



FEITM

The Structural Process Management CompanyTM

Cursus Vacuum Technology

Module 1 = Basisbegrippen & Gasstroming

Hans Leysten, FEI-MEPG, R&D Mech.Engineering

16 October 2002

Agenda

The Structural Process Management Company™

- ◆ Enkele Basisbegrippen, Kentallen
- ◆ Omrekening massa - volume - deeltjes
- ◆ Waarom Vacuum bij FEI ?
 - » Resolutie van 1 nanometer en kleiner
 - » Wat is 1 nanometer eigenlijk?
 - » Oplossend vermogen menselijk oog $\rightarrow \times 10^6$
- ◆ FEI Academy Course
- ◆ Try-out of module “Basic Vacuum”
 - » author = Peter Hermans
 - » TEM and SEM Vacuum Systems
 - » Gas Flow, Pumping Speed
- ◆ Vragen - discussie

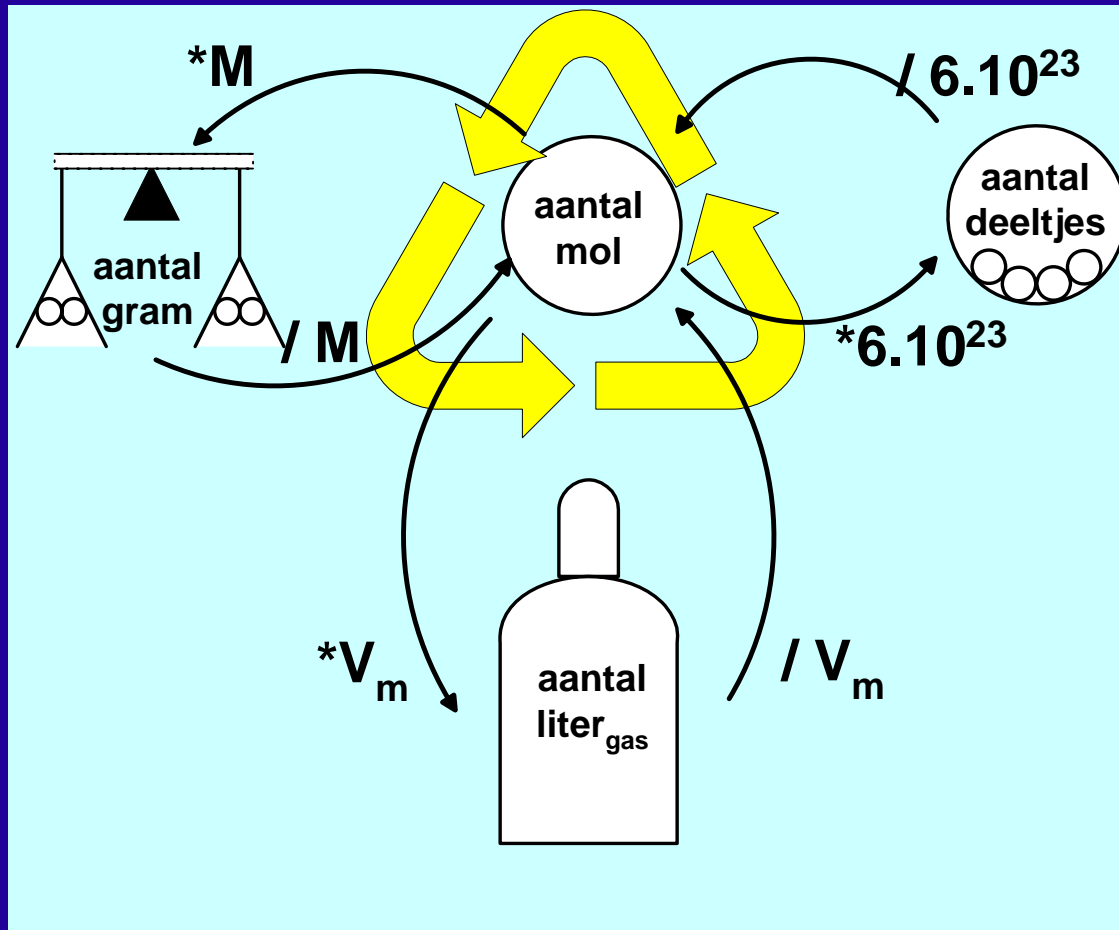
Enkele Basisbegrippen, Kentallen

The Structural Process Management Company

- Druk p [Pa] = $N \cdot m \cdot c^2 / (3 \cdot V)$, en $n = N / V$ de deeltjesdichtheid
- Gaswet: $p \cdot V = n_m \cdot R \cdot T$, met $n_m = N / N_A \rightarrow$ Boyle - Gay Lussac
 - » R = algemene gasconstante = $8,3$ [J/K] , met $R = k \cdot N_A$
 - » k = constante van Boltzmann = $1,38 \cdot 10^{-23}$ [Nm/K]
 - » 1 mol gas $\rightarrow N_A$ moleculen, $N_A = 6,0 \cdot 10^{23}$ (Avogadro)
 - » 1 mol gas (N_2 , kamer temp) = 24,3 liter (\rightarrow 1 mol gas / $m^3 = 24$ mBar)
 - » massa molecuul $m = M \cdot a.m.e.$ \rightarrow Periodieke Tabel Elementen
 - » 1 a.m.e. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ [kg] de atomaire massa eenheid (\sim 1H-atoom)
- Gassnelheid vlg. Maxwell-Boltzmann verdeling:
 - » gem. snelheid $c_{gem.} = \sqrt{(8/\pi) \cdot \sqrt{(k \cdot T/m)}} \rightarrow c_{max \#} \sim \sqrt{2}$, $\sqrt{(c^2)} = c_{mid} \sim \sqrt{3}$
 - » gem. kin.eng. $\frac{1}{2} m \cdot (c_{gem.})^2 = (4/\pi) \cdot k \cdot T \rightarrow (c_{max \#})^2 \sim 1$ en $(c_{mid})^2 \sim 3/2$
 - » $c_{gem.}$ (N_2 , kamer temp) = 480 [m/s] , $>$ de geluidssnelheid
- Vrije weglengte λ [m] = $n / (\pi \cdot D^2) = k \cdot T / (p \cdot \pi \cdot D^2)$
 - » $\lambda_{lucht} = 6,7 \cdot 10^{-3} / p$ [m] , bij kamer temp. en p in [Pa]

Omrekening massa - volume - deeltjes

The Structural Process Management Company™



Waarom Vacuum bij FEI ?

The Structural Process Management Company™

- “FEI” = imaging, het verkopen van een “plaatje”.
- Resolutie menselijk oog = $\sim 0,2 \text{ mm}$ op $0,2 \text{ m}$ $\rightarrow 1 \text{ mrad}$
- Met microscopen kun je de details vergroten.
 - » Resolutie optisch systeem (ASML): $R = k \cdot \lambda / (n \cdot \sin \alpha)$
 - » Golflengte licht: $\lambda = 400 - 800 \text{ nm}$. DUV = 248, 193, 153 nm
 - » Golflengte elektronenbundel: $\sim 40 \text{ pm} / \text{kV} \ll$ (DUV) licht.
 - » Typical Spatiale resolutie van TEM = 2 nm. (Max $\sim 0,2 \text{ nm}$)
 - » Dit is een vergrotingsfactor van 100.000 tot 1.000.000 !!!
- Vrije weglengte van elektron in atm. gas is vrijwel nihil
- FEI apparaten \rightarrow Ook depositie (dmv. FIB & GIS) op schone oppervlakken, zonder andere gassen in de buurt

Resolutie van 1 nanometer en kleiner

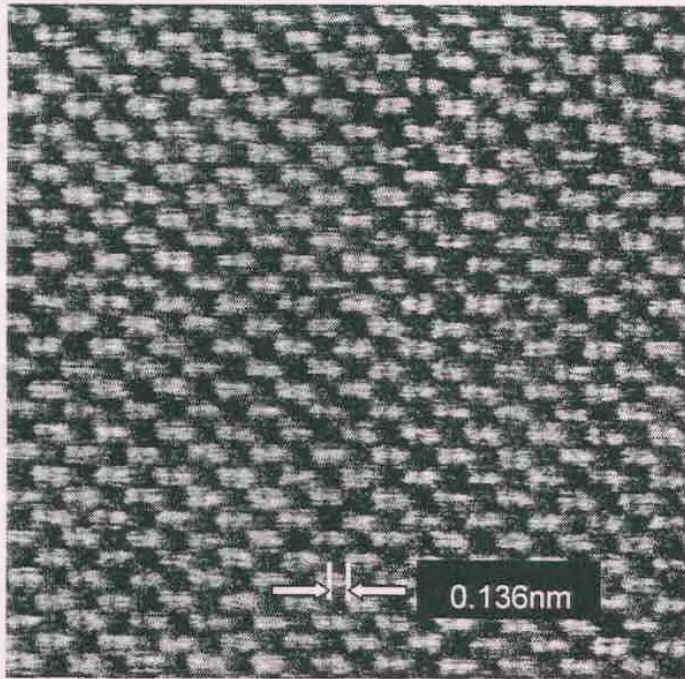


Fig. 1 : Silicon <110> image with 0.136nm dumbbells are accurately resolved.

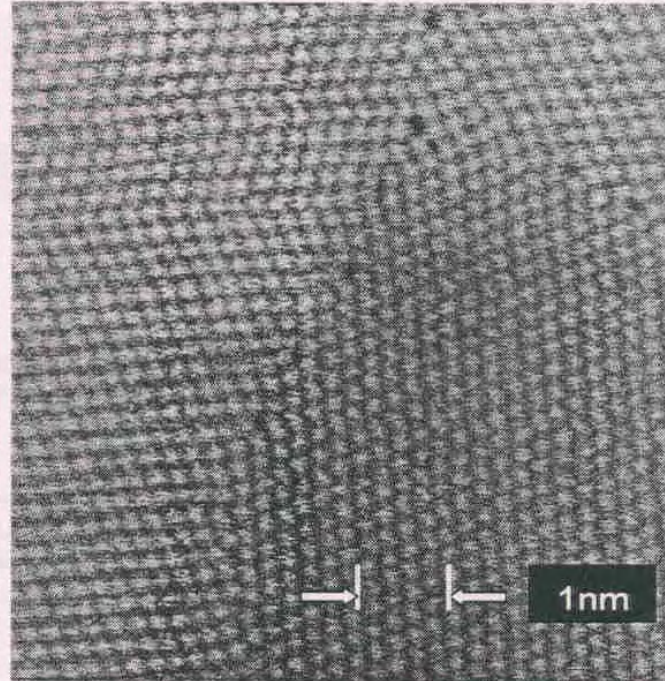


Fig.2 : Incoherent atomic resolution image of grain boundaries in gold. Sample courtesy Dr. T.Radetic, U.Dahmen & C. Kisielowski, NCEM Berkeley, USA

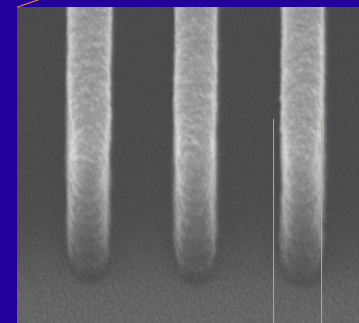
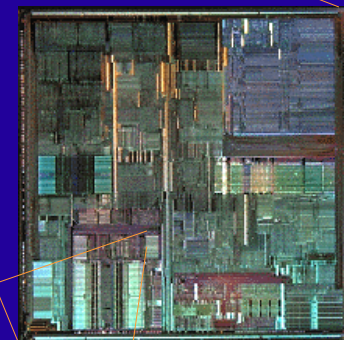
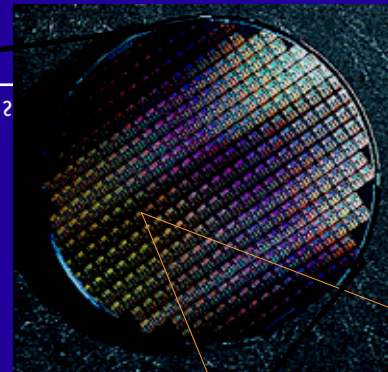
The images were recorded in the axial high angle dark field (HAADF) mode with the FEI Tecnai G² F20 UTWIN 200kV FEMTEM at Dupont CR&D.

Wat is 1 nanometer eigenlijk ?

The Structural Process Management Company™

- ◆ 1 nm = extra diepgang olie-tanker (~ 200 x 50 m) wanneer een huismus (~ 10 gr) op dek komt zitten
- ◆ Voorbeeld Open Dag ASML, 26-aug-2000:
 - » 1 nm op een plak silicium van Ø 300 mm is te vergelijken met 1 mm op een gebied zo groot als Nederland (~ Ø 300 Km)
 - Silicium wafer van Ø 300 mm bevat ~ 450 chips
 - Chip 12x12 mm bevat ~ 100 miljoen transistoren
 - Transistor opgebouwd uit structuurtjes ~ 150 nm

Wat is 1 nanometer eigenlijk ?



150 nm

Oplossend vermogen menselijk oog bij vergrotingsfactor $1.000.000 = 10^6 \times$

The Structural Process Management Company

- Oplossend vermogen menselijk oog = $\sim 0,2 \text{ mm}$ op $0,2 \text{ m}$ $\rightarrow 1 \text{ mrad}$
 - » diameter bierviltje = $0,2 \text{ m}$
 - » stipje zeer dun tekenpotlood
 - » = $0,2 \text{ mm}$ op een bierviltje
 - » $0,2 \text{ m} \times 1.000.000 = 200 \text{ Km}$
 - » \sim gelijk aan afstand tussen Vrijthof (Maastricht) en Leidse Plein (Amsterdam)
 - » $1.000.000 \times$ vergroting \rightarrow
 - » $10^{-6} \text{ mrad} = 10^{-9} \text{ rad}$
 - » $10^{-9} \text{ rad} \times 200 \text{ Km} = 0,2 \text{ mm}$
 - » dus een detail-niveau van
 - » bierviltje op Leidse Plein is zichtbaar op kaart van Nederland waarbij Amsterdam – Maastricht = diameter bierviltje.



FEI Academy Course

The Structural Process Management Company™

- ◆ Nu starten van CD-ROM
- ◆ Module = Basic Vacuum
 - » Section 1
 - » Section 2
 - » Section 6
 - » Section 5 (partly)

Vragen - discussie

The Structural Process Management Company™

- Opmerkingen ?