

Grafeen: dé kandidaat voor de nieuwe generatie (HF-)elektronica



Universiteit
Leiden

Dirk W. van Baarle MSc, prof. dr. J.W.M Frenken

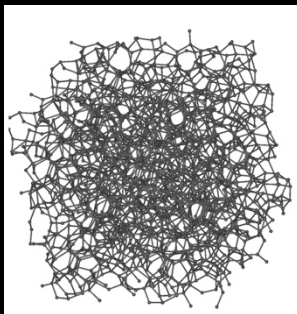
Oppervlaktefysica



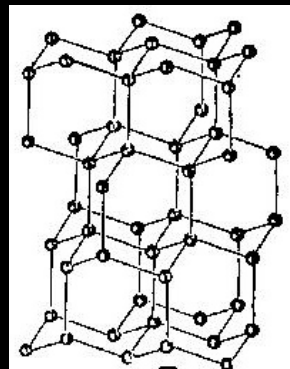
G. Dong, J. Verhoeven, R. van Rijn, N. Jovanovic, J.L. Sambricio, G.M. Hijmans, ...

Grafeen: wat is het?

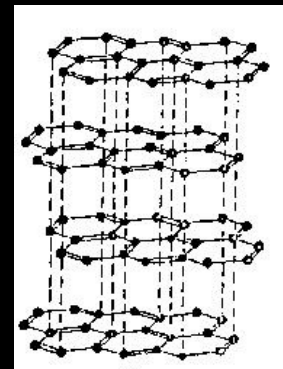
Koolstof atomen in een kippengasstructuur van één atoom dik



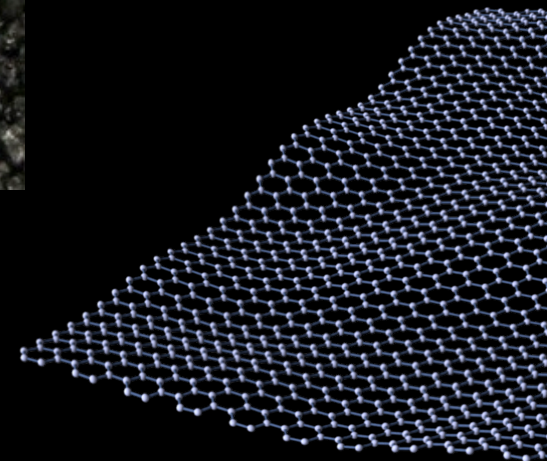
Amorf



Diamant



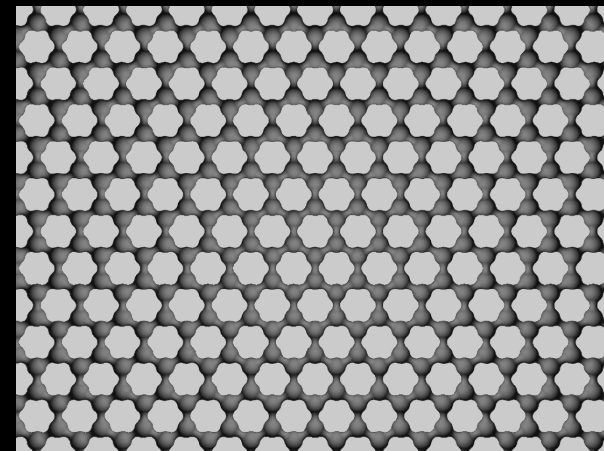
Grafiet



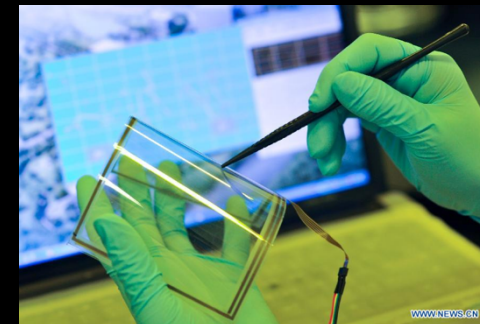
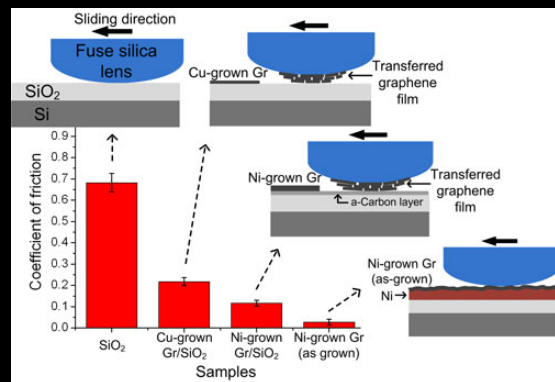
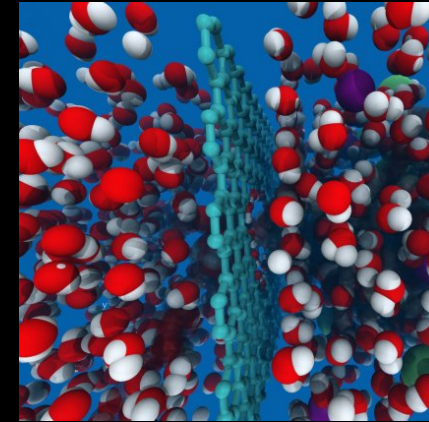
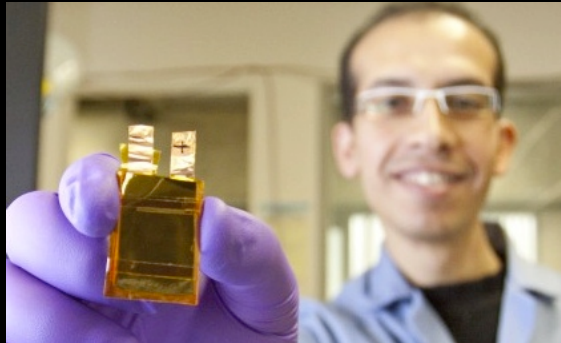
Grafeen

Grafeen: eigenschappen

- Extreem dun (één atoom dik)
- Transparant
- Extreem sterk
- Extreem buigbaar
- Extreem geleidend
- Extreem chemisch resistent
- Eenvoudig te modelleren: populair in theoretische wetenschap
- Gemakkelijk te 'tunen': functionaliseren van grafeen

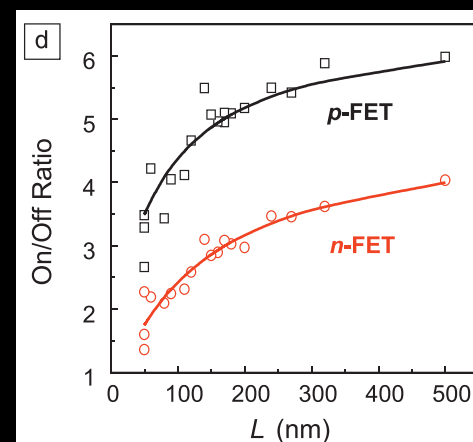
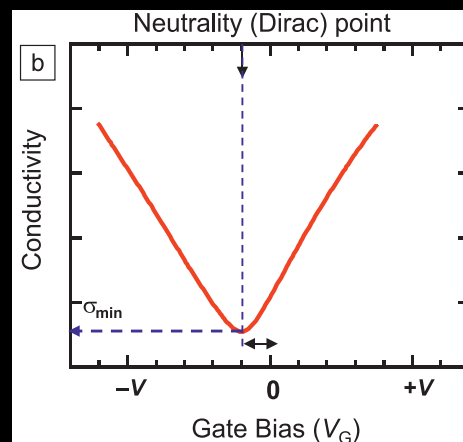
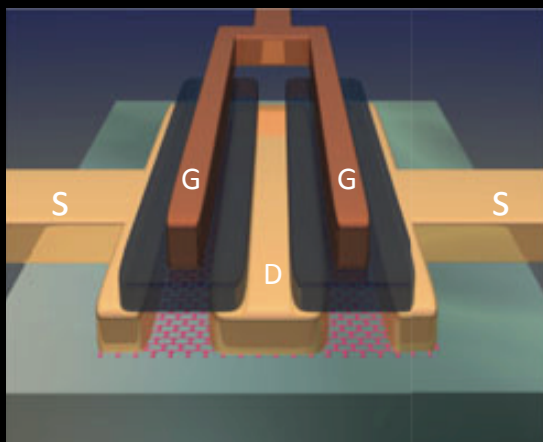


Grafeen: toepassingen

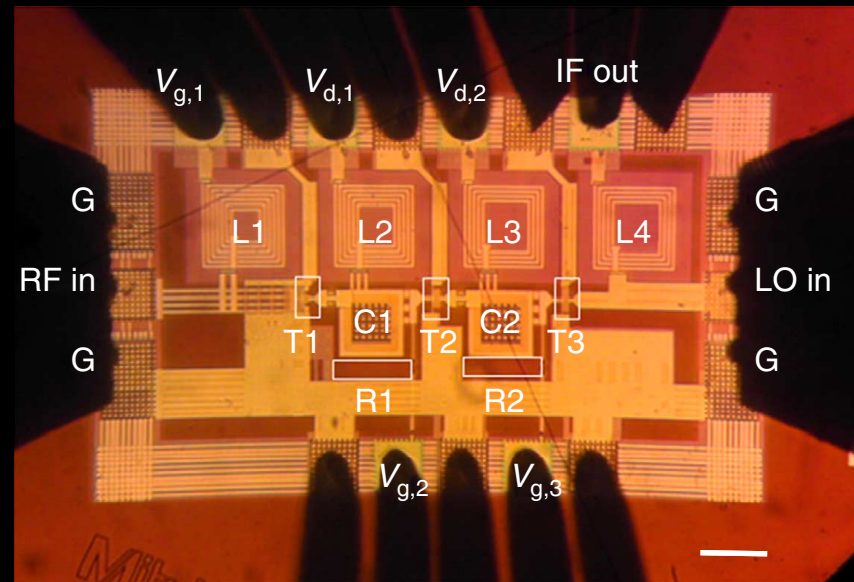
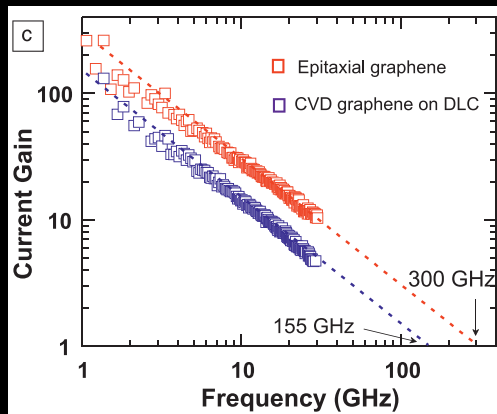
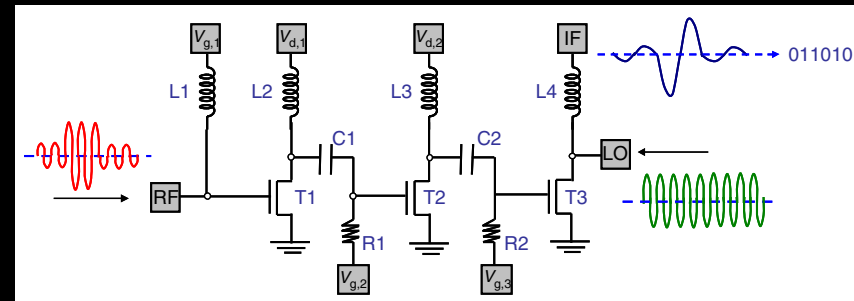
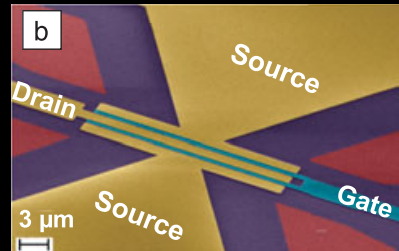
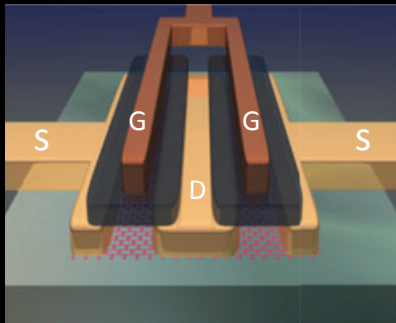


Grafeen in elektronica

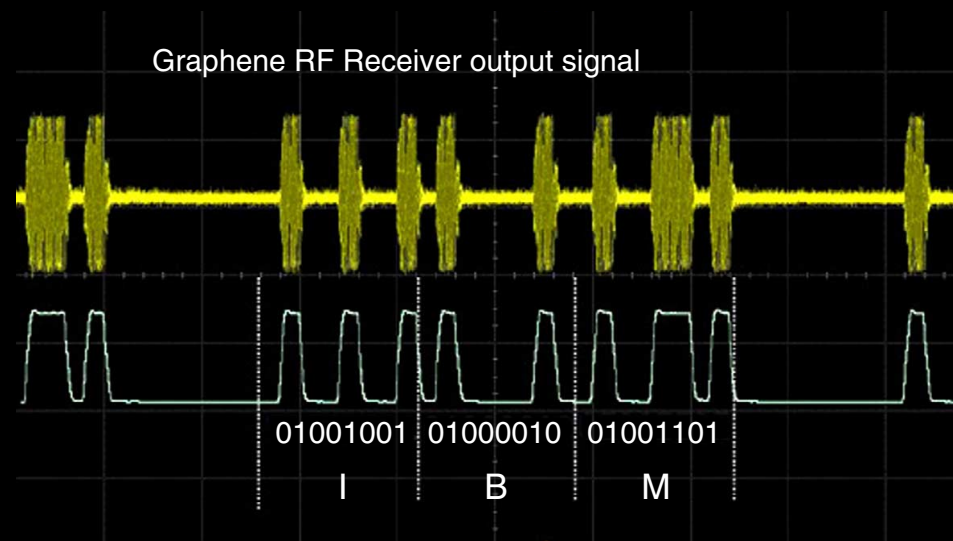
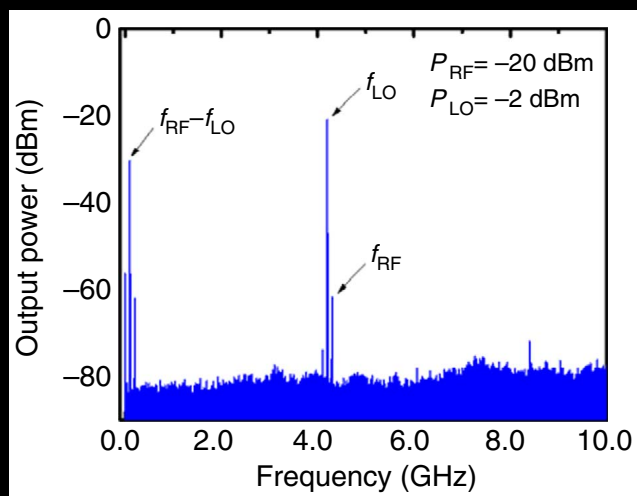
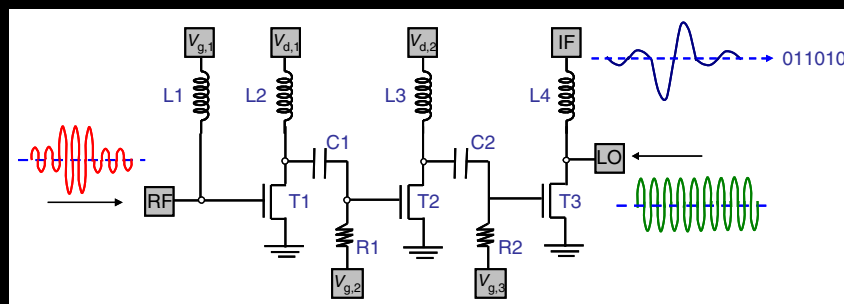
- Grafeen als (super?)geleider (vervanging koper, goud)
- Grafeen als halfgeleider (vervanging silicium)
- Detectoren (beweging, gas, druk, etc)
- **Grafeen als transistor**



Grafeen in HF-elektronica



Grafeen in HF-elektronica



Tussenstand

Referenties

- S-J Han, Nature Communications, 2014 (DOI: 10.1038/ncomms4086)
- Y. Wu, NanoLetters 12, 2012 (DOI: 10.1021/nl300904k)
- P. Avouris, MRS Bulletin 37, 2012 (DOI: 10:1557/mrs.2012.206)

Conclusie

- Grafeen: zeer veelzijdig, veelbelovend
- In elektronica mogelijk grensverleggend
- Over all: niet makkelijk toepasbaar, kwaliteit nog niet goed genoeg

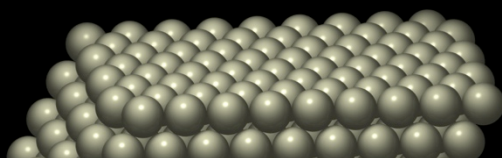
Cruciale kennis nodig

- Hoe kun je grafeen *maken*?
- Hoe ontstaan er fouten in het grafeen?
- Welke groei-omstandigheden bepalen de uiteindelijke eigenschappen van grafeen?
 - weerstand
 - gemiddelde vrije weglengte elektronen
 - doping

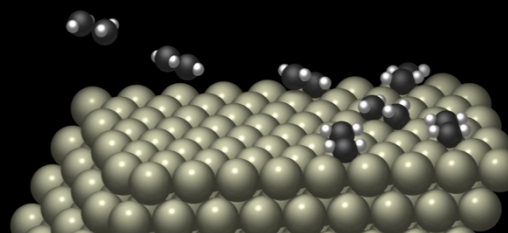
Studie naar groei van grafeen

schone omgeving: ultra hoog vacuüm ($p_{\text{base}} < 10^{-10}$ mbar)

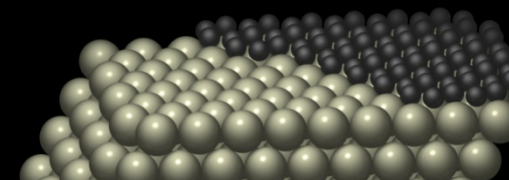
Chemical Vapor Deposition



metaal substraat

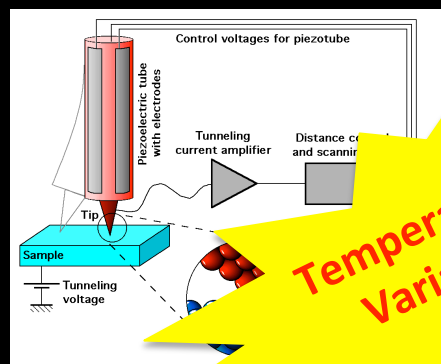


opdampen van koolwaterstoffen

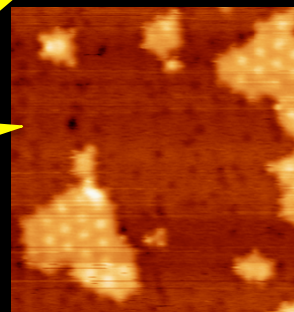


hoge temperatuur

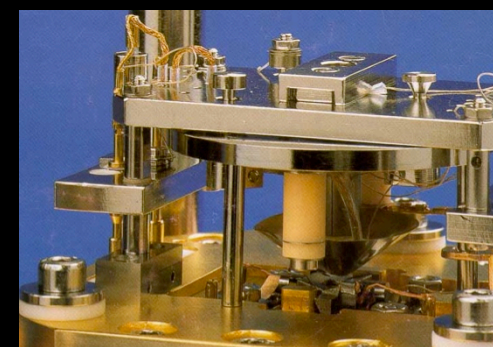
Scanning Tunneling Microscopy



**Temperatuur
Variabel**



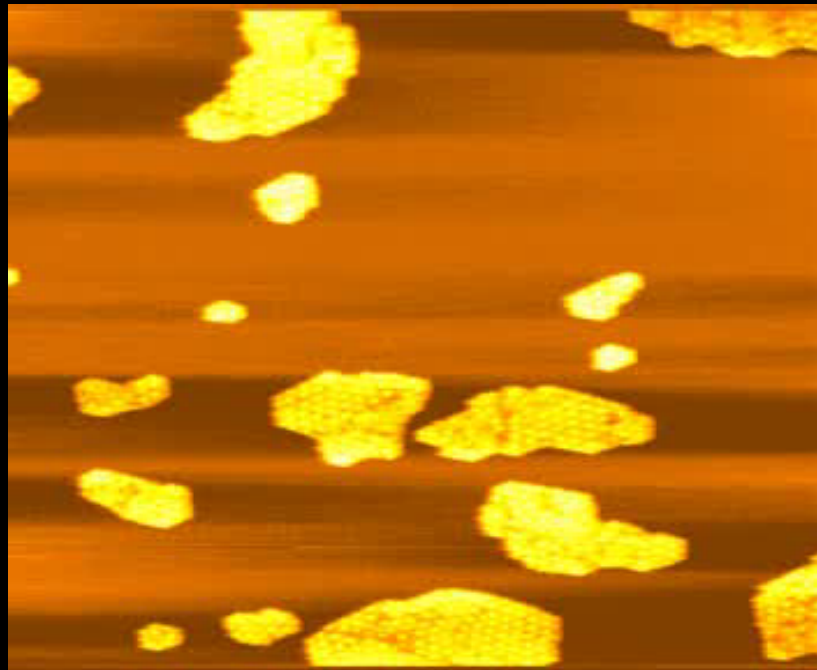
**T=730°C
35nm**



Live grafeengroei met VT-STM

Groei op Rhodium

- sterke Rh-grafeen binding



T=680°C, 170nm

Groei op Iridium

- zwakke Ir-grafeen binding



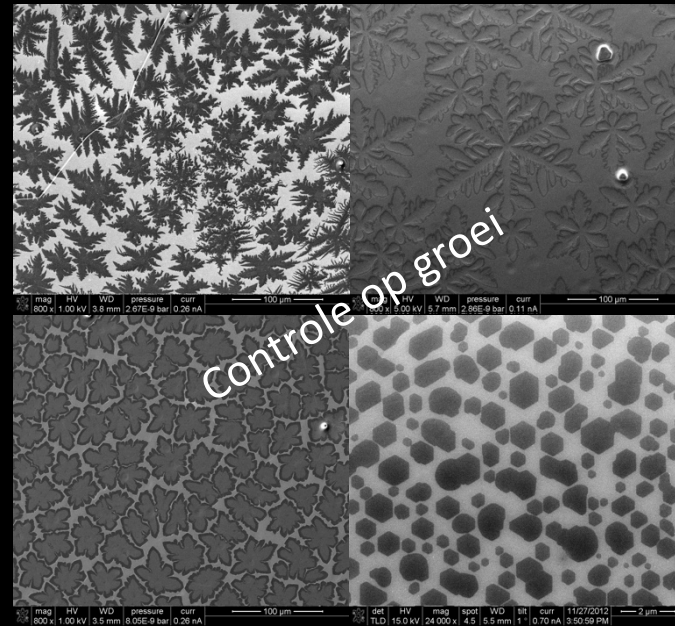
T=770°C, 110nm

Opschaling grafeengroei

Nieuwe, opgeschaalde machine



Beste grafeen ter wereld wat geschikt is toepassing in massaproductie



Gepatenteerd, gelicenseerd

Samenvatting

- Grafeen is een grensverleggend materiaal
 - zeker ook in elektronica
- Unieke eigenschappen vereisen grafeen van hoge kwaliteit
- Fundamentele kennis van synthese is essentieel om grafeen interessant te maken voor industrie

