



# **TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE PROCESORA**

**DANIJEI ČABARKAPA, TEHNIČKA ŠKOLA ŠABAC**

# PESAK

Sa otprilike 25% učešća, silicijum je nakon kiseonika, najčešći element zemljine kore

Pesak, posebno kvarcni pesak, sadrži visok procenat silicijuma u formi silicijum dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) koji je osnovna sirovina za izradu poluprovodnika.



# Silicijumski pesak



# Topljeni Si

Silicijum se prečišćava kroz više faza kako bi se dobio kvalitet koji zadovoljava standarde za izradu poluprovodnika. Prečišćen, naziva se “silicijum elektronskog stepena” (Electronic Grade Silicon). On može imati svega jedan strani atom na milijardu silicijumskih atoma. Na slici može se videti kako nastaje kristal iz prečišćenog istopljenog silicijuma. Takav monokristal naziva se ingot





INGOT

# Monokristalni Si ingot

Ingot je napravljen iz silicijuma elektronskog stepena. Svaki ingot pojedinačno teži oko 100 kilograma i po sastavu je 99.9999% čistoće silicijuma.





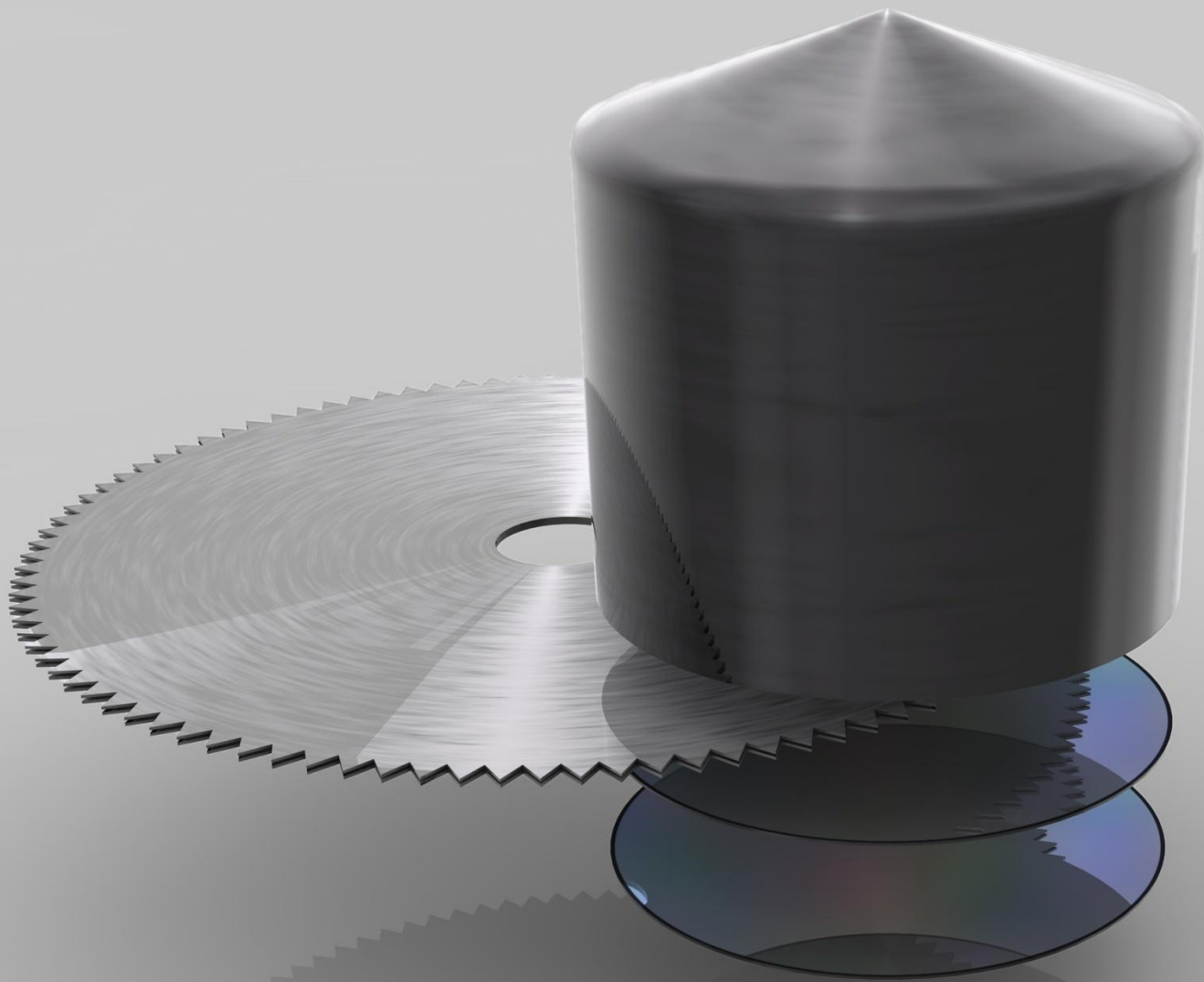
Monokristalni Si ingot

# Sečenje ingota

Ingot se seče u individualne silicijumske diskove koji se zovu **vaferi**.





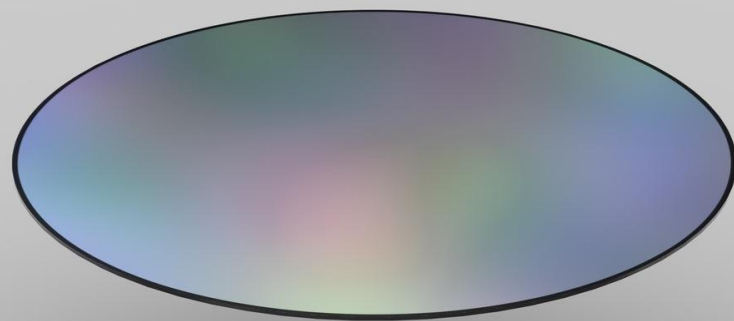


SEČENJE INGOTA-ANIMACIJA

# Vafer

Vaferi se poliraju dok se sa njihove površine ne ukloni i najmanja greška i dok ne postanu glatki kao površina ogledala. Intel kupuje već gotove vafere od proizvođača, a za naprednu tehnologiju 45nm High-K-Metal Gate koristi vafere sa prečnika 300mm. Kada je Intel započeo proizvodnju čipova, elektronska kola su štampana na vaferima od 2 inča (oko 50.8mm). Sada kompanija koristi 300 milimetarske (12-inčne) vafere, što značajno doprinosi smanjenju troškova.

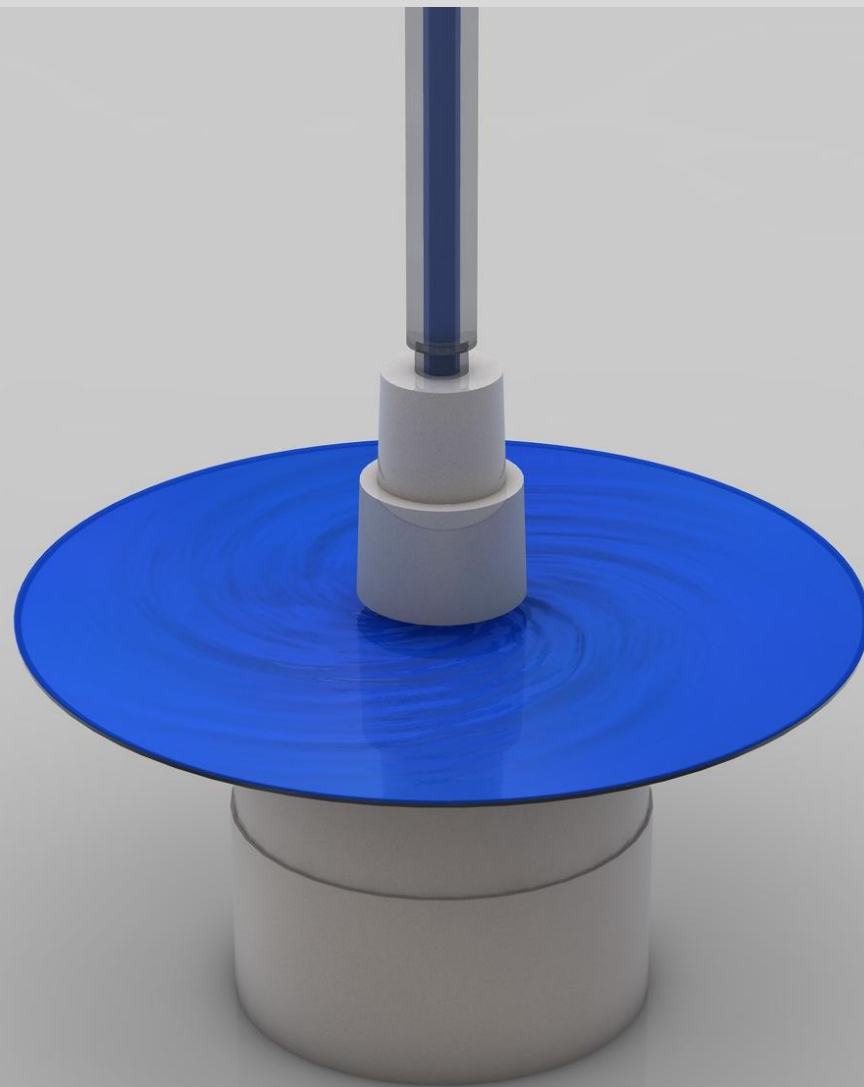




# Nanošenje foto-osetljivog sloja

Tečnost (plava boja na slici) koja se sipa dok se vafer okreće je foto-osetljiv sloj sličan onom koj se koristi u analognoj fotografiji. Vafer se, tokom ovog koraka, okreće kako bi se omogućilo da naneti foto-osetljivi sloj bude veoma tanak i ujednačen



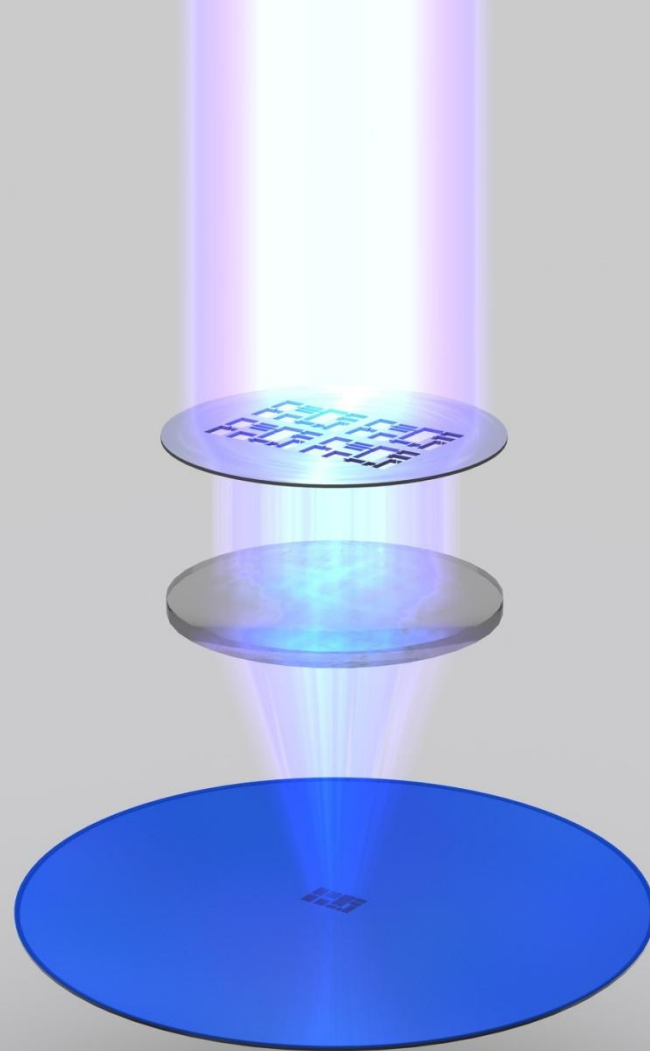


Nanošenje foto-osetljivog sloja

# Izlaganje UV svetlu

Foto-osetljivi sloj se izlaže ultra-ljubičastom svetlu. Hemijska reakcija koja se događa slična je onome što se dešava sa filmom u analognom foto-aparatu, kada pritisnemo dugme za slikanje. Foto-osetljivi sloj, izložen UV svetlu, menja strukturu i postaje uklonjiv. Izlaganje svetlu obavlja se tako što se koriste razne maske koje imaju ulogu matrica u ovoj fazi proizvodnje. Korišćene sa UV svetlom, maske prave različite kružne šare na svakom sloju mikroprocesora.





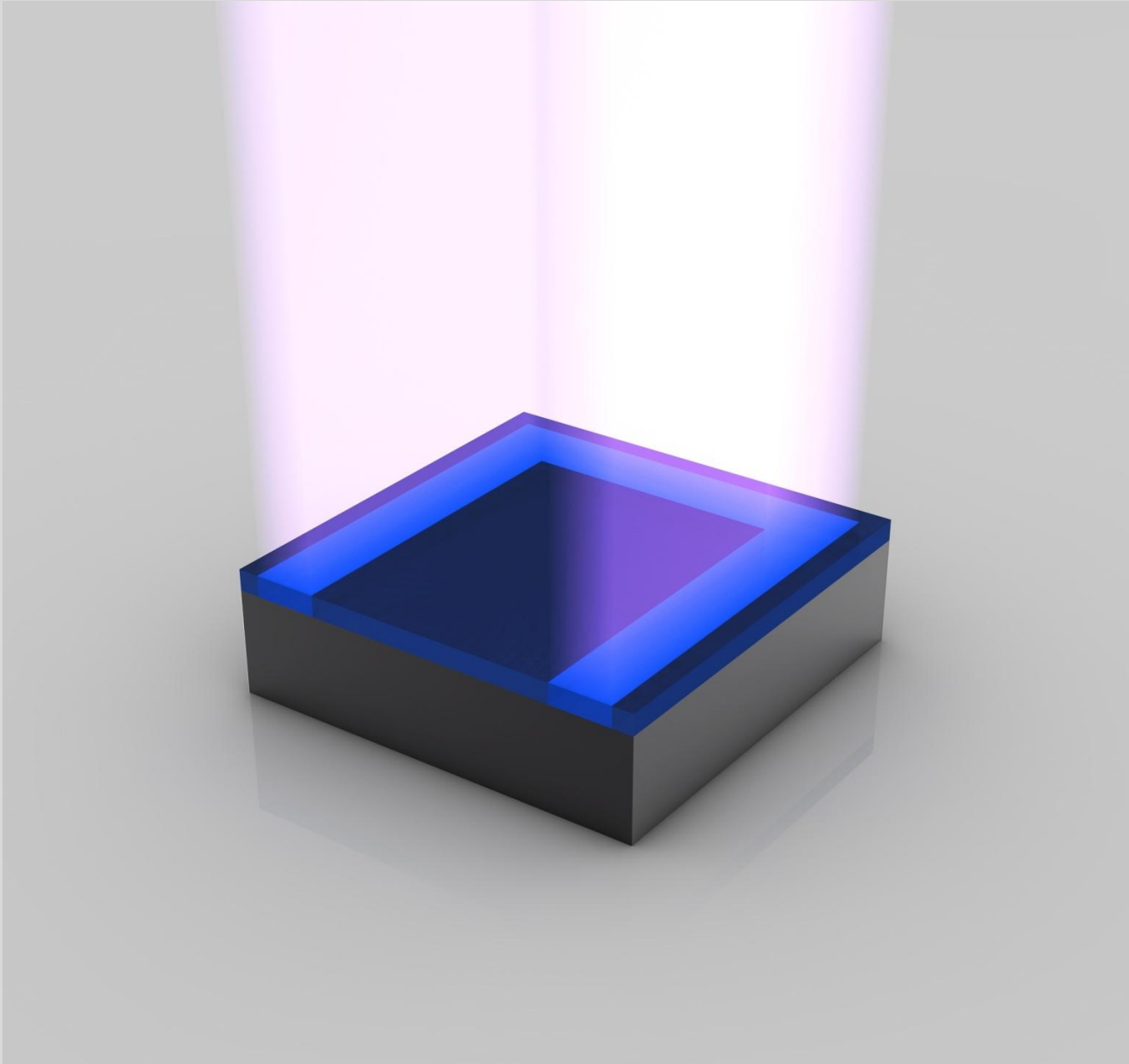
Izlaganje UV-svetlu

# Izlaganje UV svetlu (nivo tranzistora ~50nm)

Iako se nekoliko mikroprocesora pravi na istom vaferu, ova slikovita priča sada će se fokusirati na mali delić mikroprocesora – na tranzistor ili njegov deo. Tranzistor funkcioniše kao prekidač, kontrolišući protok električne struje u kompjuterskom čipu. Intelovi istraživači razvili su toliko male tranzistore da njih čak 30 miliona može stati na glavu čiode.



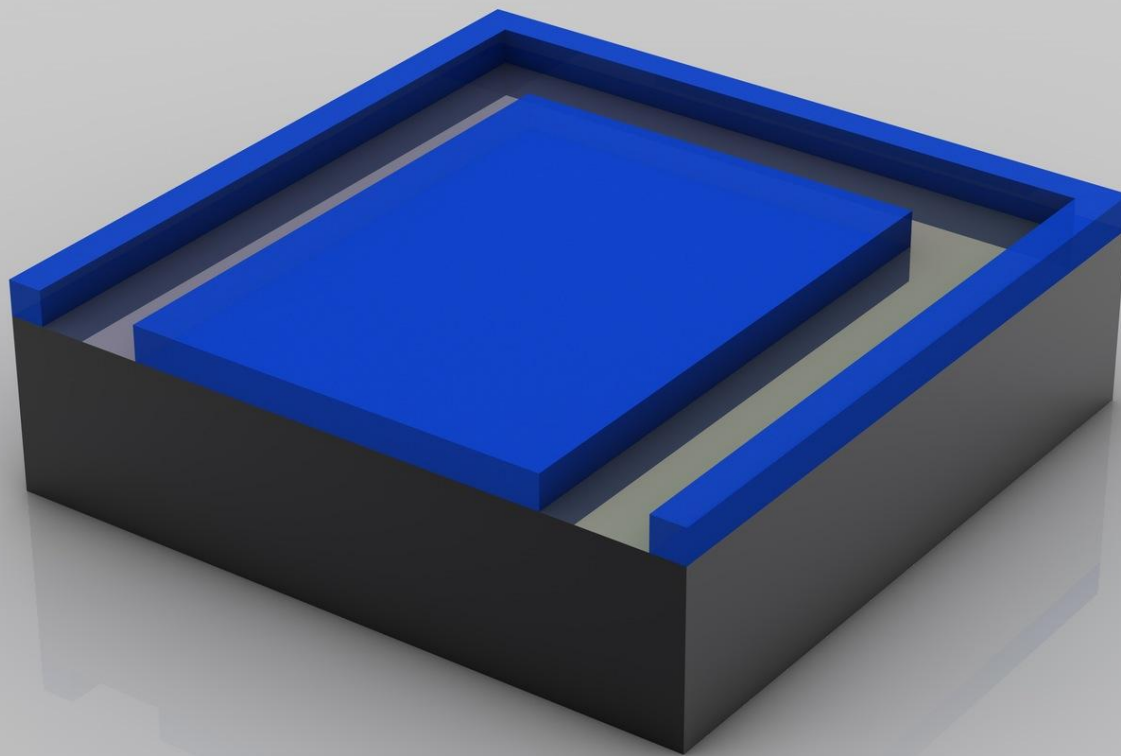




## Ispiranje foto-sloja (nivo tranzistora ~50nm)

Omekšali, želatinozni deo foto-  
osetljivog sloja se u potpunosti  
uklanja rastvaračem. Ovo otkriva  
šaru koju je na foto-osetljivom  
sloju ostavila maska.



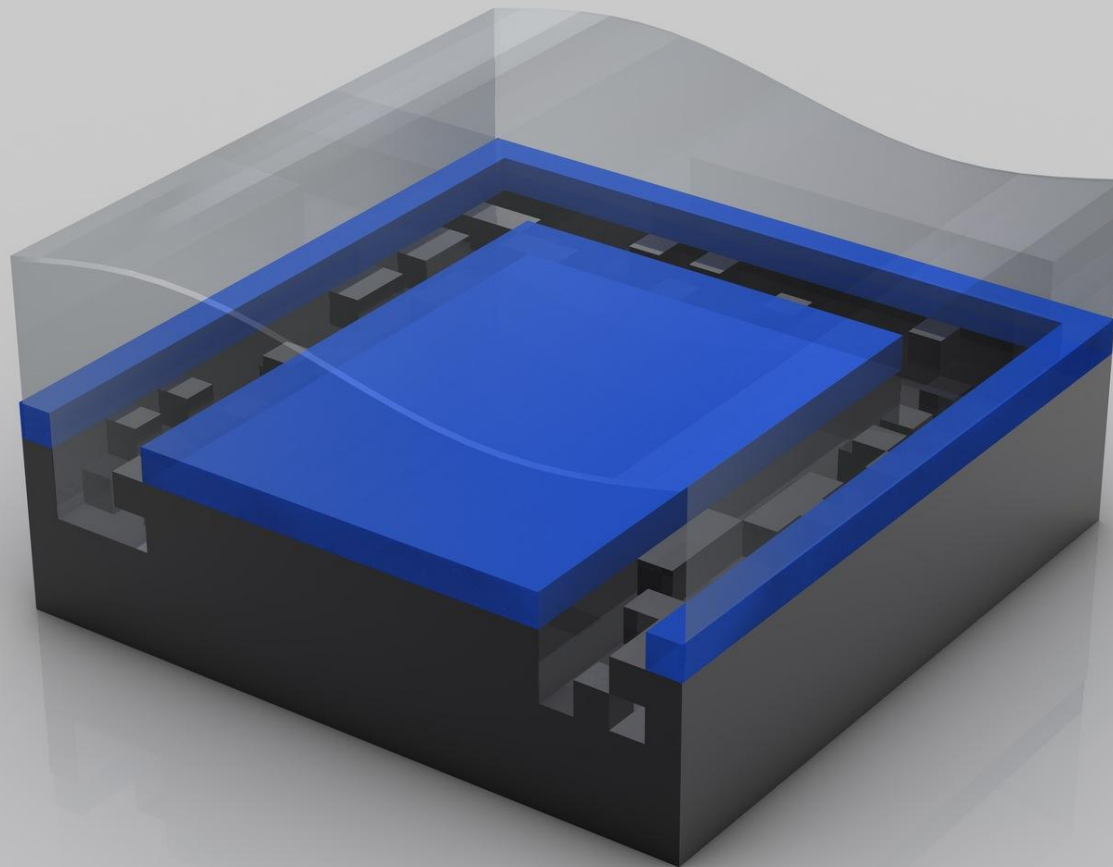


ISPIRANJE FOTO-SLOJA

# Urezivanje (nivo tranzistora ~50nm)

Foto-osetljivi sloj neizložen UV svetlu, ne bi trebao biti oštećen. Na delu sa koga je uklonjen hemijskim putem, urezaće se željena šara.

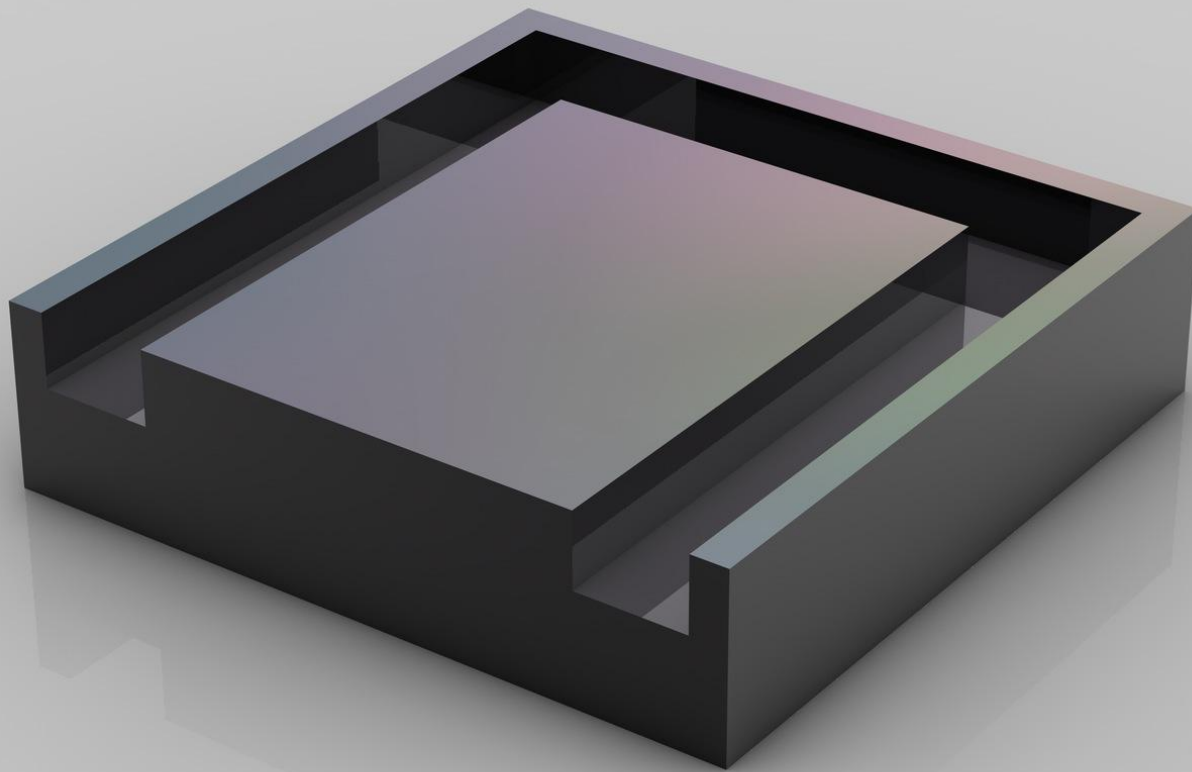




# **Uklanjanje foto-sloja (nivo tranzistora ~50nm)**

**Nakon urezivanja željena šara  
postaje vidljiva.**





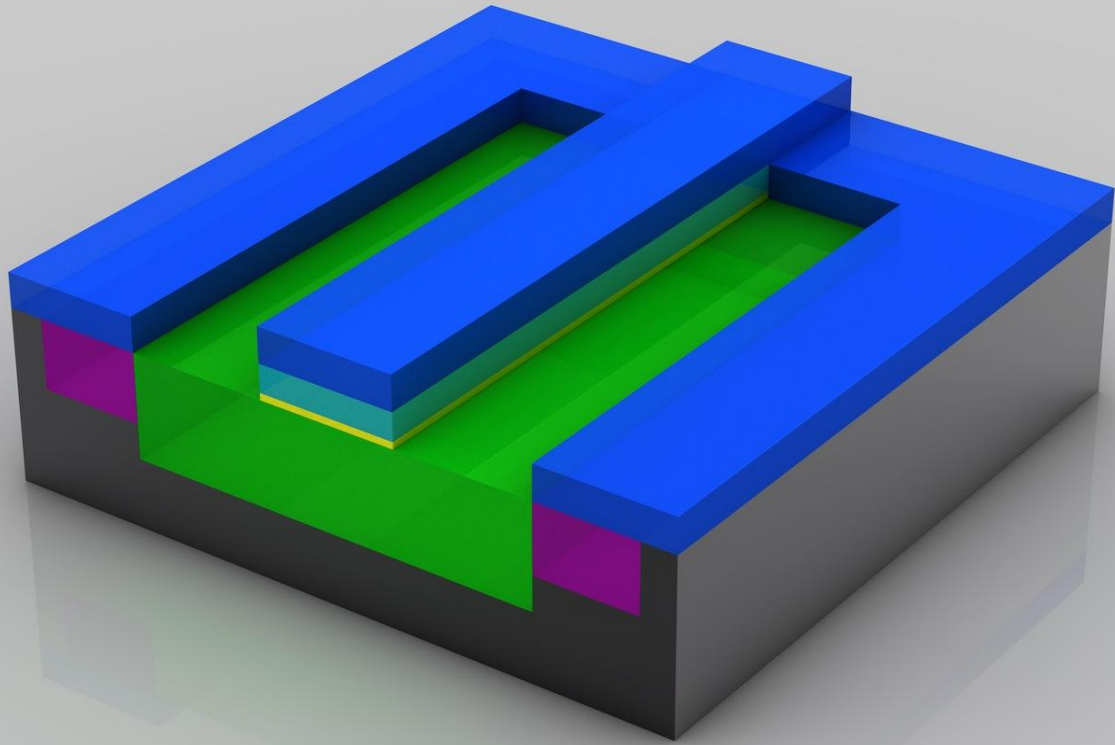
Uklanjanje foto-sloja

# Primena foto-sloja (nivo tranzistora ~50nm)

Nanešeni foto-osetljivi sloj (plava boja), na koji se delovalo, ispira se do sledećeg koraka.







# Implantacija jona

## (nivo tranzistora ~50nm)

Kroz proces koji se zove implantacija jona (jedan oblik ovog procesa zove se “dodavanje primese”), izložena zona silicijumskog vafera se bombarduje raznim hemijskim primesama koje se nazivaju joni. Joni se implantiraju u silicijumski vafer kako bi se, na tim delovima, promenila njegova provodljivost elektriciteta. Joni se ispaljuju na površinu vafera veoma velikim brzinama. Električno polje ubrzava jone do brzine od preko 300.000 km/h.

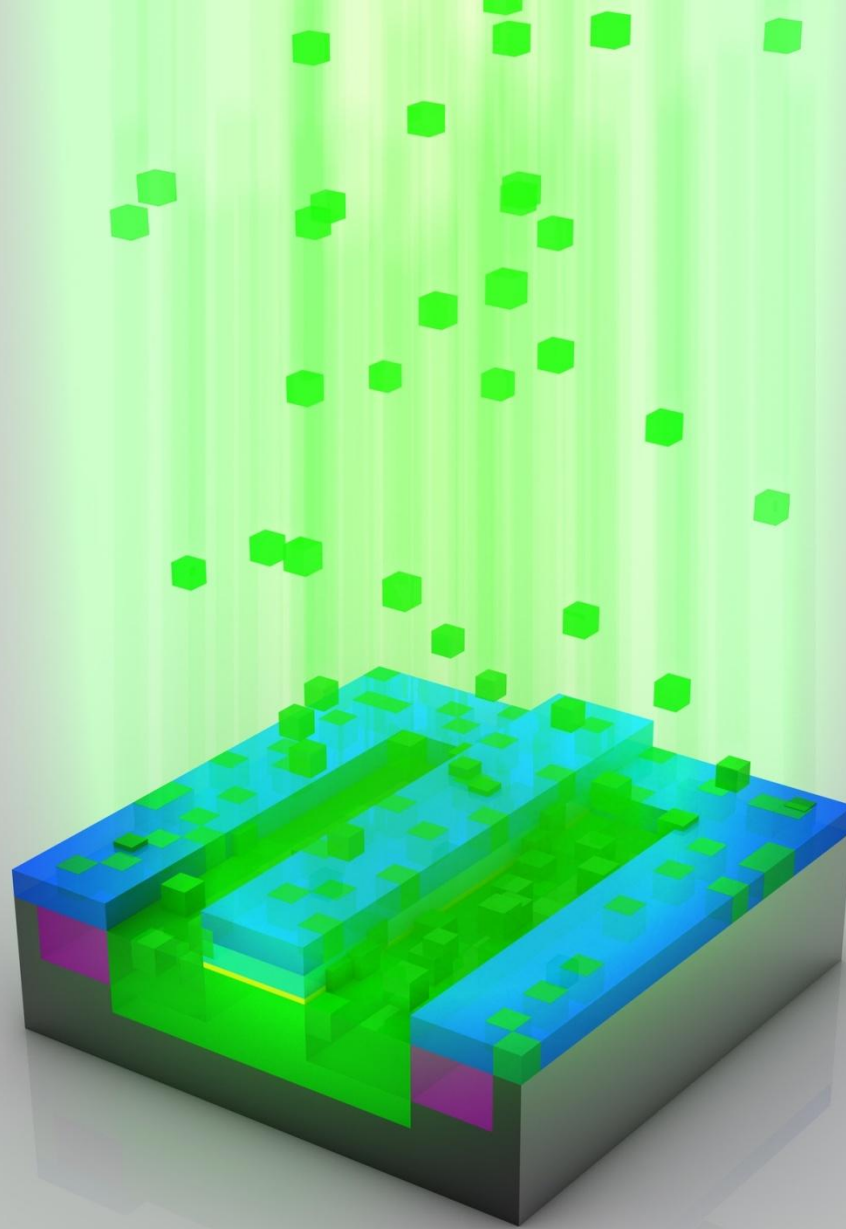


# Implantacija jona

(nivo tranzistora ~50nm)

Nakon jonske implantacije, foto-  
osetljivi sloj se konačno uklanja, i  
strani atomi su implantirani (na slici su  
označeni zelenom bojom).





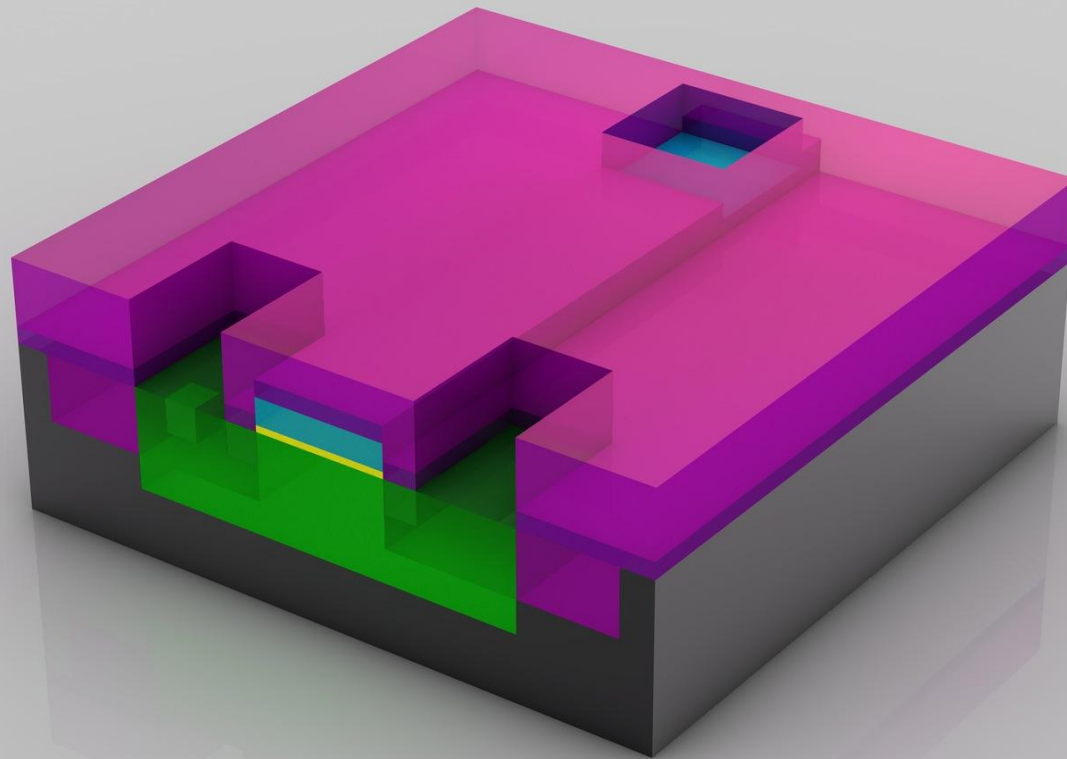
Jonska implementacija

# Gotov tranzistor

(nivo tranzistora ~50nm)

Izrada tranzistora se približava kraju. Tri rupe su izbušene u zaštitnom omotaču iznad tranzistora. Ove tri rupe će biti ispunjene bakrom kako bi se napravio spoj sa drugim tranzistorom.





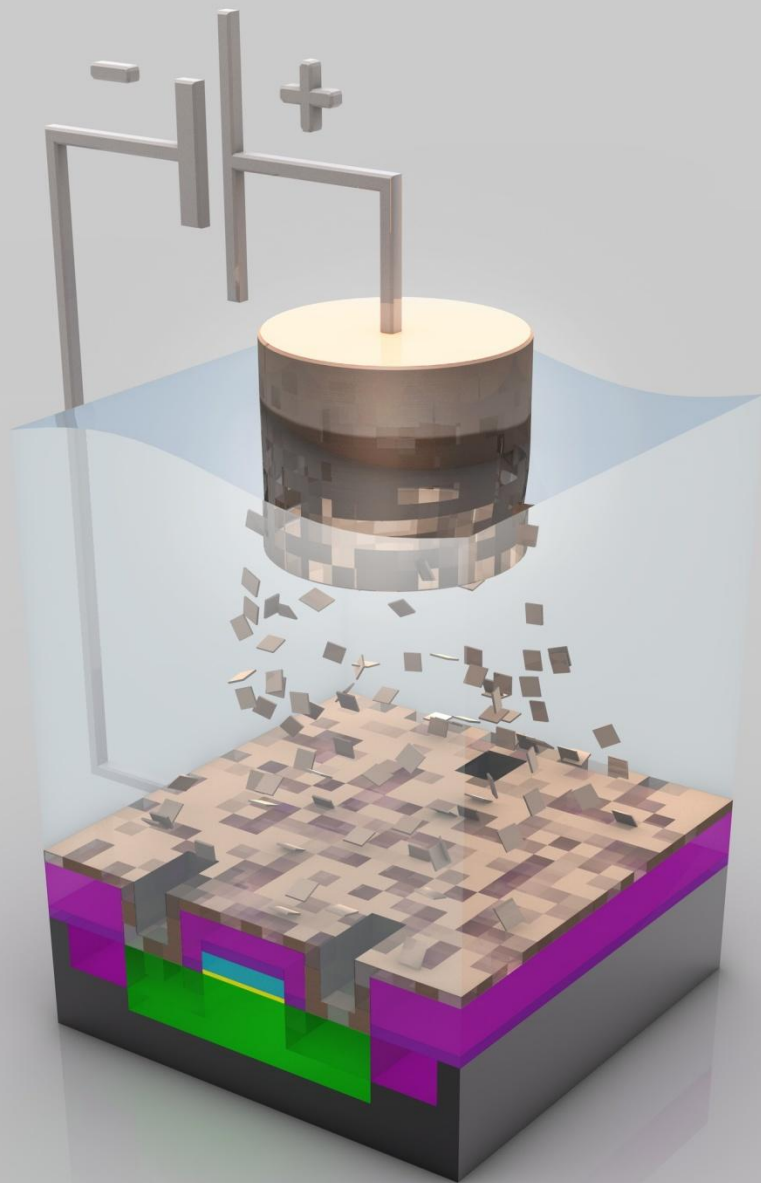
Animacija skoro kompletnog tranzistora

# Elektroforeza

(nivo tranzistora ~50nm)

Vaferi se stavljaju u sumporni rastvor u ovoj fazi. Joni bakra se polažu na tranzistor procesom koji se zove elektroforeza. Joni bakra putuju od pozitivno naelektrisanog pola anode do negativnog (katode) koju predstavlja sam vafer.





Elektroforeza

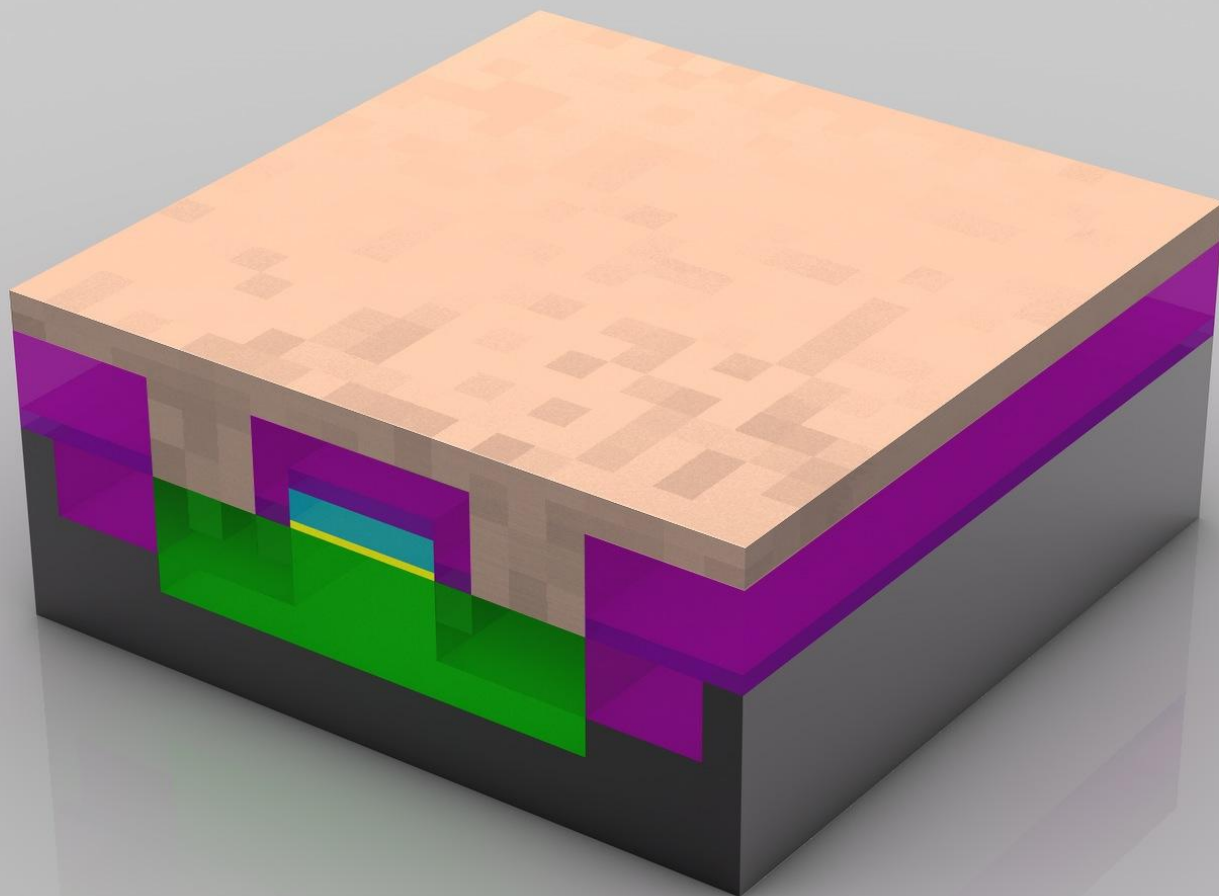


# **Elektroforeza**

**(nivo tranzistora ~50nm)**

**Na površini vafera ovi joni  
napraviće tanak sloj bakra.**





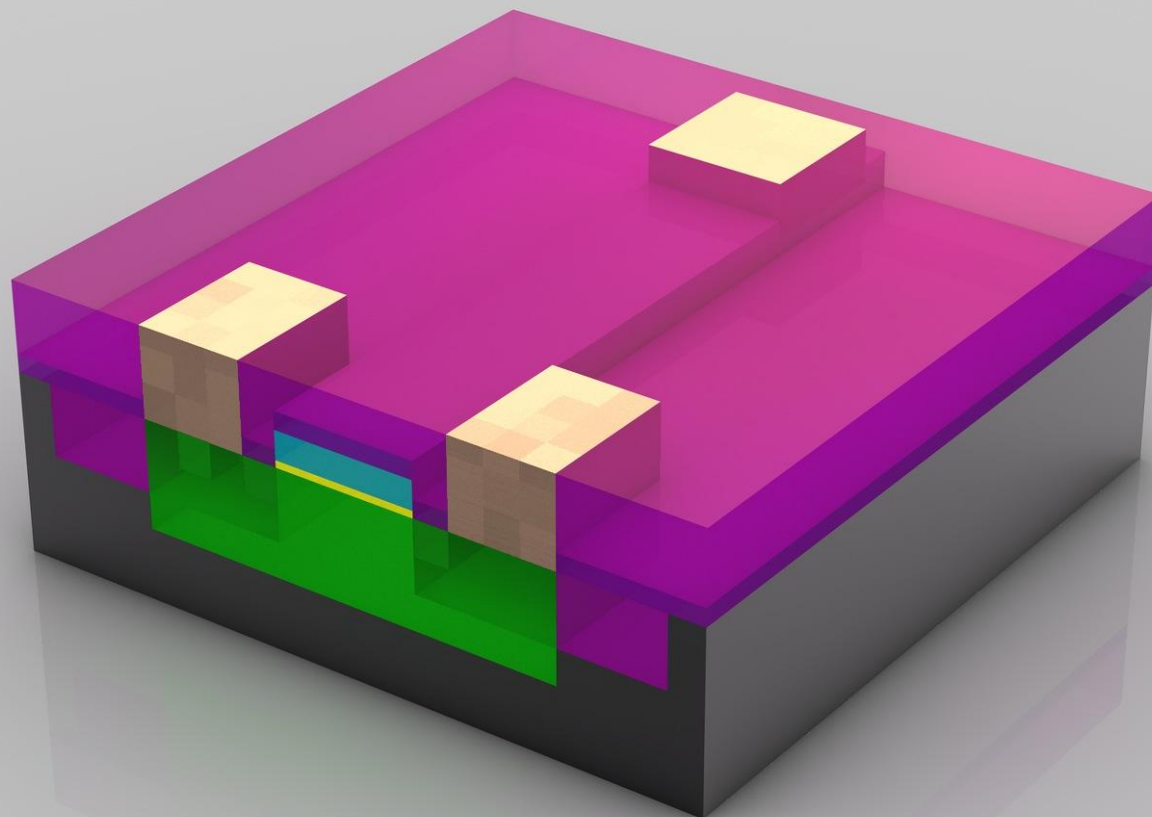
Nanošenje sloja bakra

# Poliranje

(nivo tranzistora ~50nm)

Višak materijala će poliranjem  
biti odstranjen





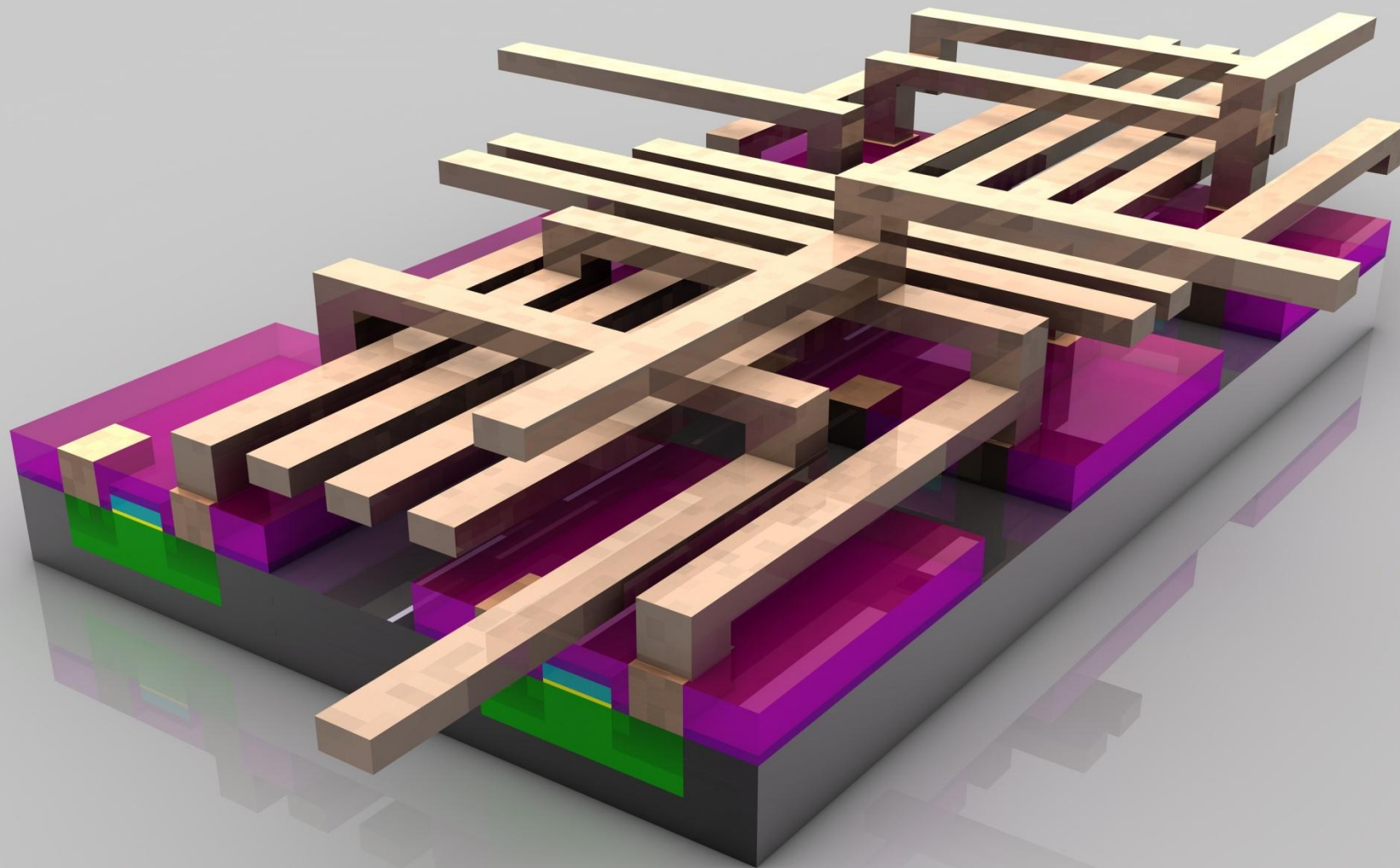
Poliranje viška materijala

# Metalni slojevi

(nivo 6 tranzistora ~150nm)

Višeslojni nanosi od metala su, poput žica, spojili različite tranzistore. Način na koji se oni spajaju odredili su arhitektonski i dizajnerski timovi koji se staraju o funkcionalnosti datog procesora (npr. Core i7 procesora). Iako se kompjuterski čipovi čine vrlo tankim, oni mogu imati preko 20 slojeva kojim se formira vrlo složeno kolo. Ako se uvećano gleda na čip, može se uočiti splet linija, kola i tranzistora koji izgledaju kao futuristički, višeslojni sistem autoputeva.



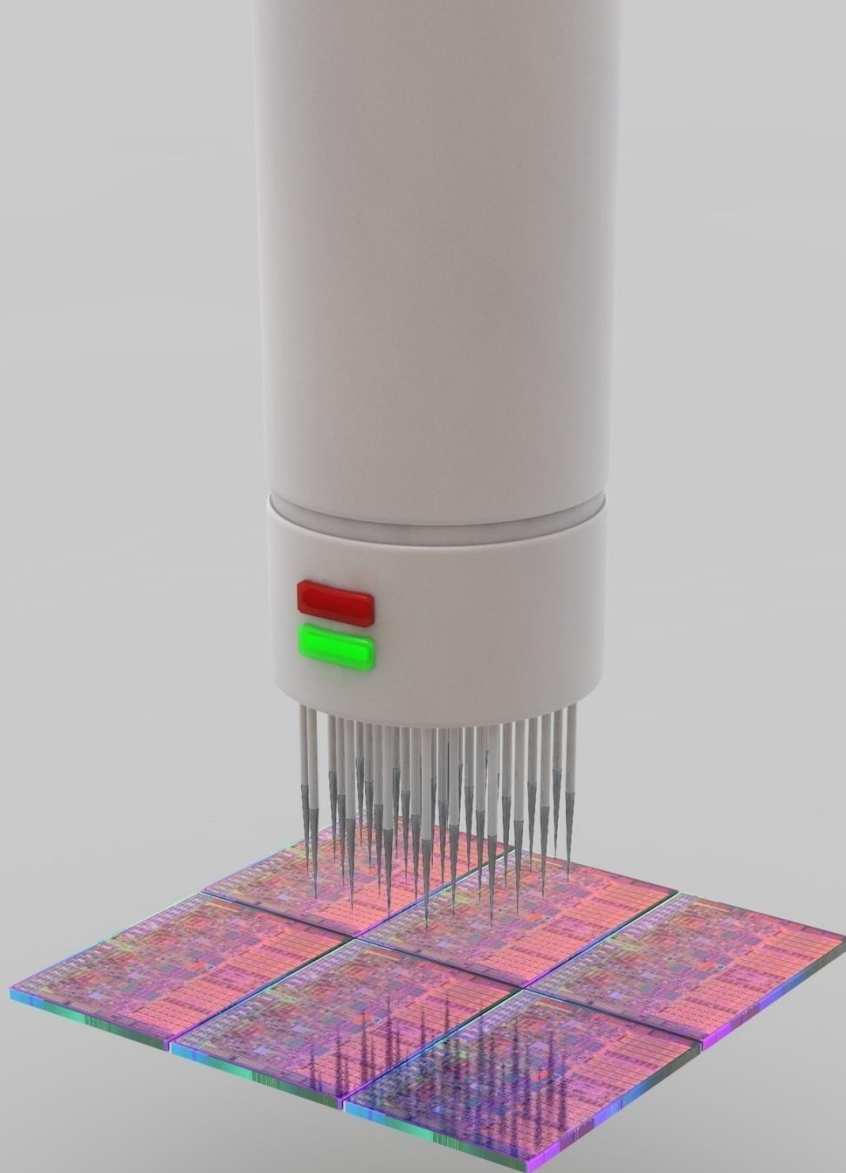


Veze među tranzistorima-animacija

# Test sortiranja wafera (nivo ~40mm)

Ovaj delić kompletiranog wafera se stavlja na prvi funkcijski test. U ovoj fazi, svaki čip se pojedinačno testira i odgovor koji čip daje se poredi sa prethodno utvrđenim “ispravnim odgovorom”.





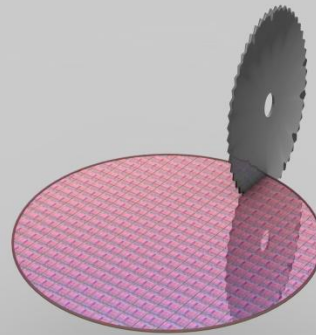
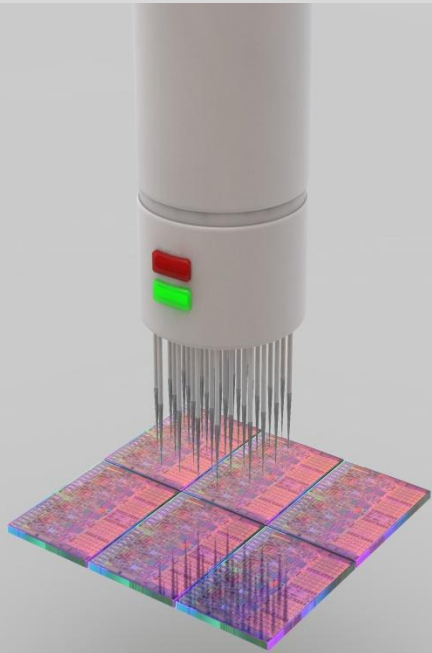
Testiranje vafera-animacija



# Sečenje vafera (nivo vafera~300mm)

Vafer se seče na deliče koji se  
zovu kockice (dies)





Sečenje vafera-animacija

# Odbacivanje neispravnih čipova (nivo vafera~300mm)

One kockice koje su ispravno reagovala na test prolaze test i idu na sledeći korak (pakovanje).



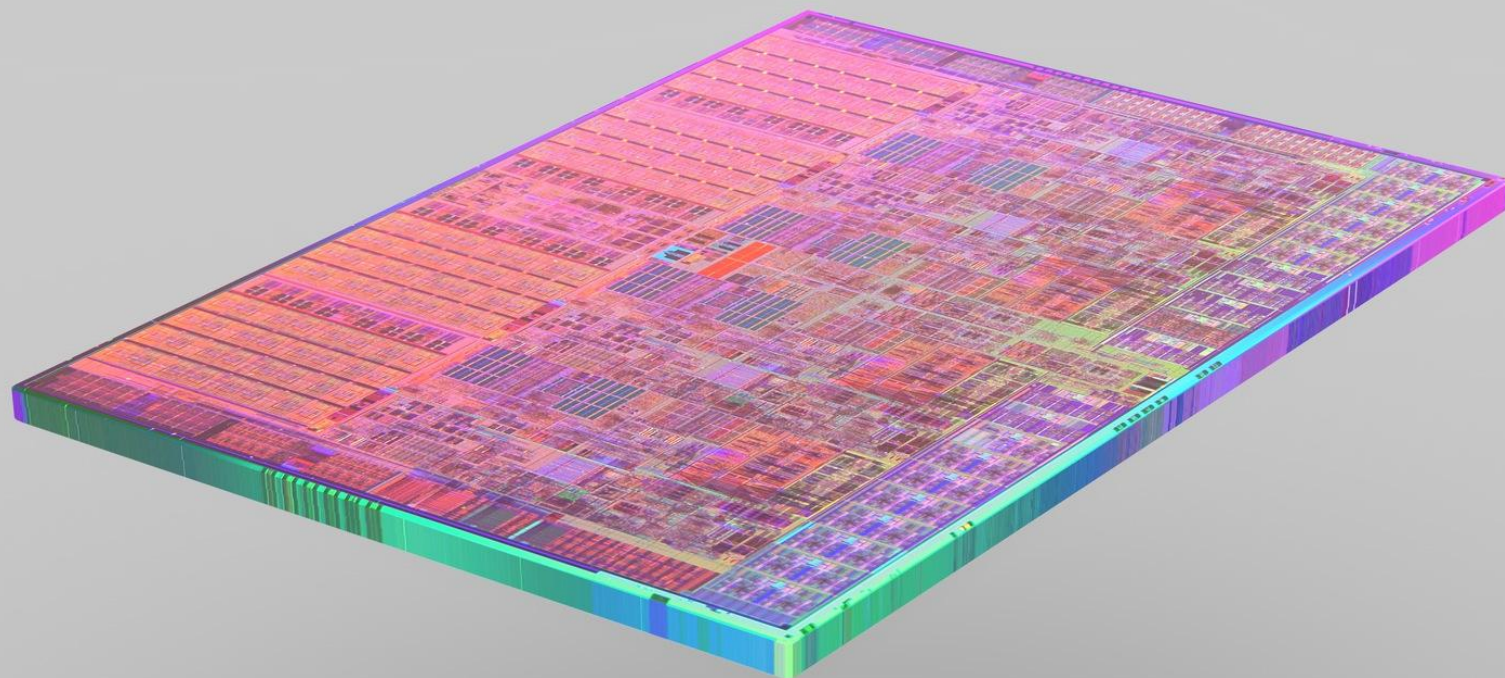


# Individualna kockica

(nivo kockice~20mm)

Ovo je pojedinačna "kockica" koja je dobijena sečenjem i postupkom opisanim u prethodnim koracima. Koristimo termin „kockica” a ne jezgro da vas ne bi zbunili jer jedna kockica sadrži više operativnih procesorskih jezgara (dvojezgarni, četvorozjezgarni procesori)!





Procesorski čip-animacija

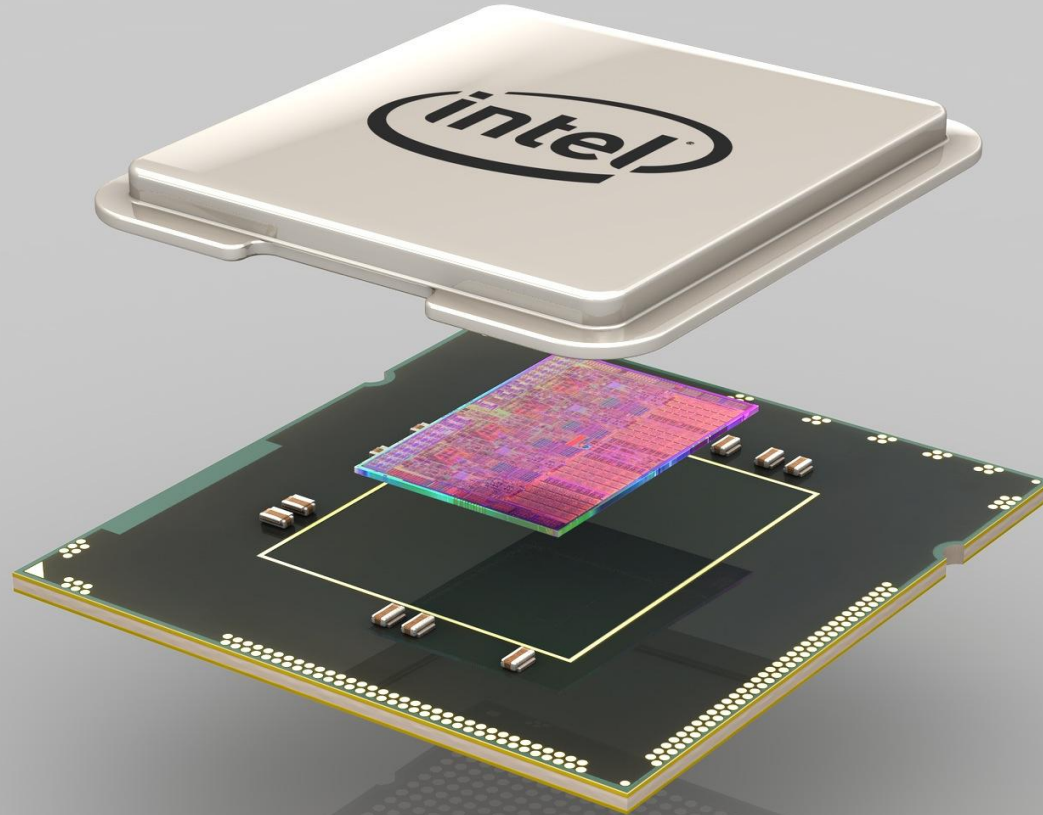
# Pakovanje

## (nivo pakovanja ~40mm)

Podloga, kockica i sloj koji služi za odvođenje viška toplote spajaju se kako bi se kompletirao procesor.

Zelena podloga predstavlja električki i mehanički kontakt preko kojeg će procesor komunicirati sa ostatkom računarskog sistema. Srebrna pločica na vrhu procesora je termički kontakt na koji će doći uređaj za hlađenje. To će sve pomoći procesoru da se hladi tokom rada i poveća površinu putem koje prenosi generisanu toplotu na kuler.





Pakovanje procesora



# Procesor

(nivo pakovanja ~40mm)

Završen procesor. Mikroprocesor je najkompleksiji napravljeni proizvod na zemlji. U stvari, on se izrađuje iz stotina i stotina koraka i to u najčistijem od svih mogućih okruženja (fabrici mikroprocesora) a u ovom pregledu smo prikazali samo one koji su najznačajniji.





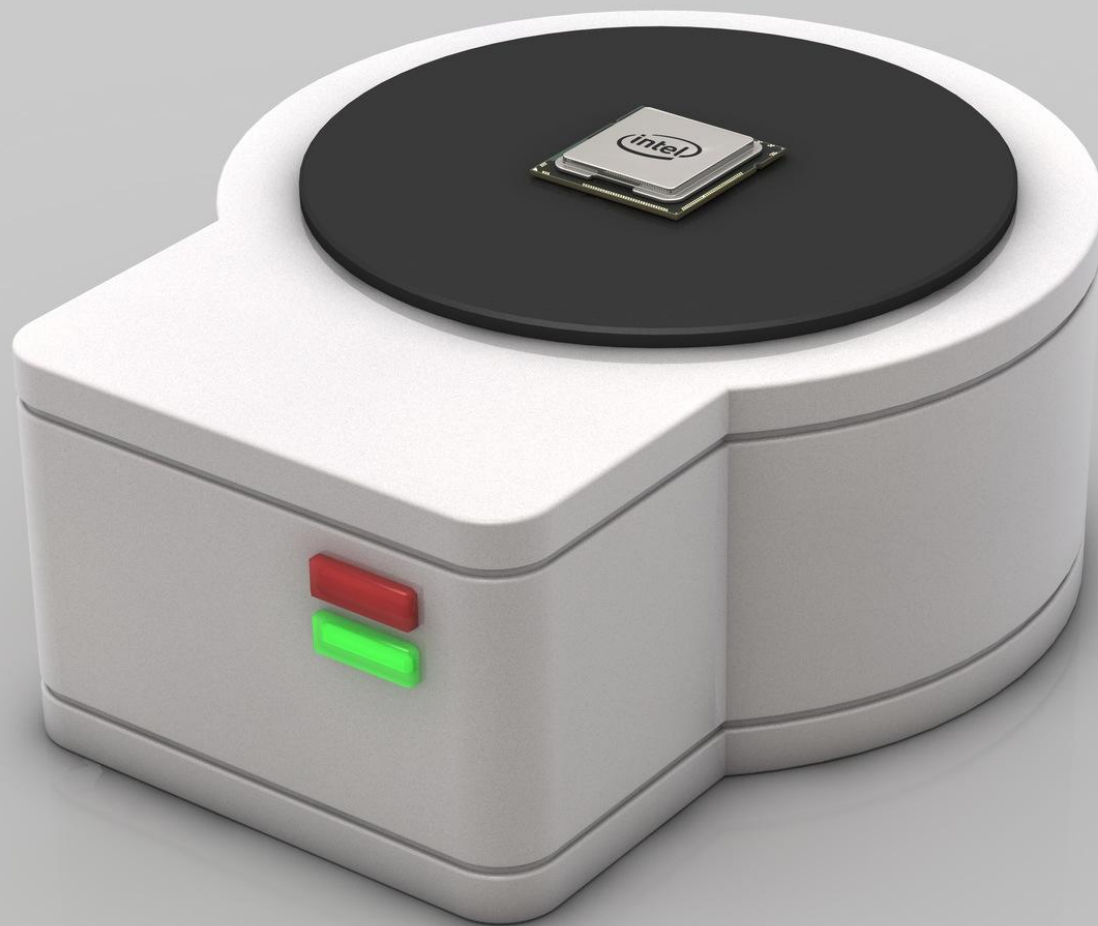
intel

Core™ i7

# Testiranje i određivanje klase (nivo pakovanja ~40mm)

Tokom finalnog testiranja, procesori se testiraju kako bi im se utvrdile ključne karakteristike (kao što su na primer potrošnja energije i maksimalna frekvencija).



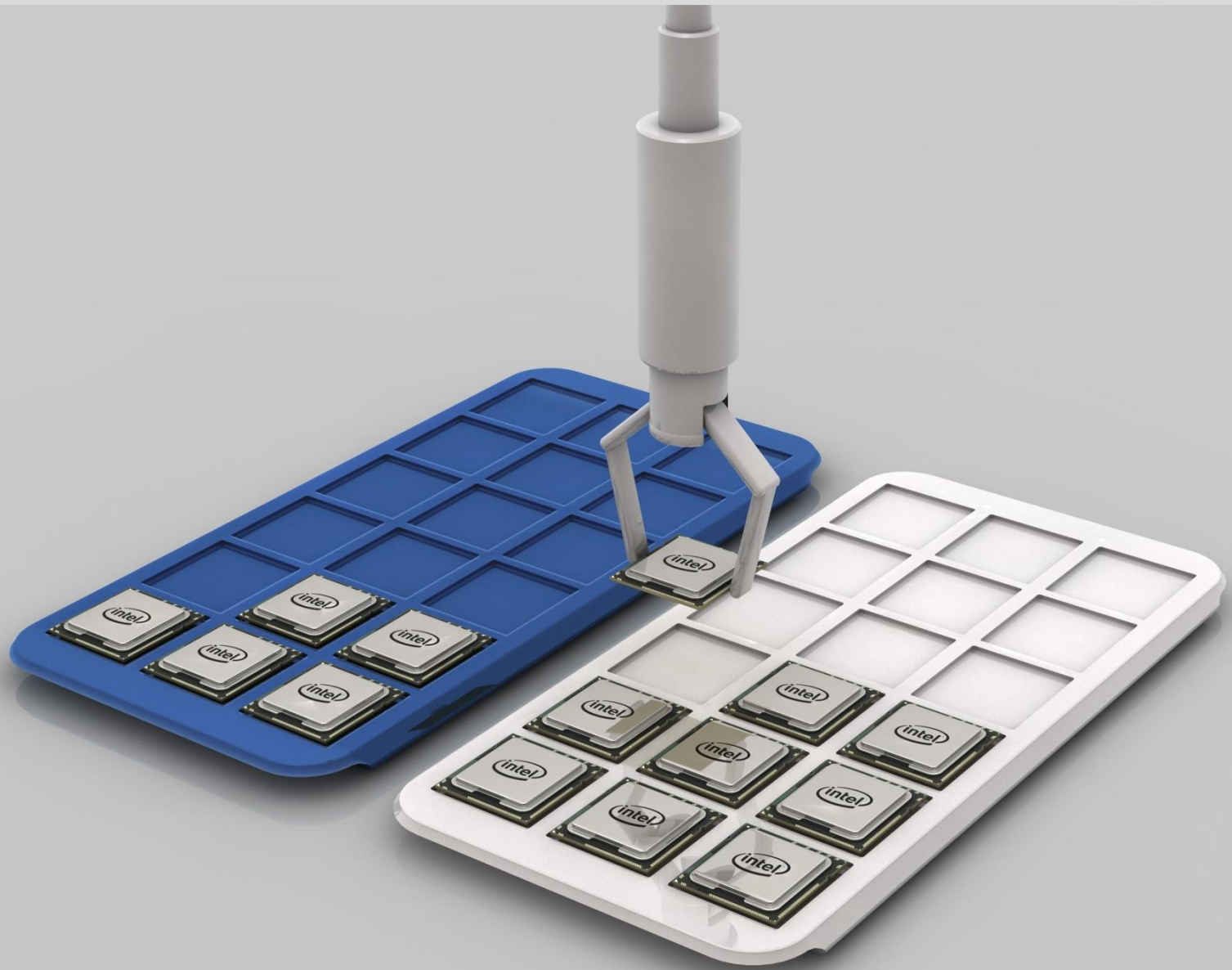


Testiranje procesorskog čipa-animacija

# Raspoređivanje (nivo pakovanja)

Na osnovu testa, procesori sličnih karakteristika se grupišu i pakuju u zajedničke transportne posude.





# Pakovanje procesora

Jednom sklopljeni i testirani, procesori idu ili specijalistima koji sklapaju konfiguracije ili u maloprodaju, spakovani u prepoznatljive kutije.







Intel  
CORE i5  
inside

QUAD-CORE DESKTOP  
INTEL® CORE™ i5 PROCESSOR  
THREE-YEAR LIMITED WARRANTY

Intel  
CORE i5  
inside

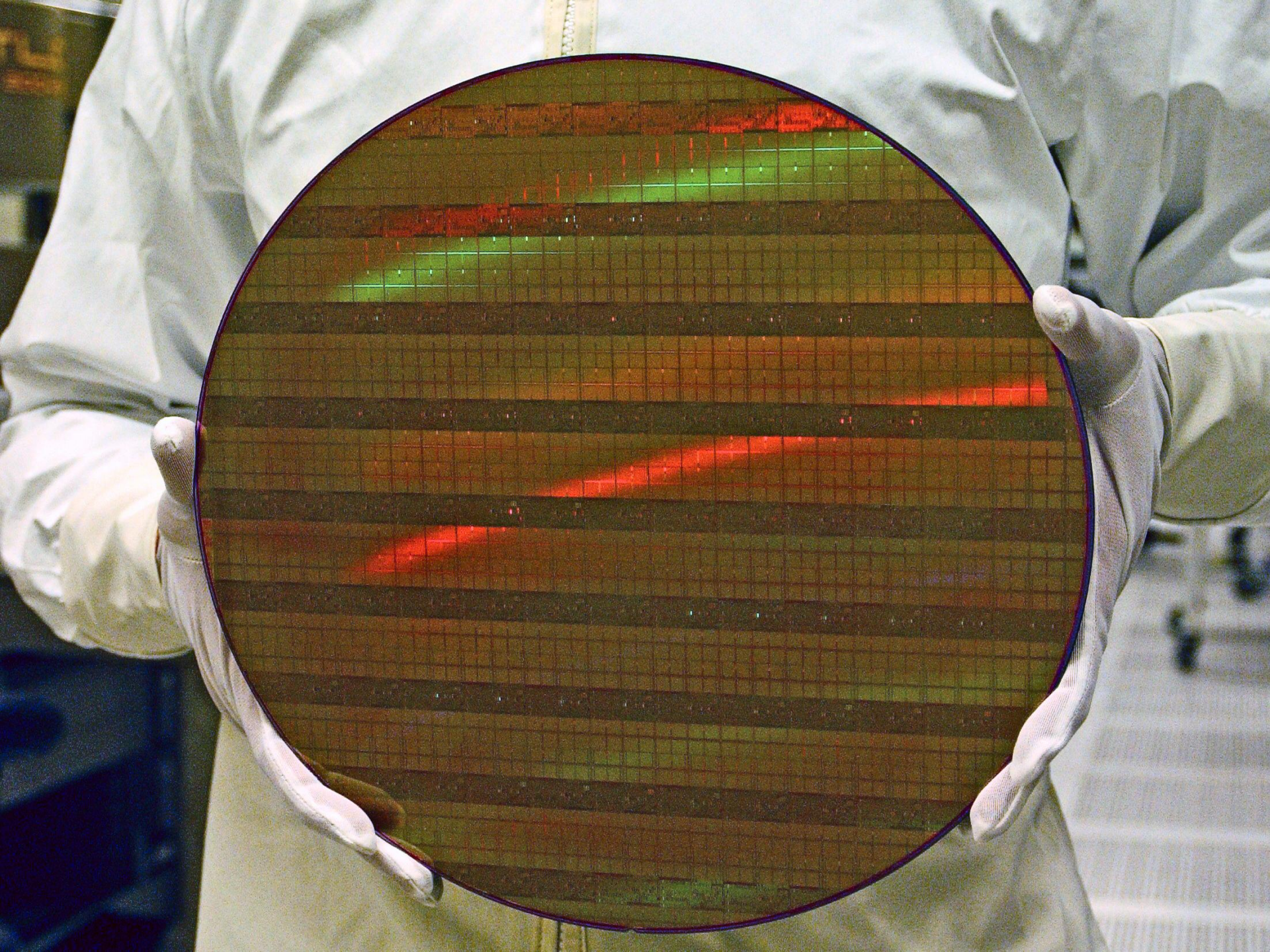
GREAT COMPUTING STARTS  
WITH INTEL INSIDE

- Intel Turbo Boost Technology
- High-Speed Cache Technology
- Integrated Memory Controller
- Supports The Operating System
- Intel vPro™ Technology
- Intel vPro™ Technology
- Intel vPro™ Technology

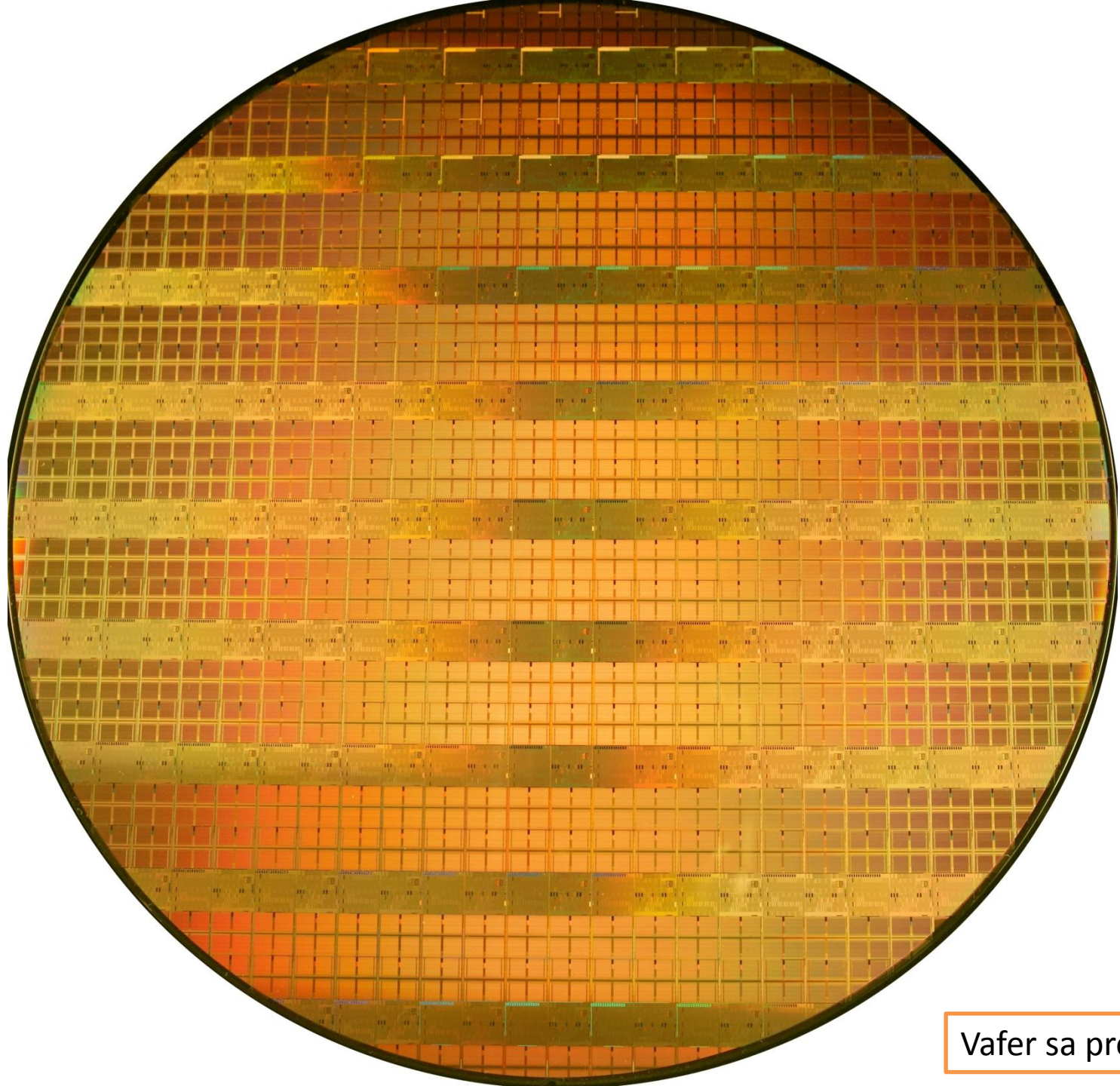
intel  
i5  
CORE™  
inside™

QUAD-CORE DESKTOP  
INTEL® CORE™ i5 PROCESSOR  
THREE-YEAR LIMITED WARRANTY









Vafer sa procesorima