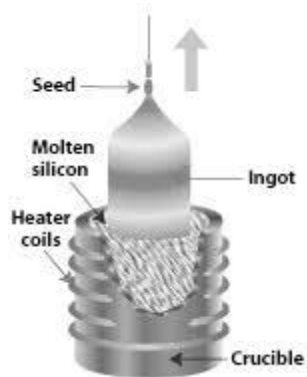


Chips produceer je in een fabriek. De chips zitten op wafels, “wafers” in het Engels. Zo’n fabriek noemen we dan ook een “waferfab”. We beginnen weer bij Adam en Eva.

Men steekt een kristal van zuiver silicium in gesmolten silicium en trekt dat kristal langzaam omhoog. Aan dat kristal kristalliseert het silicium en een dikke staaf wordt langzaam uit de “smelt” getrokken.

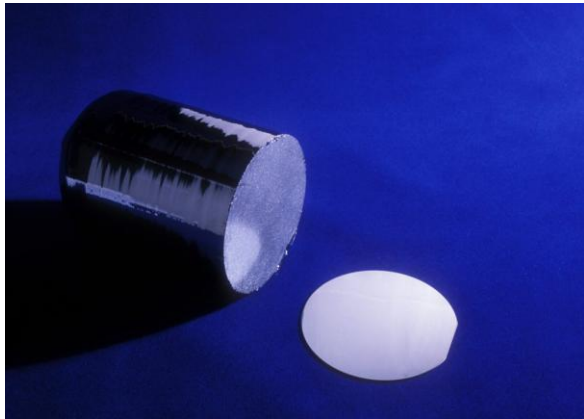


Productie Silicium, staaf van zuiver kristal

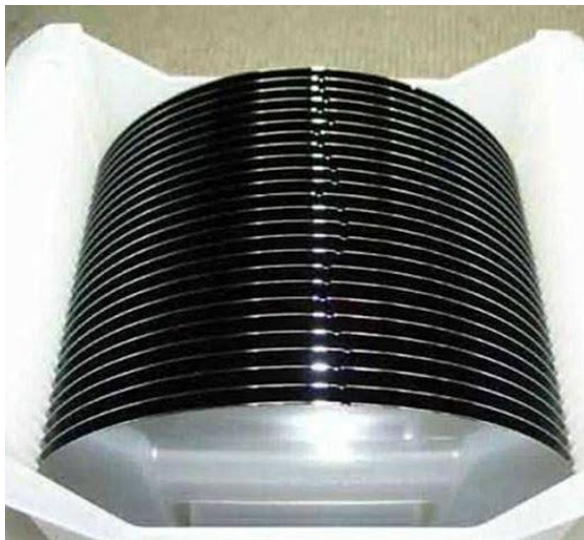


RESULTAAT PRODUCTIE ZUIVER SILICIUM KRISTAL, de z.g. Ingot

Uit deze staaf worden nu minutieus de plakken (wafers) silicium gezaagd. Moderne fabrieken zijn gestandaardiseerd op een diameter van 30 cm, zogenaamde 12 inch plakken.



Zagen en een randje slijpen om de kristaloriëntatie aan te geven



De wafers klaar voor productie

Om een fabriek te bouwen heb je zo'n 10 miljard dollar nodig. En een veelheid aan apparatuur. Diffusie ovens om boor, arseen en fosfor op kristalroosterplaatsen van het silicium te krijgen. De atomen diffunderen dan in het silicium en komen dan op voormalige kristalroosterplaatsen te zitten, vandaar de naam diffusie oven.

U weet nog uit de vorige DVH dat we om n p+ silicium te krijgen, we een boor atoom op een siliciumplek in het kristalrooster moeten krijgen en voor een n+ silicium we een arseen- of fosforatoom moeten disponeren. Dat doen we door het blank silicium in een diffusieoven aan fosforgas bloot te stellen. Soms lukt het niet om onze gewenste atomen op een bepaalde plek te krijgen. Dan ioniseren we die atomen, versnellen ze in een lineaire versneller en schieten die atomen met enorme kracht in het kristalrooster van het silicium. Door dat bombardement verstoren we het kristalrooster, zodat we in een separate oven het kristalrooster moeten "healen", genezen. Dat doen we in een annealing oven. We moeten bruggen bouwen in speciale epitaxie-ovens, waar we een nieuwe siliciumkristallaag op het oppervlak laten aangroeien, we hebben extra isolatie nodig op de plak zodat we het silicium lokaal laten oxideren tot glas, en we moeten in het silicium etsen, zodat we in speciale ets-ovens gemene etsgassen aan de plak moeten blootstellen. Al die speciale componenten die op die chips op de wafer met elkaar moeten worden verbonden doen we met speciale aluminium verbindings- en bedradingslagen, soms wel twaalf lagen op elkaar. Complexe software begeleidt de productie in de fabriek.

Veel van dit soort apparatuur wordt o.m. geleverd door de producent ASMI uit Bilthoven.

Philips en ASMI gingen de lithografische kennis en kunde van beide partijen samenvoegen in ASML, een zieltoegende activiteit op het moment van oprichting. Er ontstond een wereldleider op waferfab lithografie, het trotse ASML uit Veldhoven!

Ik ga u later uitleggen wat voor machines ASML nu precies levert aan een waferfab. Oneerbiedig gezegd levert ASML slechts de lamp waarmee de wafers worden belicht.

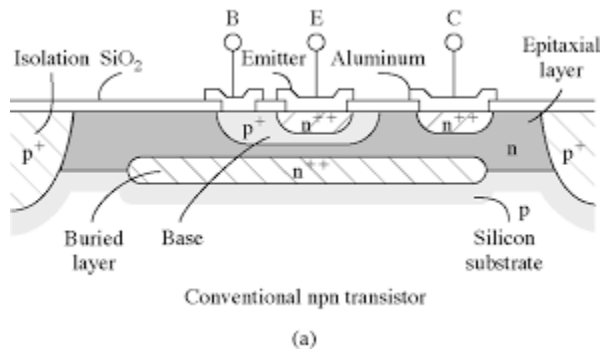
En dan maar weer terug naar Adam en Eva,

1. Neem een wafer en oxideer het oppervlak. Er ontstaat een laagje glas op de wafer.

2. Spin een druppel fotogevoelig materiaal op de wafer. Op het glas komt een fijn, homogeen laagje lichtgevoelig materiaal, de zogenaamde photoresist.
3. Houdt een masker boven de plak en belicht deze, zodat de fotogevoelige laag wordt belicht daar waar het masker het licht doorlaat.
4. Ontwikkel de fotogevoelige laag en was het onbelichte materiaal weg van de plak.
5. Plaats de wafer in een etsoven en ets het oxide (het glas) weg daar waar de wafer onbelicht was, dus daar waar er geen beschermende laag belicht fotogevoelige laag was.
6. Verwijder de rest van de fotogevoelige laag.
7. U heeft nu een plak silicium die bedekt is met glas waarin gaten zitten met in de gaten het pure silicium.
8. Voor een bipolaire transistor wordt nu de eerste diffusie gedaan, de z.g. "buried p" laag door de wafer in een met boor gas gevulde hete oven te plaatsen. Het boor diffundeert in het silicium (p+) daar waar de plak geen glasbedekking heeft en nestelt zich op specifieke kristalroosterplaatsen.
9. Deze laag vormt de bodem van het doosje waarin we een stukje specifieke elektronica (bijv. een npn transistor) willen plaatsen.
10. Dan verwijderen we het glas en laten een laag siliciumkristal aangroeien op de wafer, de z.g. epitaxielaag.

Dan gaat het opnieuw beginnen: oxideer de wafer (maak glas) breng een fotogevoelige laag aan (photoresist), belicht de plak via een masker, enz., enz. Bij ItoM kennen we processen die 45 maskerstappen hebben en 12 bedradingslagen; niet allemaal van aluminium, er is ook een koperen bedradingslaag. De fabrieken zijn bijzonder schoon; een stofje slaat in als een bom en bij iedere maskerstap kan er stof op de wafer komen. De mensen die in een waferfab werken zijn ingepakt als astronauten en werken in een laminaire luchtstroom die stof in de vloer

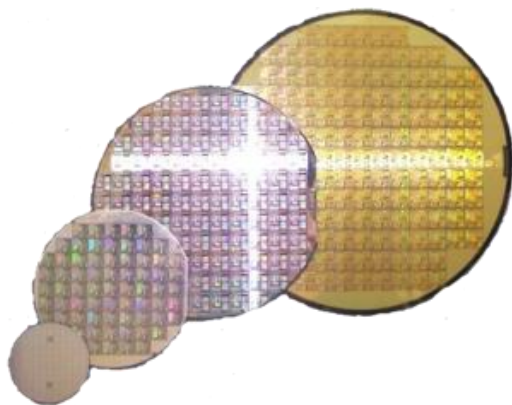
blaast. Een permanente wind waait hen om de oren. Erg prettig is dat werk dus niet.



Een verticale doorsnede van de plak op de plaats waar een bipolaire npn transistor is gemaakt, via vele belichting- en diffusiestappen.

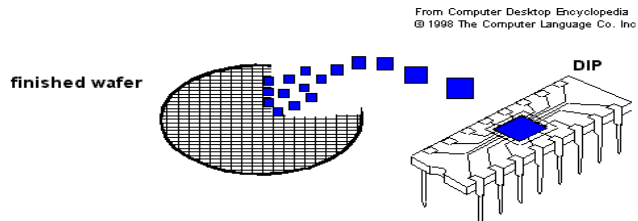
Het doosje waarin de transistor ligt wordt gevormd door het silicium substraat p en de p⁺ isolatie die rondom de transistor ligt. De begraven laag n⁺⁺ dient om de stroom van de emitter, die door de basis loopt in de collector te brengen.

We maken diodes, capaciteiten, pnp en npn transistors, weerstanden en zelfs spoelen aan, (m.b.v. de koperen bedradingslaag) en allerlei verbindingen tussen de verschillende componenten. Uiteindelijk is de wafer klaar en zitten er allemaal chips op de plak:



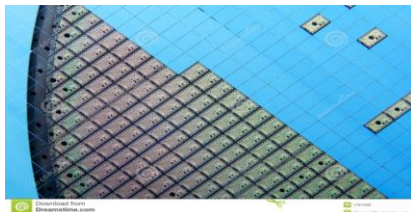
Verschillende soorten wafers voor verschillende technologieën

Dan worden de chips op de plak gemeten en de goede chips worden omhuld:



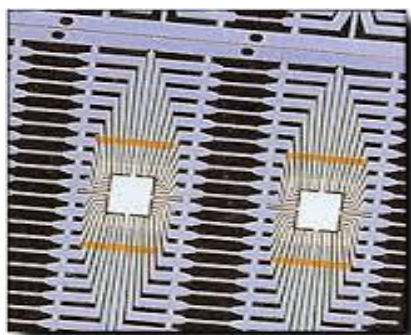
De chips, of die, of kristal komen in een omhulling, zie vervolg

Hoewel dit al een oude foto is (men gebruikt geen inktdruppels meer, de computer onthoudt de goede en foute chips), zegt deze afbeelding genoeg over deze processtap:



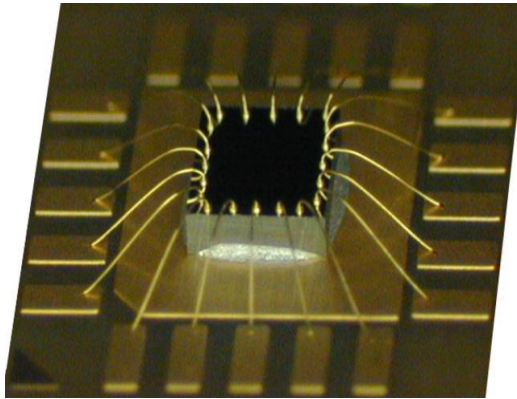
De foutief gemeten chips (met inktdruppel) worden niet geplaatst

De chips worden vaak gemonteerd op een leadframe, dat is de drager van de chip (die pad en de uiteindelijke pootjes die het contact maken met de buitenwereld).



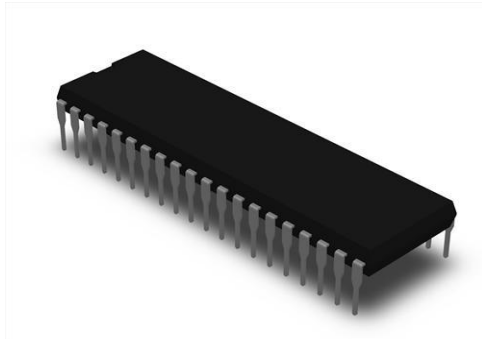
Het leadframe van een DIP 40 (Dual in line Package met 40 pinnen)

Op het middelste schoteltje wordt de chip gesoldeerd. Daarna wordt er een gouddraadje getrokken van een aansluitpunt van de chip naar het desbetreffende pootje, het zogenaamde “wire bonden”.



Het contact van de chip met de buitenwereld via wire bonding

Dan wordt het leadframe, met de chips en de draadjes in een spuitgietmal van een plastic omhulling voorzien. Vervolgens worden de steunverbindingen tussen de pootjes van het leadframe weg gestanst en de pootjes gebogen; de chip is klaar voor het eindmeten.



Een DIP 40 chip (Dual in Line 40 pins omhulling)



De Swiss outline met 14 pinnen

Er zijn duizenden soorten omhullingen met vele honderden pootjes, teveel om op te noemen.

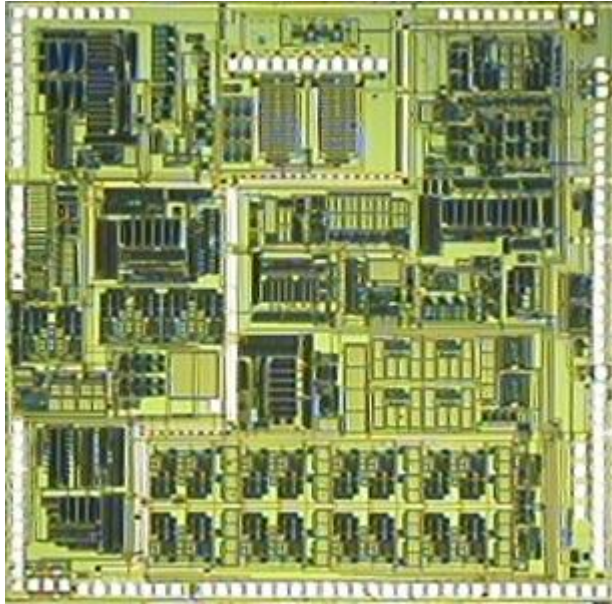
Hier ziet u verschillende chips op een PCB, een printed circuit board, zoals ze bij u thuis in allerlei applicaties voorkomen:



Een pcb met een blue tooth en radio functie

In die zwarte stukjes plastic zit dan een chip. Of een die, of een kristal* met een bepaalde functie. Hieronder een speciale chip die de tv functie op de telefoon mogelijk maakt: De ItoM one chip tv, met PAL, NTSC en het SECAM tv systeem, inclusief alle geluidskanalen.

**De Amerikanen zijn begonnen met de chipindustrie voor het project om mensen op de maan te brengen. De allereerste computers aan boord van de cabine voor de astronauten bevatte relais als schakelaars. Pas later kwam de computer met MOS schakelaars. In de industrie zijn dus veel Amerikaanse termen en Amerikaans jargon opgenomen. Een geïntegreerde schakeling heet daarom een chip, een die of een kristal.*



Een foto van het kristal van de door ItoM ontwikkelde one chip TV