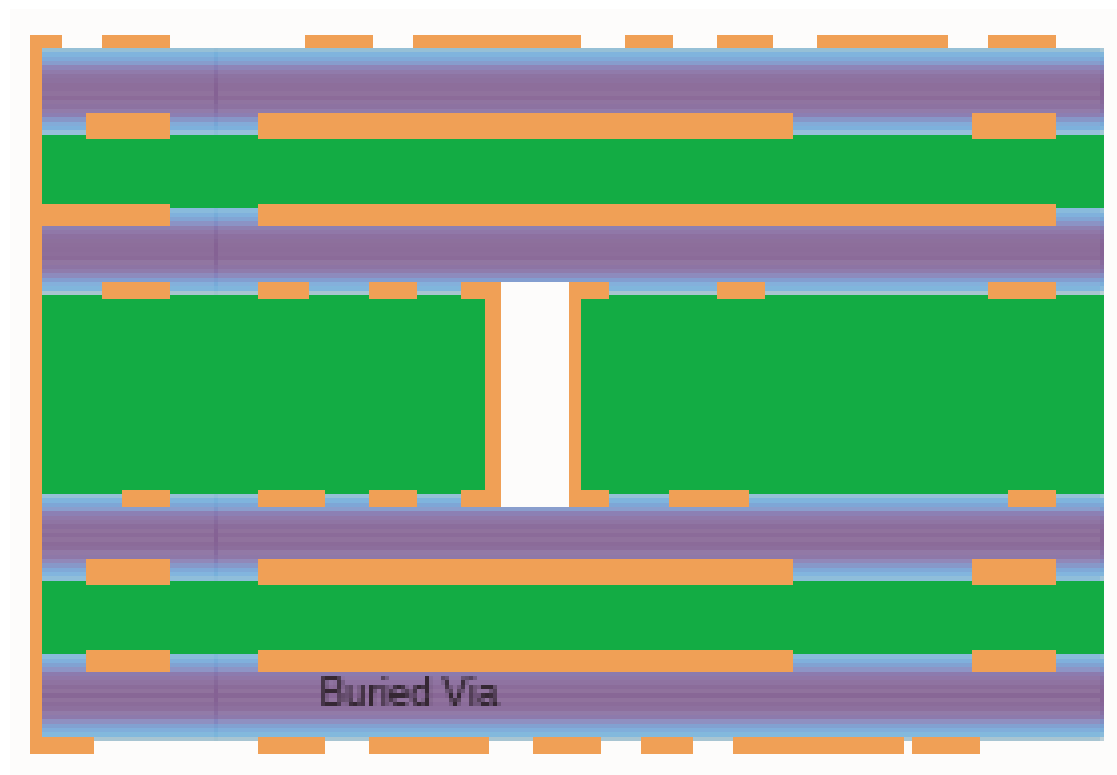
Metalizirani prehod (via)



Posebni prehodi – special vias



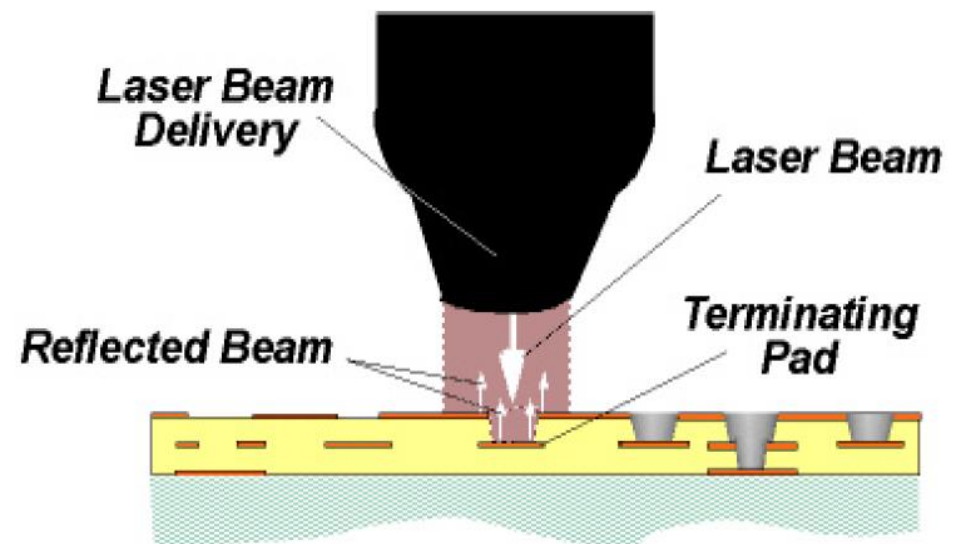
Slepi prehod



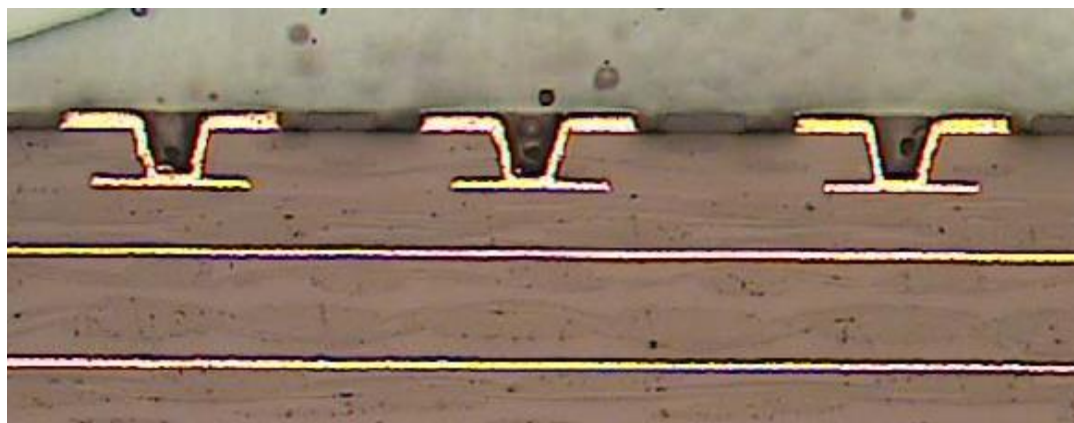
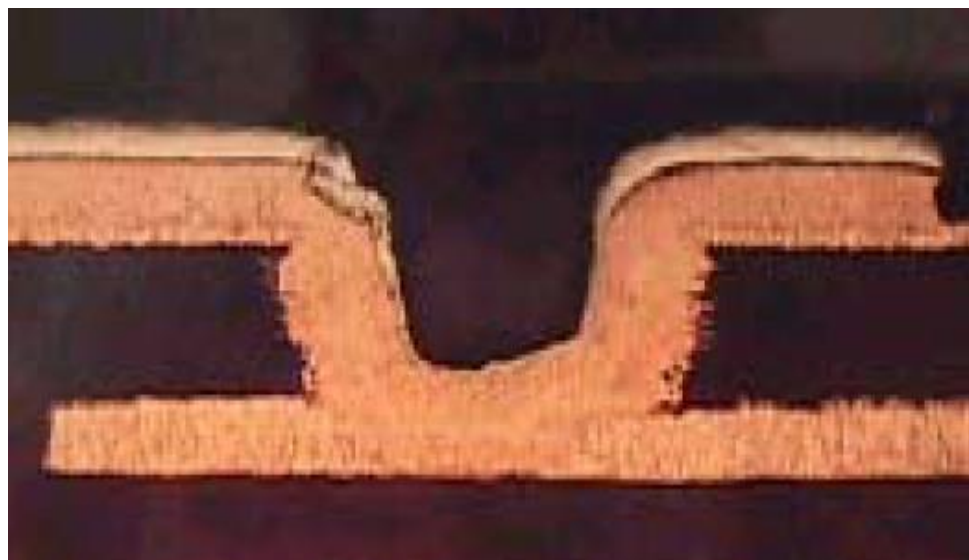
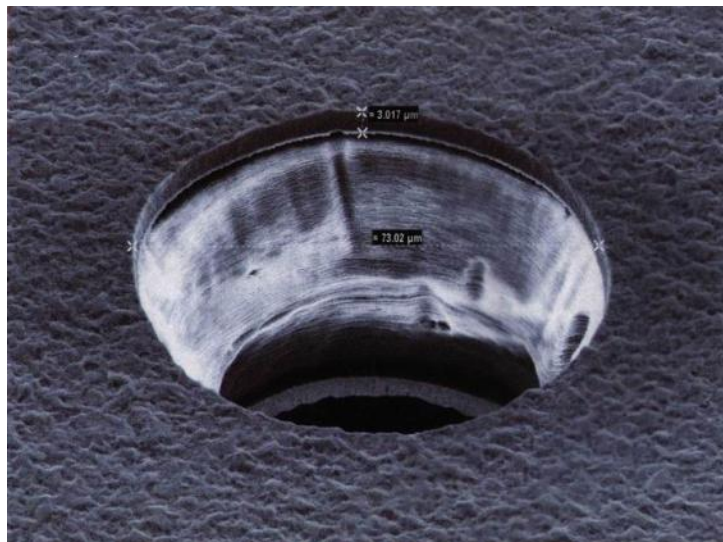
Pokopani prehod

Microvia

- Izdelava
 - Lasersko vrtanje z IR ali z UV-laserjem
 - Plazemsko jedkanje
 - Mehansko vrtanje
- Premer vie pod $150\ \mu\text{m}$
- Laserski žarek ima večji premer
- Baker predstavlja masko za
 - Premer vie
 - Globino vie



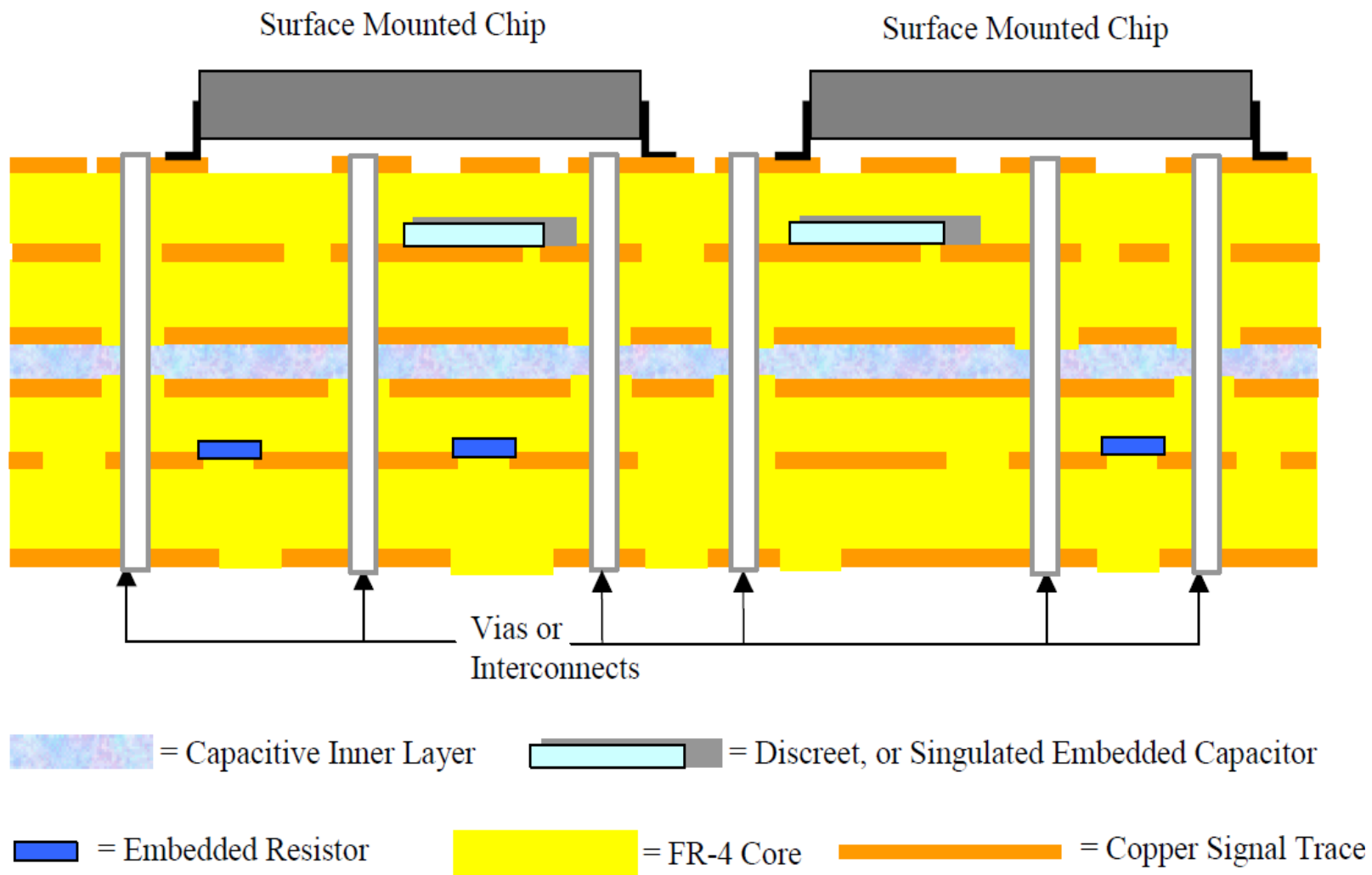
Microvia



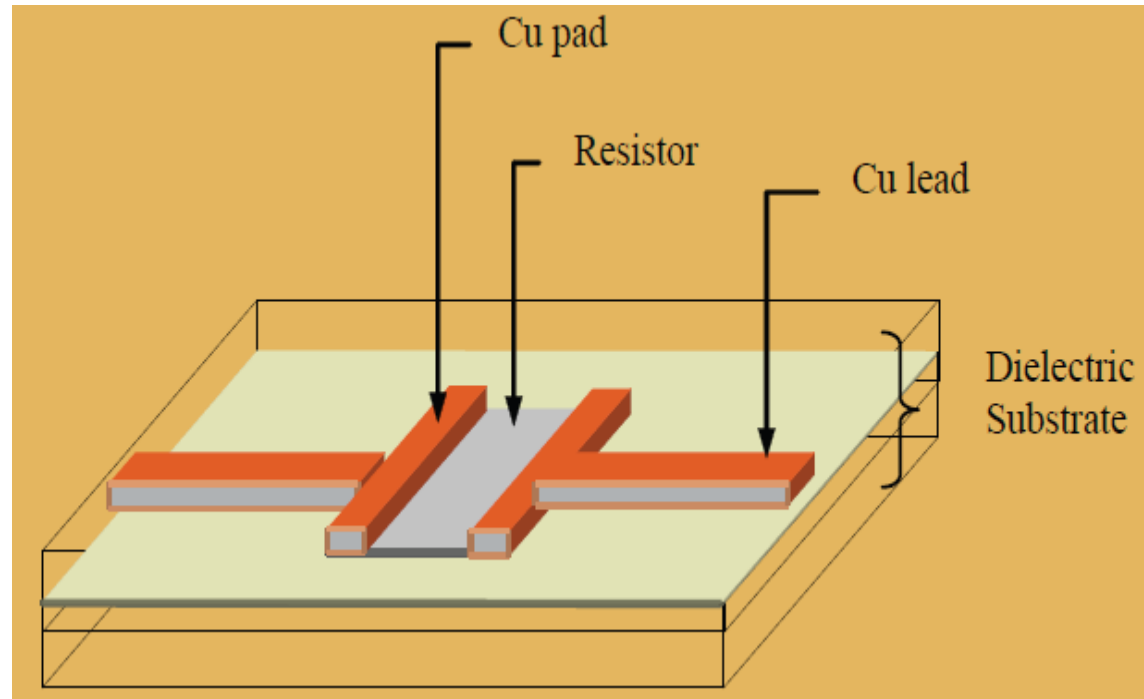
Vkopane pasivne komponente

- Embedded passive – pasivne komponente vdelane v notranje plasti tiskanih vezij
- Prednosti
 - Večja integracija
 - Lokacija tik pod IC, krajše povezave z manjšo induktivnostjo
 - Večja zanesljivost – ni spajkanih kontaktov
 - Sprosti površino PCb za druge aktivne elemente
- Slabosti
 - Manj možnosti za spremembo dizajna
 - Omejena podpora v načrtovalskih programih
 - Cena
 - Odgovornost se prenaša delno na proizvajalca PCB

Vkopane pasivne komponente



Primer izdelave upora



Material za uporovno plasti: NiCr, NiCrAlSi

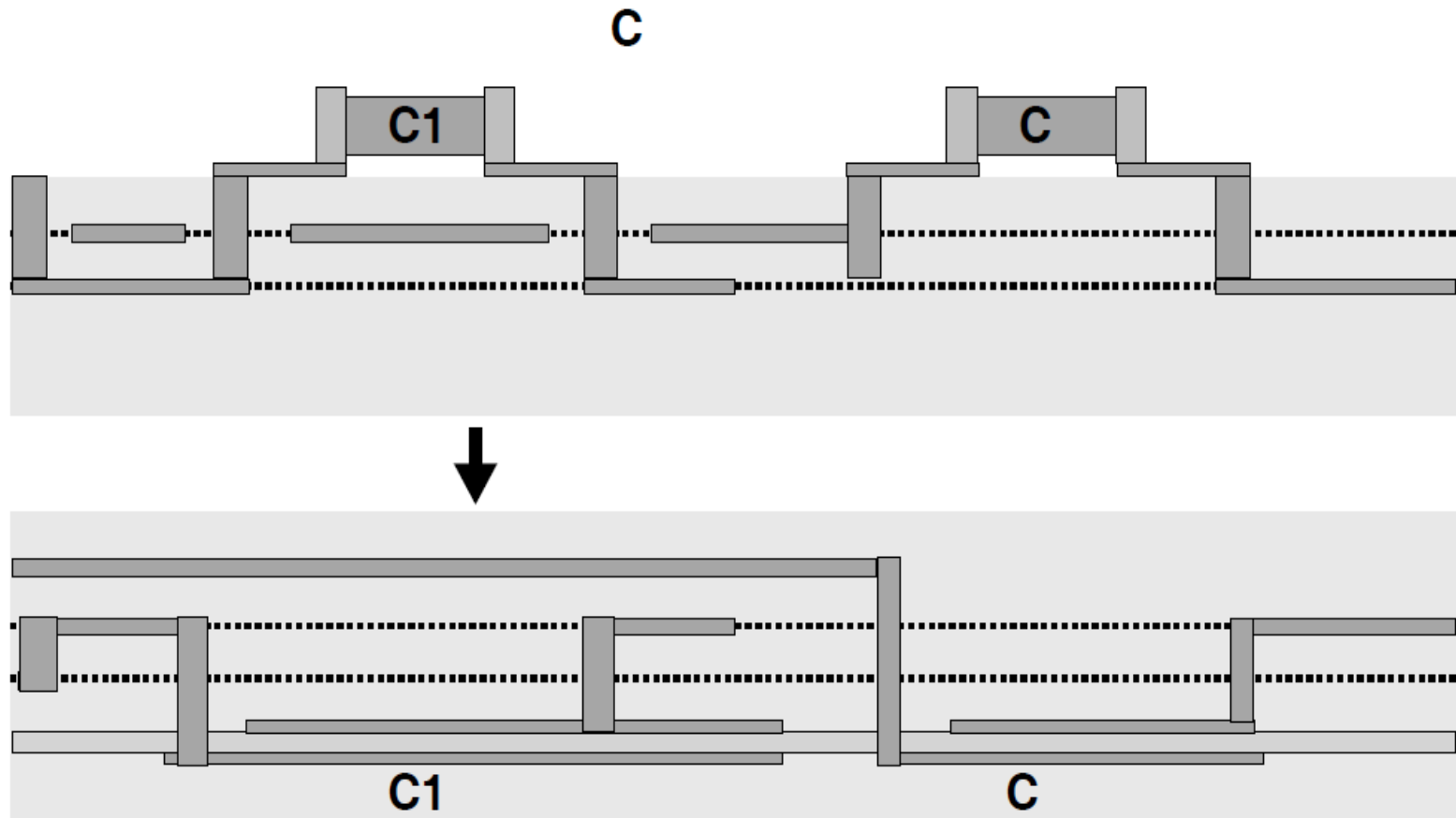
Toleranca upornosti $\pm 10\%$, lasersko trimanje $\pm 1\%$

Debelina plasti 18 ali 35 μm

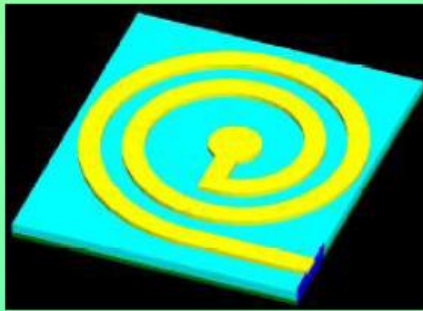
Upornosti kvadratka površine (sheet resistance) 25-250 Ohm

Minimalne dimenzije 5 mils

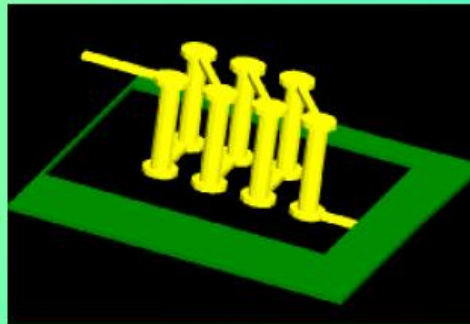
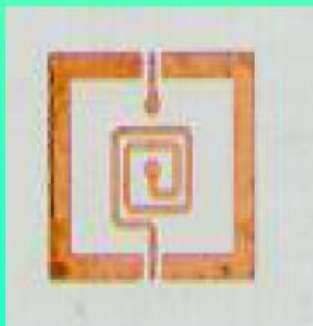
Primer izdelave kondenzatorja



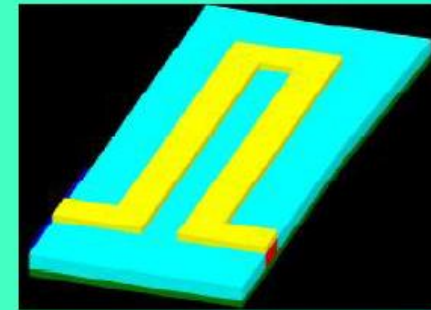
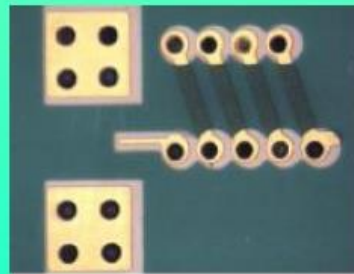
Primer izdelave induktivnosti



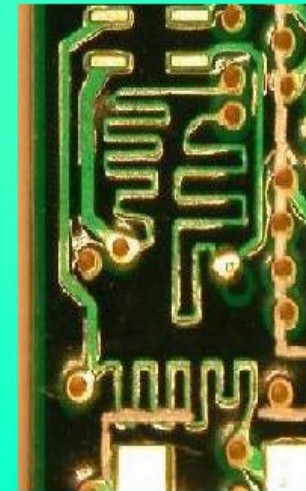
Spiral



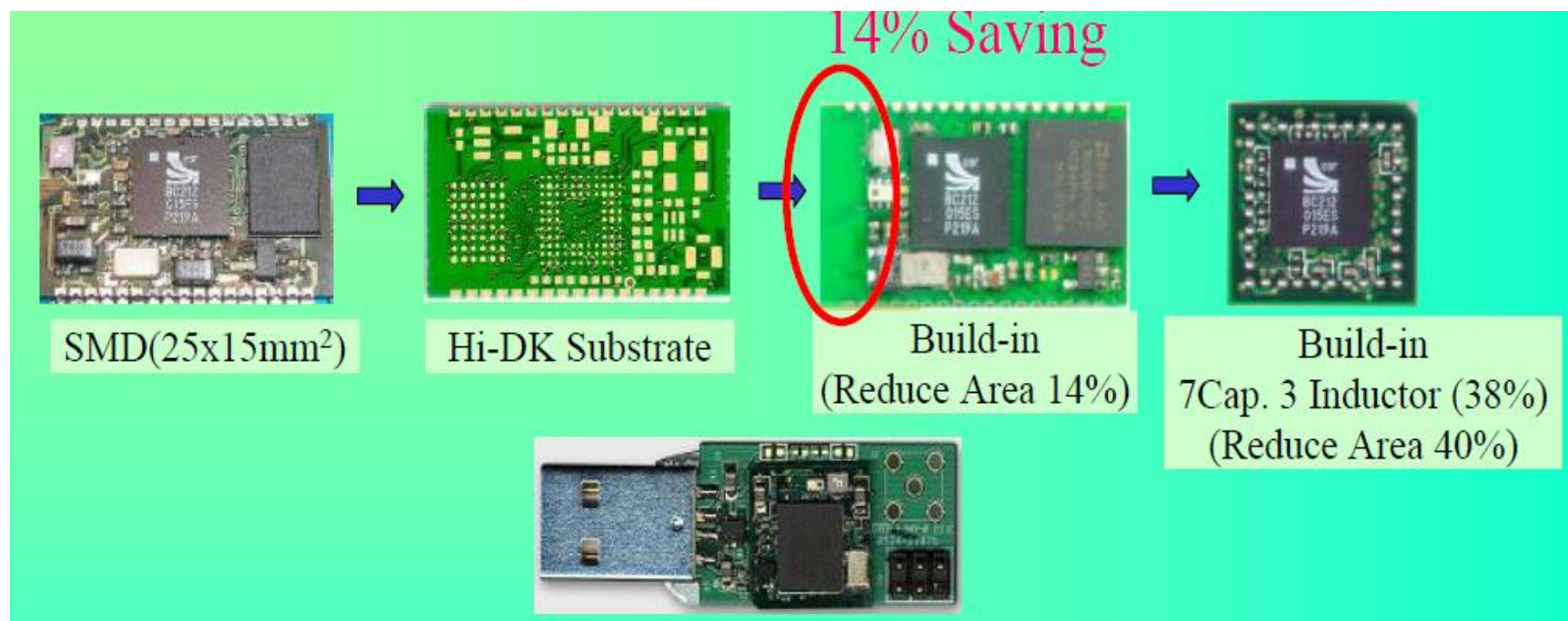
Solenoid



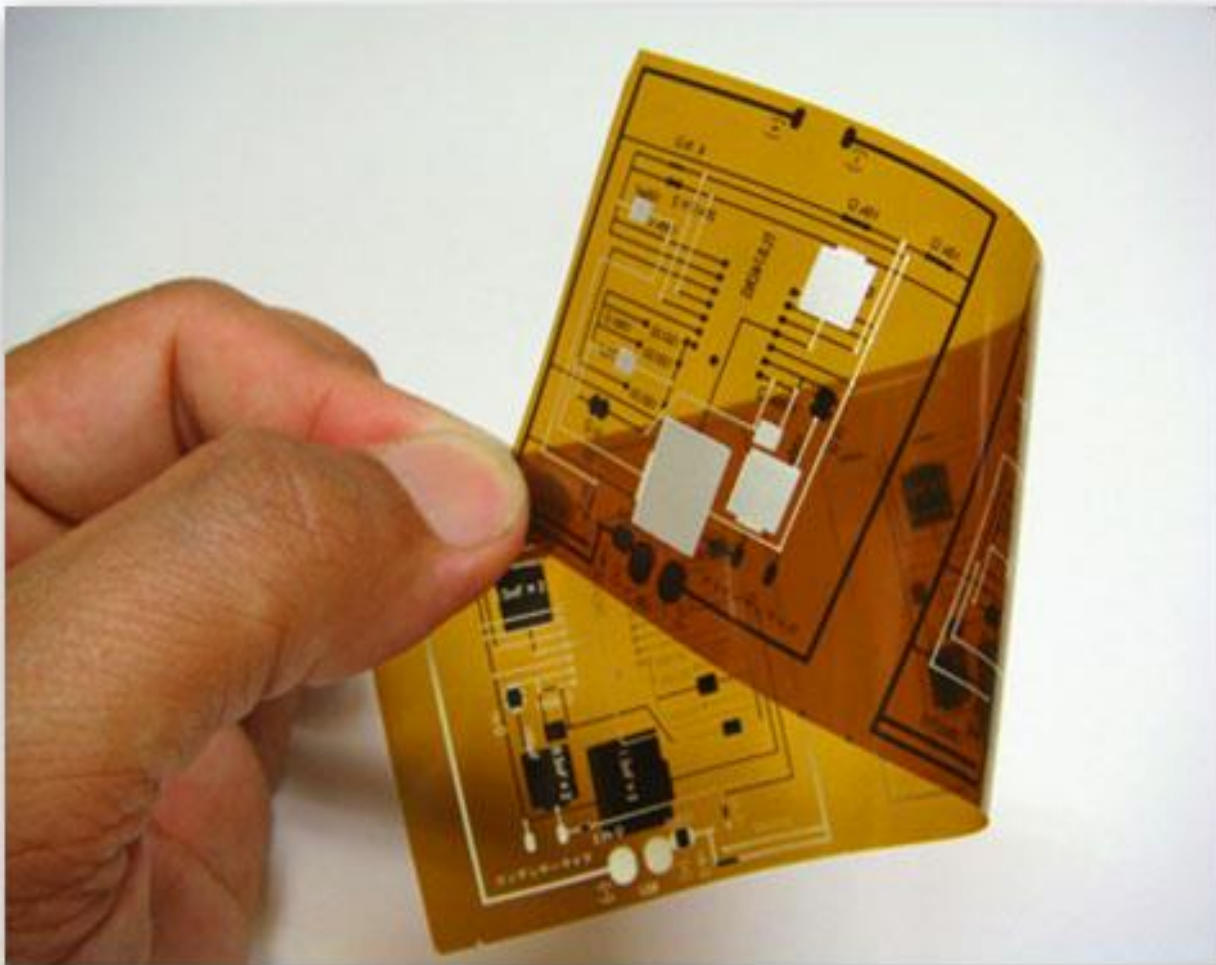
Meander



Primer redukcije površine vezja



Primer vkopanih elementov na fleksibilnem substratu



Tipični podatki proizvodnje

Proizvodnja [m ² /mesec]	55.000
Minimalna dimenzija	75 µm
$\phi_{\min}$ izdelane luknje	125 µm
Microvia	da (50 µm)
Polna microvia	125 µm
Pokopana via	da
Slepa via	da
Maksimalno razmerje H/d	14:1
Nastavitev impedance	± 5%
Vkopane pasivne komp.	R, C
Maksimalno št. plasti	16

Proizvajalci PCB

- Prototipne količine
 - FE, LPVO: rezkar
 - AX elektronika:rezkar, metalizacija <http://www.svet-el.si/>
- Tudi večje količine
 - www.ltek.si
 - www.lingva.si
 - www.luznar.com
 - www.aka.si
 - www.hobotnica.si
 - <http://www.tiskanavezja-grohar.si/>
 - <http://www.elgoline.si/>
- Internetni ponudniki prototipnih količin
 - www.pcbexpress.com
 - www.eurocircuits.com
 - www.pcbcart.com
 - www.olimex.com