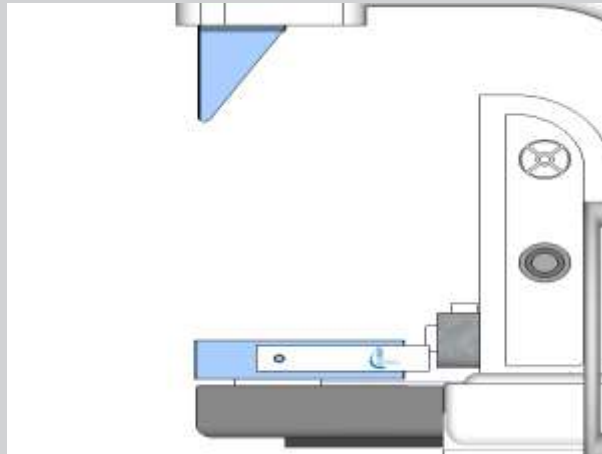


# Beeldacquisitie



## FFDM en tomosynthese

- Beeldopnemers
- FFDM systemen
- Belichtingsautomaat in FFDM
- Tomosynthese (DBT) systemen
- Belichtingsautomaat in DBT

# Beeldopnemer

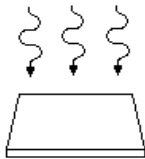


CR  
Computed Radiography

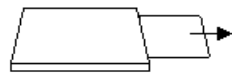


DR  
Direct Radiography

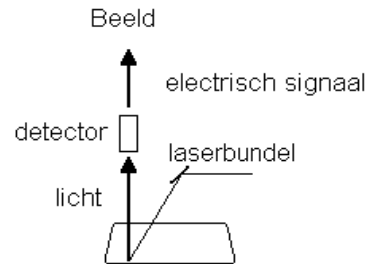
Röntgenstraling



Cassette met  
fosforplaat

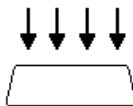


Het scherm wordt in de  
reader uit de cassette  
gehaald

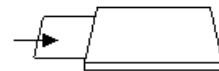


Het scherm wordt  
uitgelezen d.m.v een laser

Intens licht



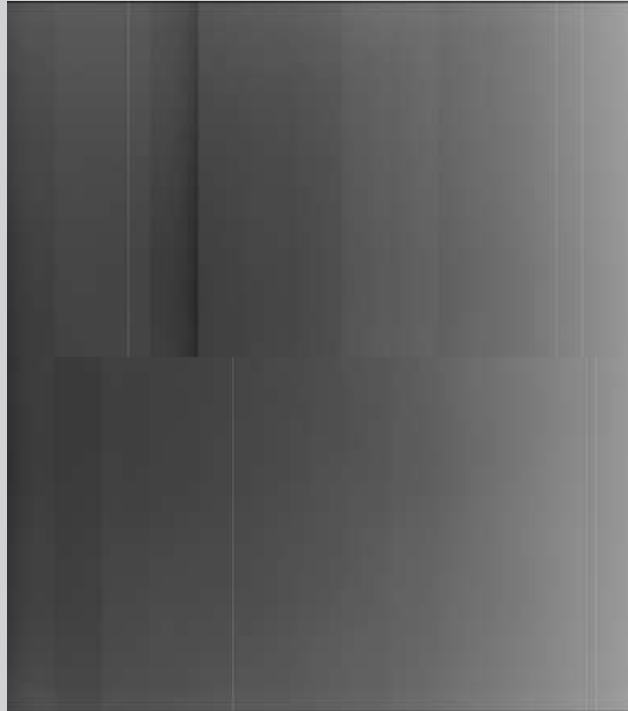
Het overgebleven latente  
beeld wordt gewist



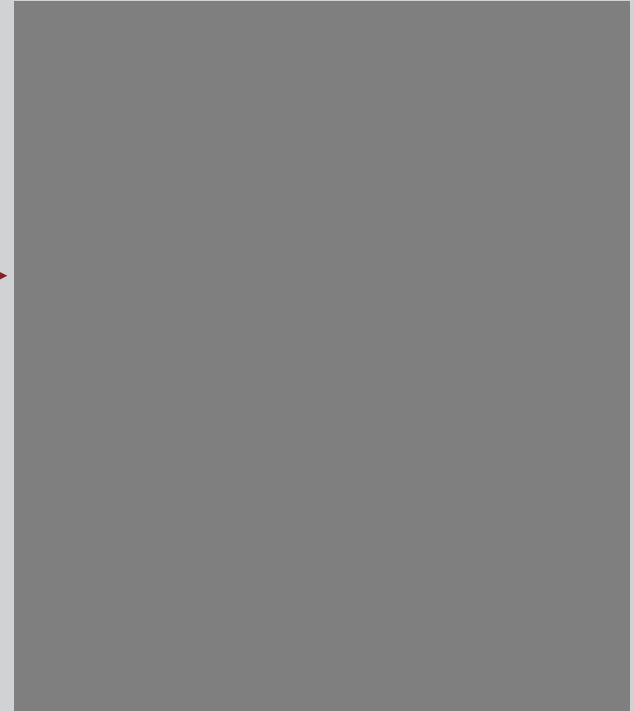
Het scherm wordt in de  
cassette gedaan

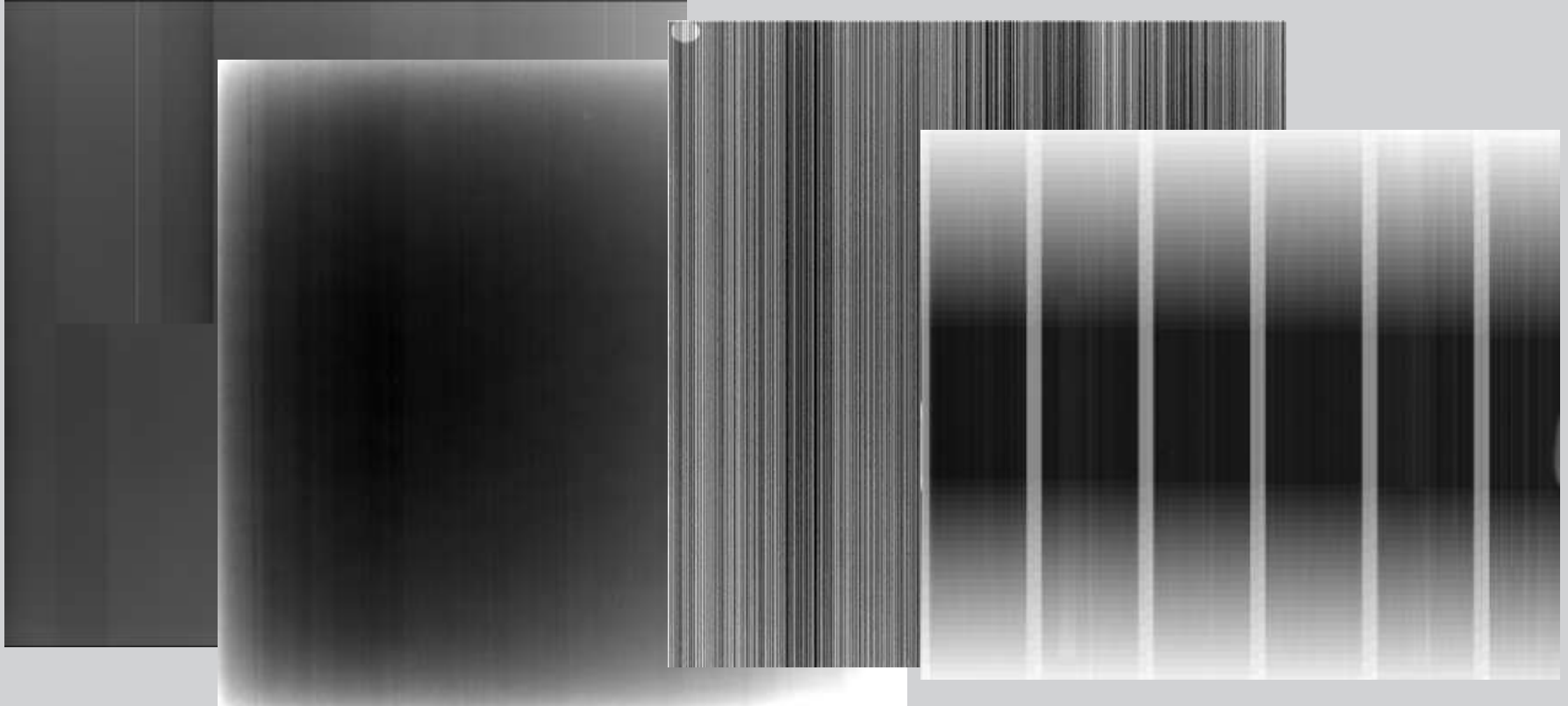


- Relatief lage efficiëntie, o.a. door:
  - Quantum-efficiëntie fosfor
  - Werkbare uitleestijd -> fosforschermb niet volledig uitgelezen
  - Niet al het gestimuleerde licht wordt gedetecteerd
- Problemen met detectie in Frankrijk, Ontario



detector  
correcties

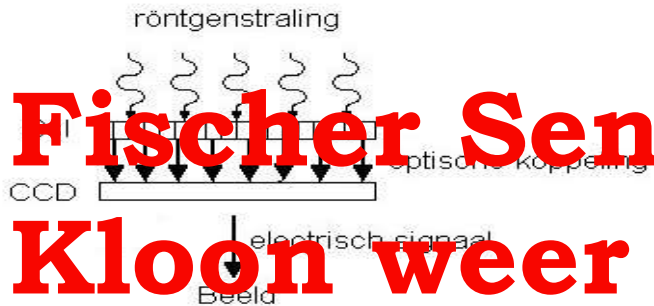




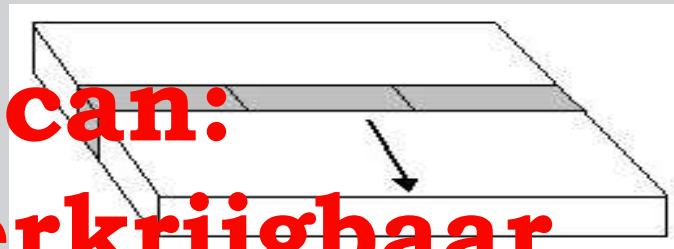


# Typen DR detectoren

- CsI – CCD (in 2009 weer op de markt)
- CsI – Silicium (TFT readout)
- CsI – CMOS (GOS - CMOS)
- Selenium
- Foton teller



**Fischer Senoscan:  
Kloon weer verkrijgbaar**



**Trex Digital Breast Imager:  
Niet meer verkrijgbaar**





Fischer Senoscan

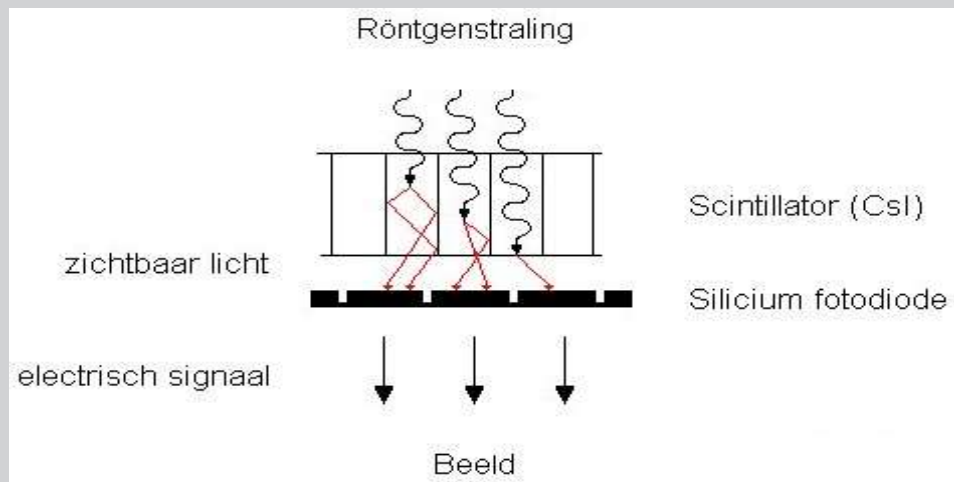


Trex Digital Breast Imager

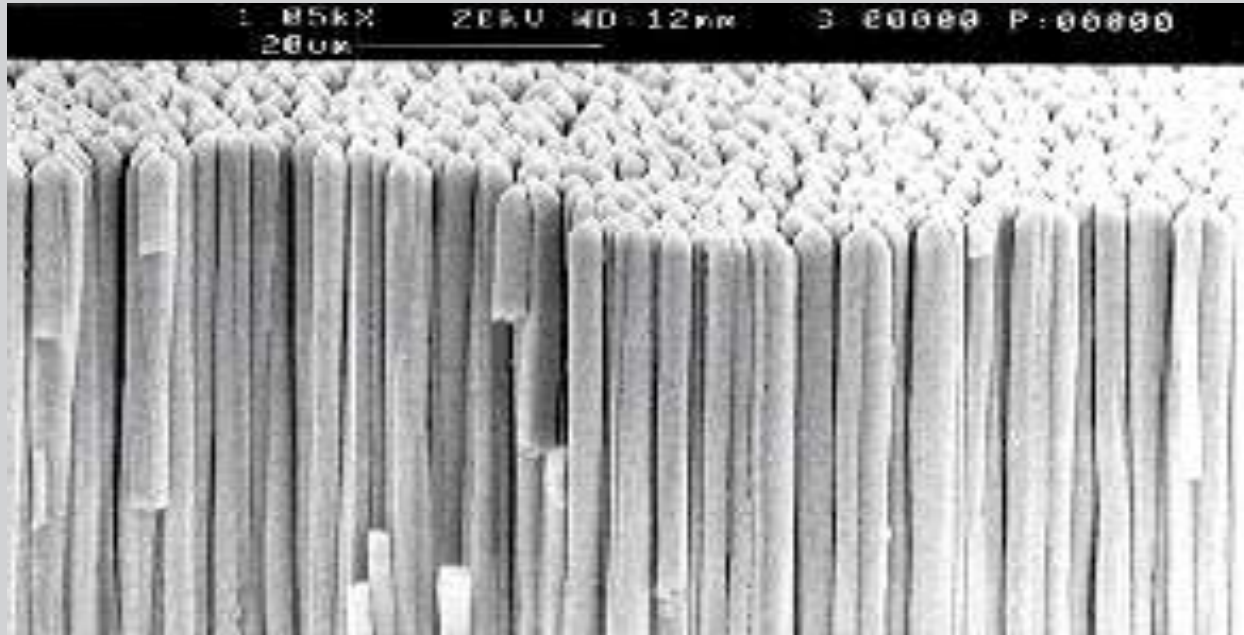
- Adani Mammoscan
- Scanning slot: gebaseerd op de Fischer Senoscan
- 22 x 28 cm<sup>2</sup>
- Pixelspacing: 54 micron
- W/AI

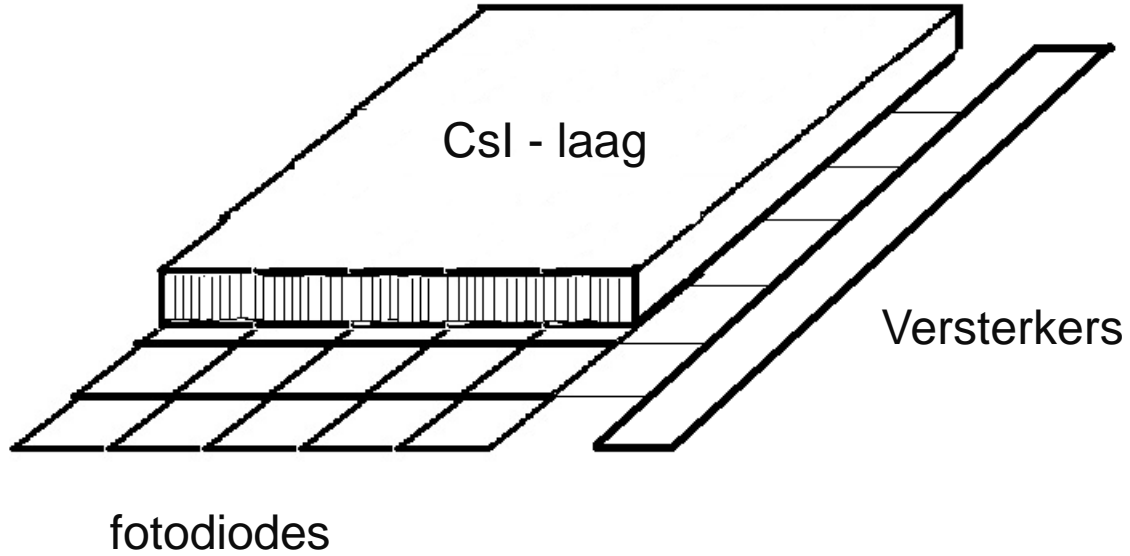


# CsI – Silicium (TFT readout)



# Kristalstructuur Csl laag





# CsI – Silicium (TFT readout)



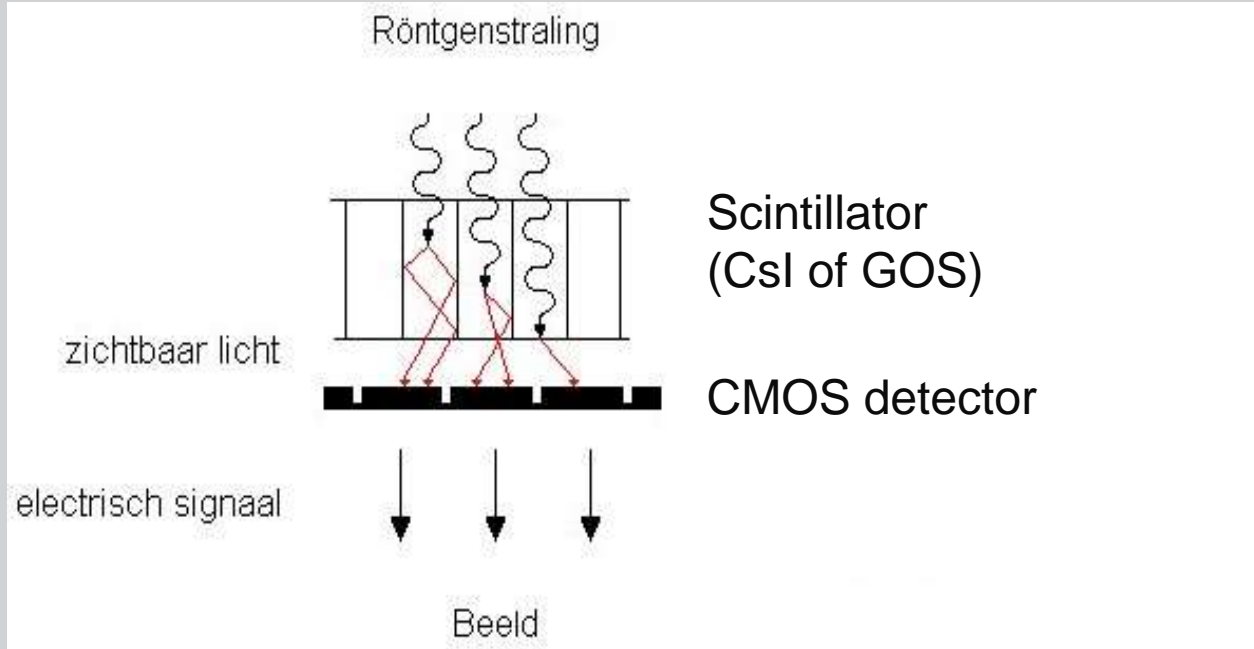
- GE Senographe Essential
- 24 x 31 cm detector
- Pixelspacing: 100 micron
- Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh



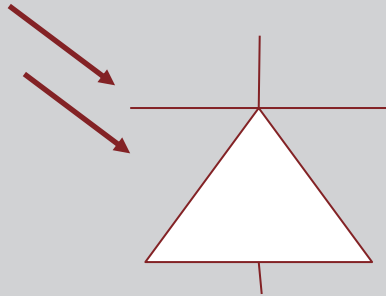


Varian Paxscan detector  
23.3 x 29.7 cm<sup>2</sup> detector  
Pixelspacing 83 micron

- Siemens Fusion  
(midrange system)
- Planmed Clarity  
(tomosynthese systeem)

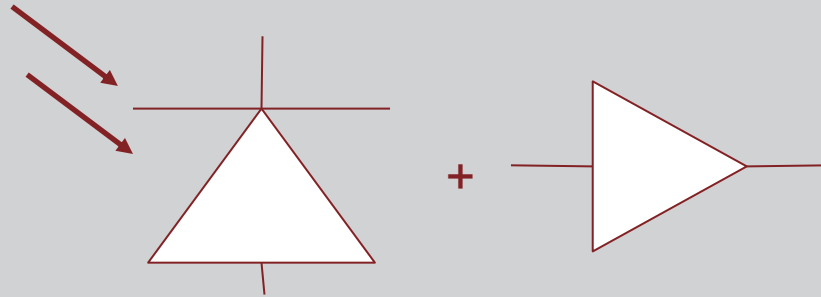


## TFT readout

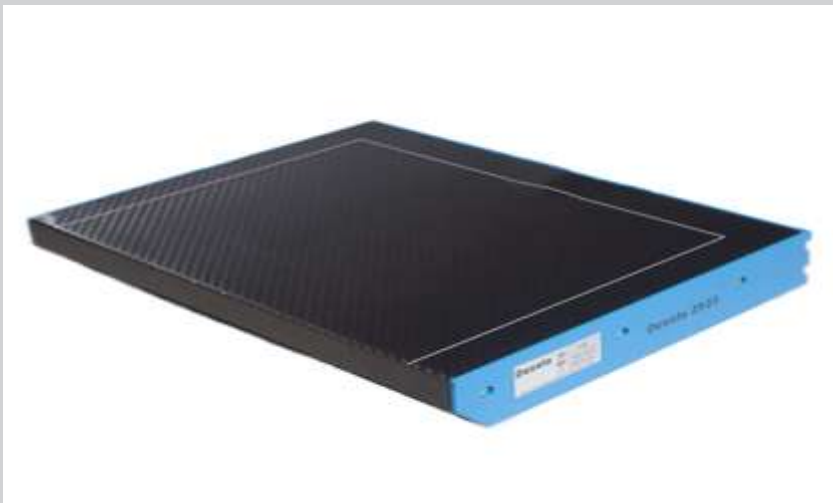


Fotodiode

## CMOS



Fotodiode + versterker



- PerkinElmer Dexela 2923MAM en 2315MAM detectors
- 75  $\mu\text{m}$  pixel pitch
- Scintillator:  
CsI en GOS



## Rayence detector (in 2013 gekocht door General Electric)

- Scintillator: CsI
- Pixelpitch 70 micron
- 1724SM: 17 x 23 cm<sup>2</sup>
- 2434LM: 23 x 34 cm<sup>2</sup>

### 2434LM

- World's First and Largest One Chip CMOS
- Large Area : 24cm x 34cm
- High DQE : Over 65%
- Extremely Low Noise
- High Resolution : 70µm Pixel Size
- Flexible Integration Time : 0.3-3.5s
- Fast Readout : ~3frames/s
- No Image Lag : 0.1%
- 14-bit Digital Output





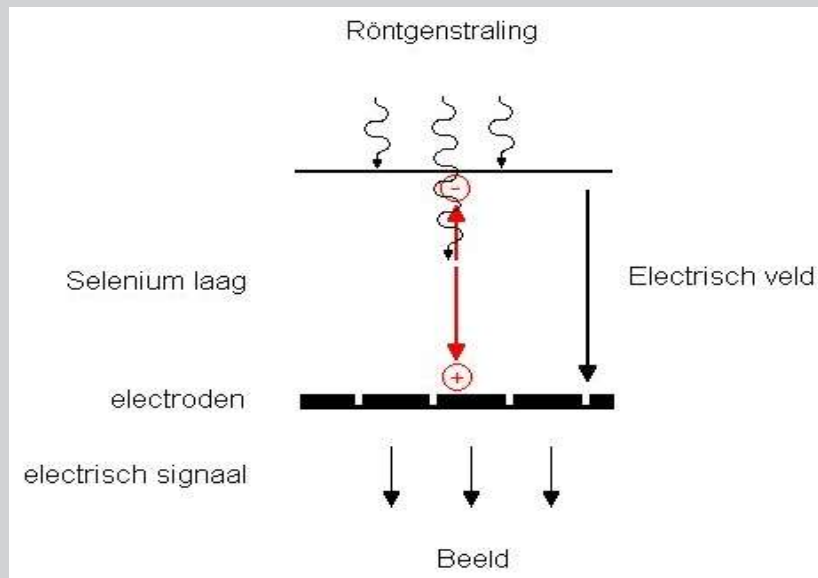
- General Electric Senographe Crystal
- Rayence detector (2013)





## Drie selenium detector fabrikanten:

- Anrad, onderdeel van Analogic  
(Noranda Advanced Materials)
- DirectRay, onderdeel van Hologic  
(Sterling Diagnostic Imaging, daarvoor DuPont  
Diagnostic Imaging)
- Fujifilm (sinds 2008)







- Selenium structuur: amorf
- Kristalliseert bij lage temperatuur
- Mede om deze kristallisatie te voorkomen moet het selenium gestabiliseerd worden
  - > Arseen toegevoegd
- Gevolg: veranderingen in de vorming van het aantal electron-gat paren
- -> Halide toegevoegd

DirectRay detector

Detector grootte: 24 x 30 cm

Pixelspacing: 70 micron





- DirectRay detector:
  - Hologic Selenia
  - Hologic Selenia Dimensions
  - Agfa DM 1000 (niet meer leverbaar)
  - Siemens Novation

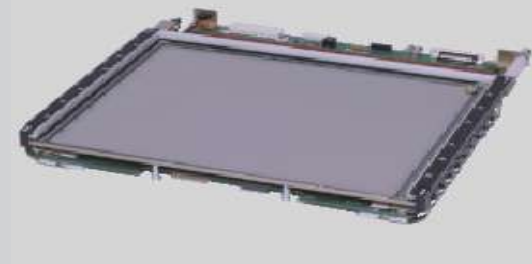
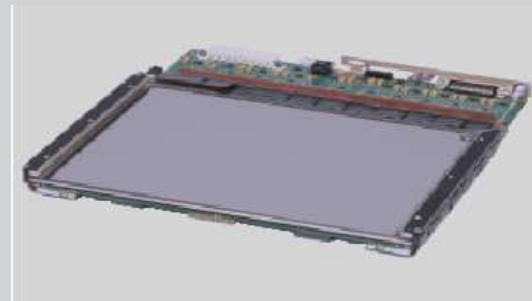
## Anrad detector:

- SMAM (17.4 cm x 23.9 cm)

Pixelspacing: 85 micron

- LMAM (24 cm x 30 cm)

Pixelspacing: 85 micron

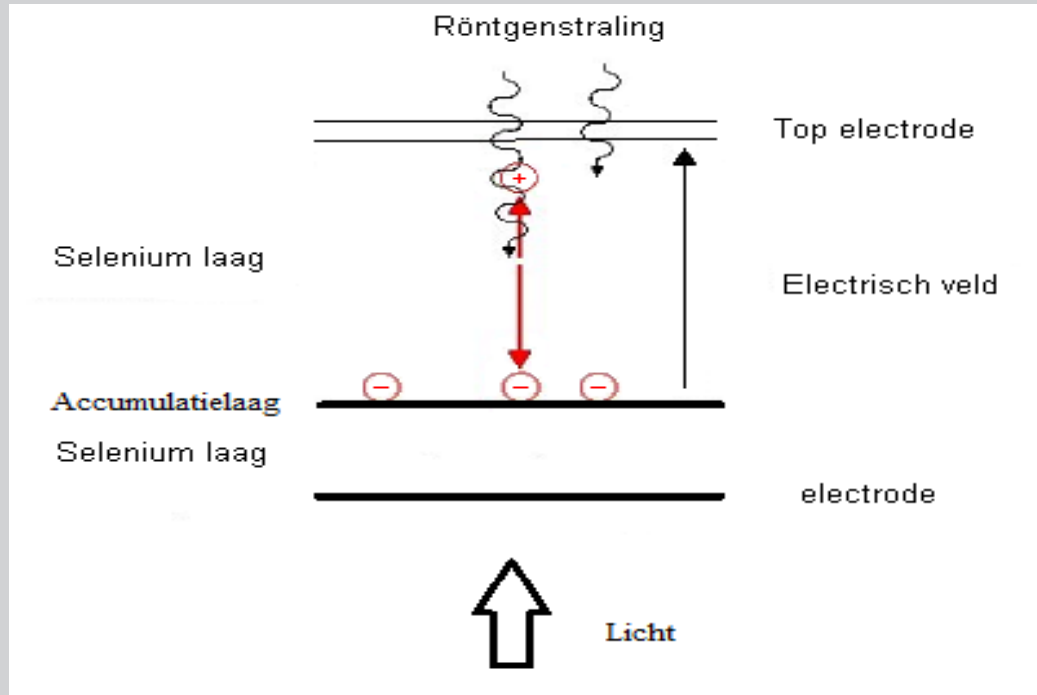




Anrad detector:

- IMS Giotto MD
- Planmed Nuance
- Siemens Inspiration (Prime)
- Metaltronica Helianthus
- Philips mammodiagnost DR

## Fujifilm Dual Layer Selenium detector





## Fuji Amulet F/S

Pixel spacing: 50 micron

Detector grootte:

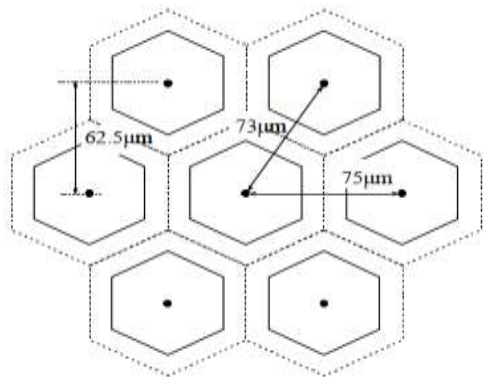
18 x 24 cm

24 x 30 cm

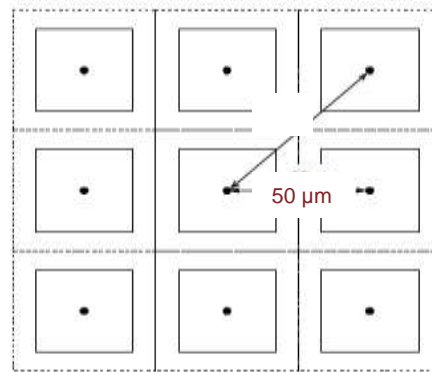


## Fujifilm hexagonale detector elementen

- Enkele Selenium laag
- Hexagonale pixels hersampled op 50 micron pixels



(a) Hexagonal pixel layout



(b) Square pixel layout



## Fuji Amulet Innovality

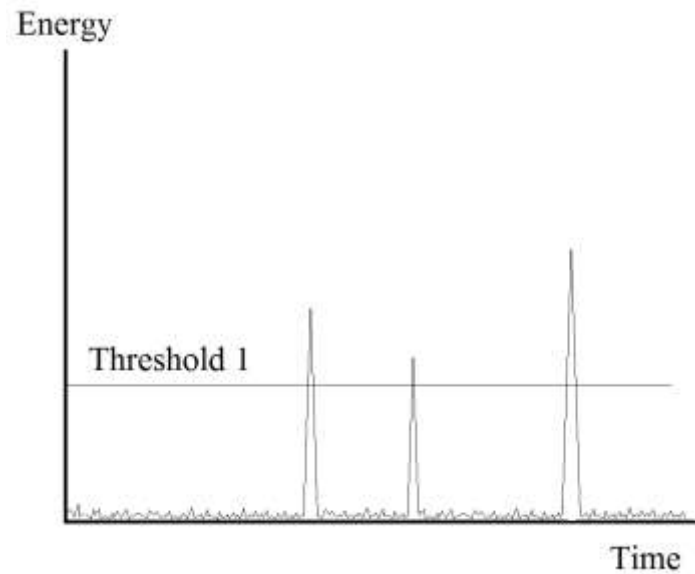
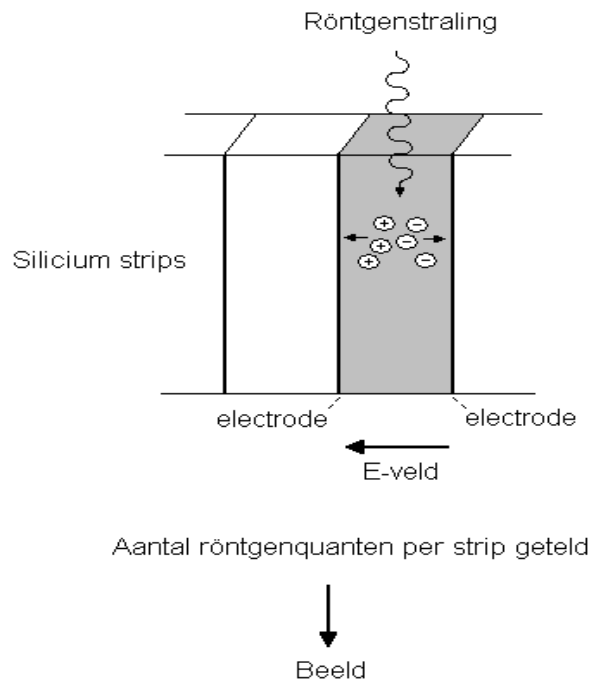
Hexagonale pixels

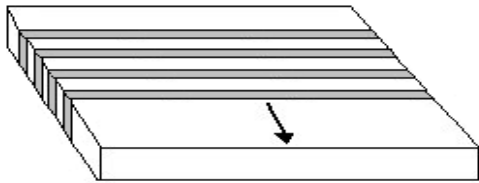
‘Pixelspacing’: 50 micron

Detectorgrootte:

24 x 30 cm

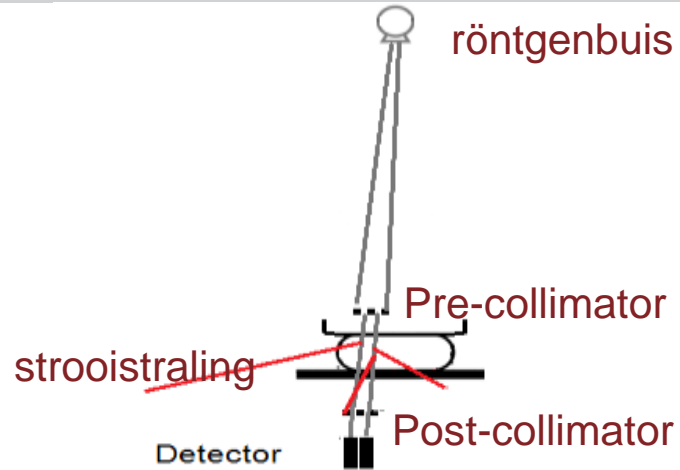






Scanning slot techniek

Meerdere detector lijnen  
(Multislit techniek)





Philips detector:

- Sectra/Philips Microdose L30
- Philips Microdose SI

Pixel spacing: 50 micron

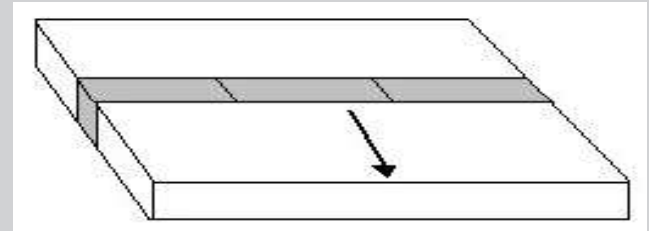
Detector grootte:

24.2 x 26.7 cm

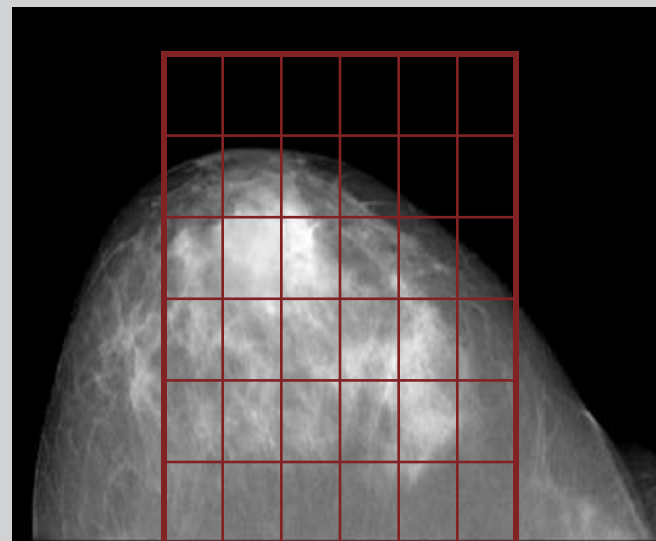
- Flat panel detectoren



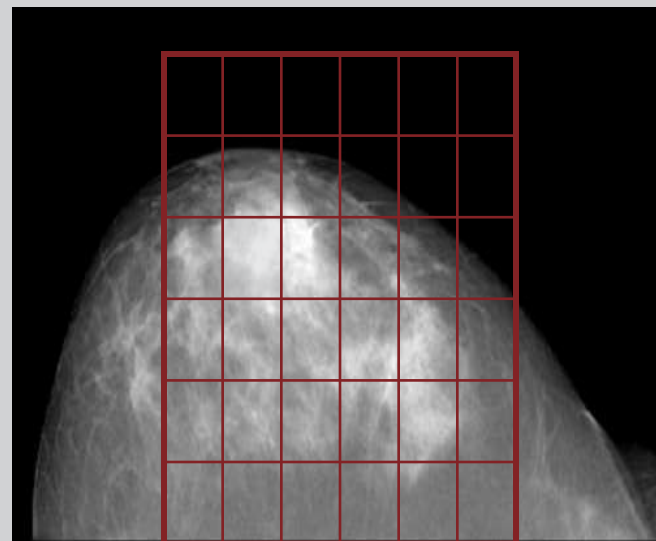
- Scanning slot systemen



- Pre-exposie techniek
- AEC sensor op detector, verdeeld in kleinere gebiedjes
- In deze subgebiedjes wordt een kwaliteitsparameter bepaald (pixelwaarde, SNR) of afgeschat (SDNR)



- Vaak wordt de kwaliteitsparameter over meerdere subgebiedjes met laagste waarde gemiddeld
- AEC Tabel geeft benodigde exposie



- Bij een aantal fabrikanten wordt het beeld van het object gesegmenteerd
- Het gesegmenteerde gebied is de AEC sensor
- Daarna wordt het subgebied met de laagste kwaliteitsparameter gesegmenteerd
  
- Segmentatie werkt niet goed voor fantomen  
-> aparte fantoom mode voor fysische metingen



- Bij een aantal fabrikanten wordt de lokale densiteit van de borst bepaald
- Uitsluiten van implantaten e.d.
- Alle opnamen kunnen in volautomatische mode gemaakt worden
  
- Let op bij fysische metingen !

GE Senographe Essential

16.0 x 14.0 cm

Fuji Amulet F/S

aparte sensor onder detector

Fuji Amulet Innovality

segmentatie, densiteit

Hologic Selenia/ Dimensions:

10.8 x 14.4 cm

IMS Giotto:

13.0 x 18.0 cm

Siemens Novation:

3 kleine sensoren

Siemens Inspiration:

segmentatie

Philips Mammomat:

segmentatie

Philips Microdose:

8.0 x 16.0 cm

Planmed Nuance:

48 kleine sensoren, densiteit

## Opmerking:

- Bij enkele systemen wordt de detector versneld uitgelezen na de pre-exposie  
-> resolutie pre-exposie laag -> niet opgeteld bij uiteindelijke beeld
- Indien de exposie van de volautomatische mode gesimuleerd wordt in handmatige mode moet hier rekening mee gehouden worden



- Gebruik strooistralenrooster
  - voordeel: vangt strooistraling weg
  - nadeel: vangt ook primaire straling weg
- Kleine borsten (grootte en dikte)
  - nadeel > voordeel
- Grotere borsten
  - Strooistralenrooster zinvol



Siemens heeft dit geïmplementeerd

- Tot 7 cm borstdikte: geen strooistralenrooster
- Wat voor invloed heeft stroostraling?
  - extra laagfrequente ruis
    - > Correctie m.b.v. software
  - extra hoogfrequente ruis
    - > Meer primaire straling

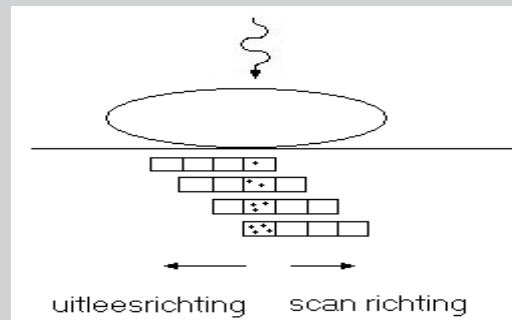
Scanning slot systemen

Pre-exposie techniek niet mogelijk ->

- Pre-scan techniek
- Variatie in scansnelheid/buis-output

Pre scan techniek:

- Snelle prescan in omgekeerde richting
- Fischer Senoscan:



• Time Delay Integration mode:

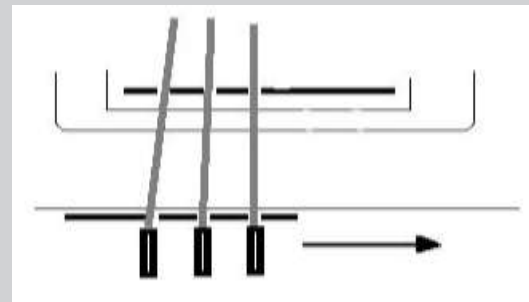
scan snelheid is gesynchroniseerd met en in tegengestelde richting t.o.v. uitlezing

- Pre-scan: uitleesrichting en scan richting zijn gelijk
- 3 maal snellere scan
  - > pre-scan beeld is 'uitgesmeerd'



Variatie in scansnelheid:

- Systeem met meerdere detector lijnen  
-> variatie in scan snelheid



- Philips Microdose:

Gecomprimeerde borstdikte bepaald buisstroom en röntgenspectrum

Eerste detectorlijn gebruikt als AEC sensor

- Scan snelheid aangepast aan het aantal röntgenquanta gedetecteerd door de eerste detector lijn
- Scan snelheid kan alleen vertraagd worden

## Observatie

- Fysische kwaliteit:

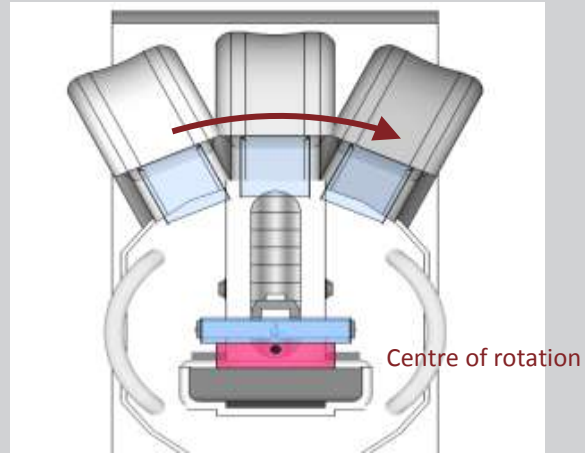
FFDM >> film-scherm

- Echter, detectie van tumoren is ongeveer gelijk

- Reden?

hypothese: Overprojectie van weefsel

- Oplossing: 3D beeldvorming
- Tomosynthese of breast CT?



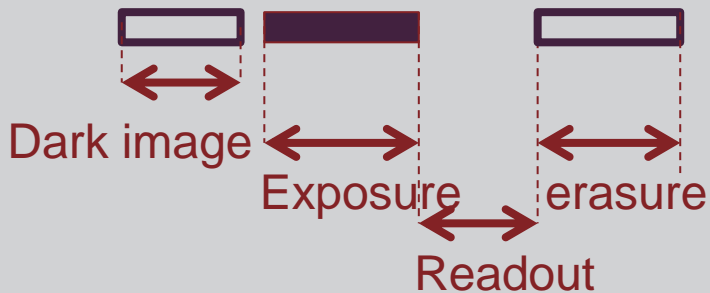
# Tomosynthese

- Detectoren (systemen) in DBT identiek aan FFDM
- Verschillen:
  - Detector uitlees sequentie
  - Potentiele gevoeligheid voor ghosting/lag
    - Aanpassingen in detectoren
  - Aanpassing detector uitlezing
    - ‘binnen’
  - Strooistralenrooster
  - Beweging van de buis

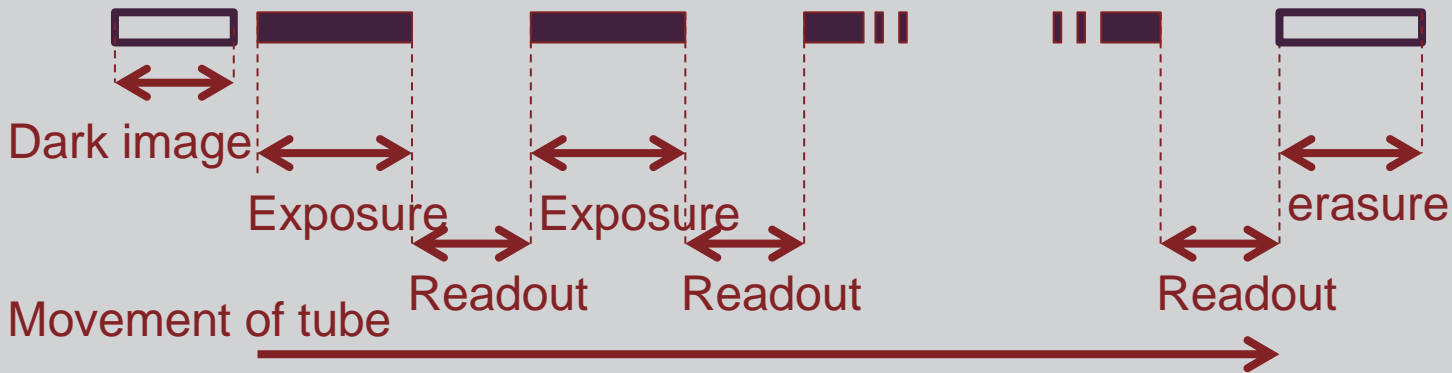


# Detector uitlees sequentie

## FFDM

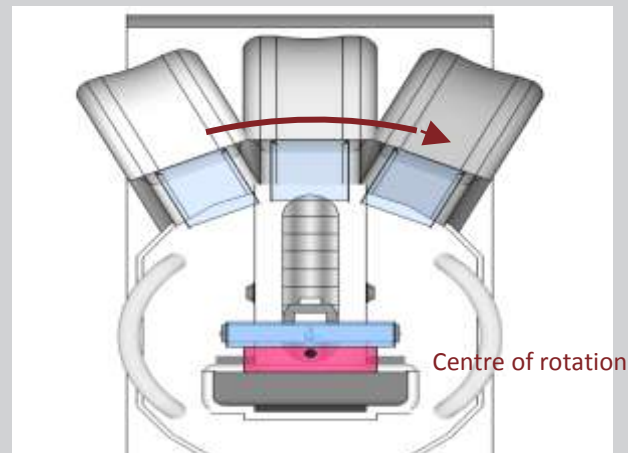


## Tomosynthesis



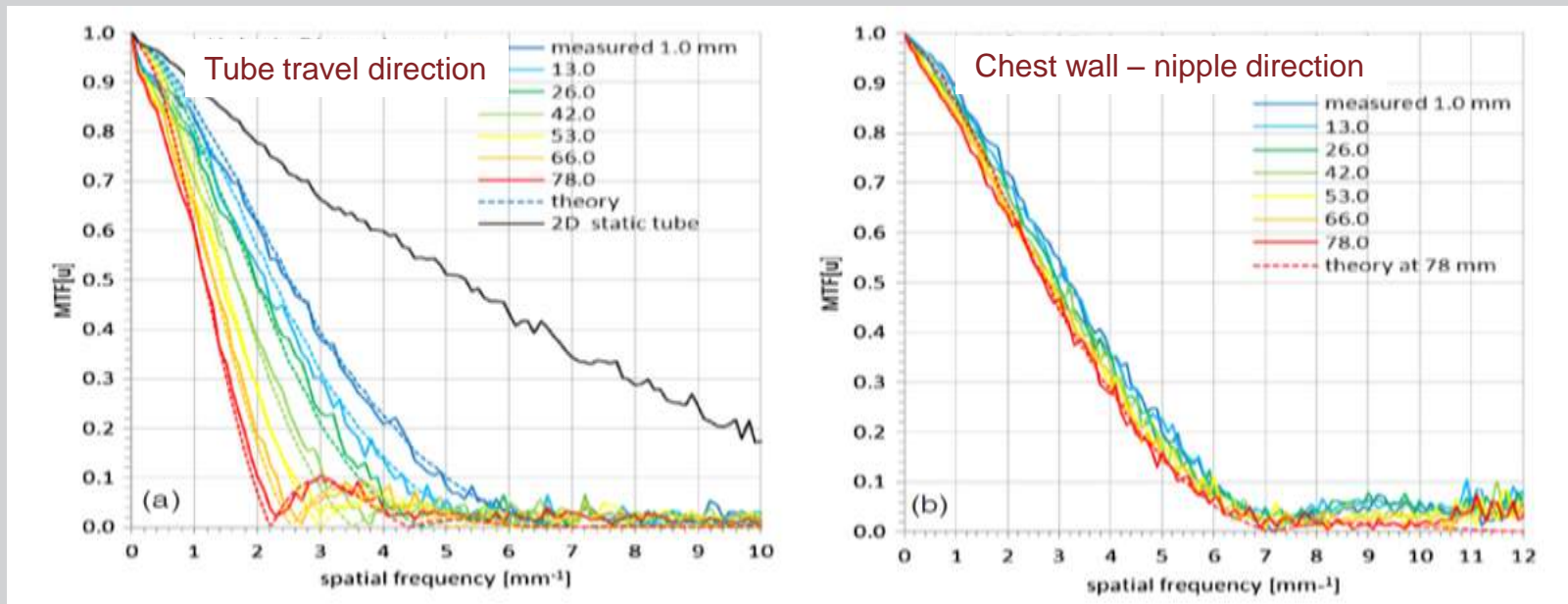
## Beweging van buis in DBT:

- Step-and-shoot:
  - vibraties van de buis  
(gewicht, mechanica)
- Continue beweging
  - focus groter in één richting
- Continue beweging, sync-and-shoot
  - mechanisch lastig



# Beweging van de buis

- MTF op verschillende hoogte:



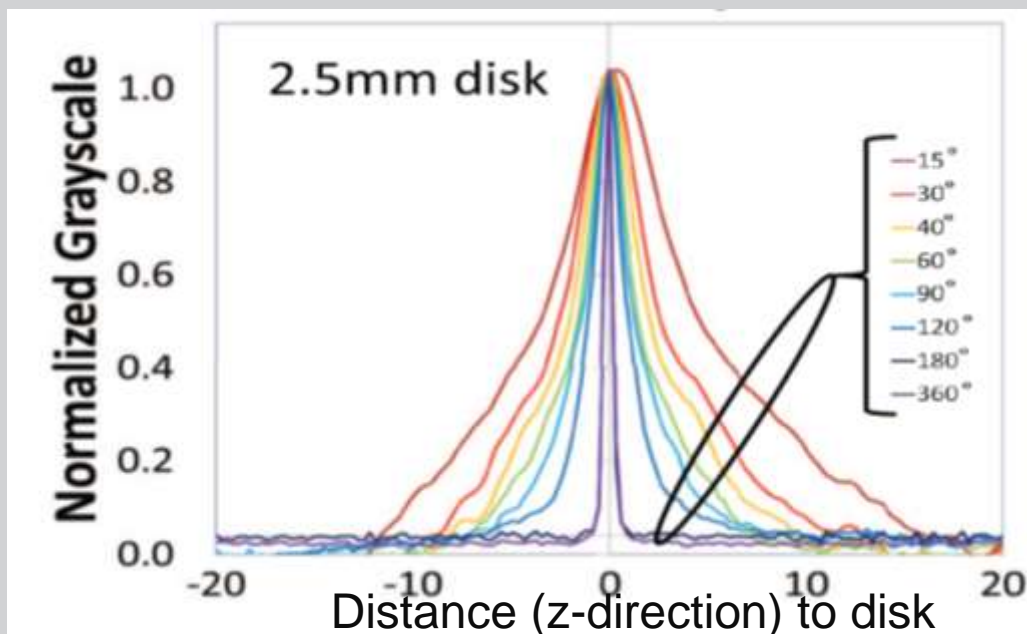


DBT systemen, verschillen in:

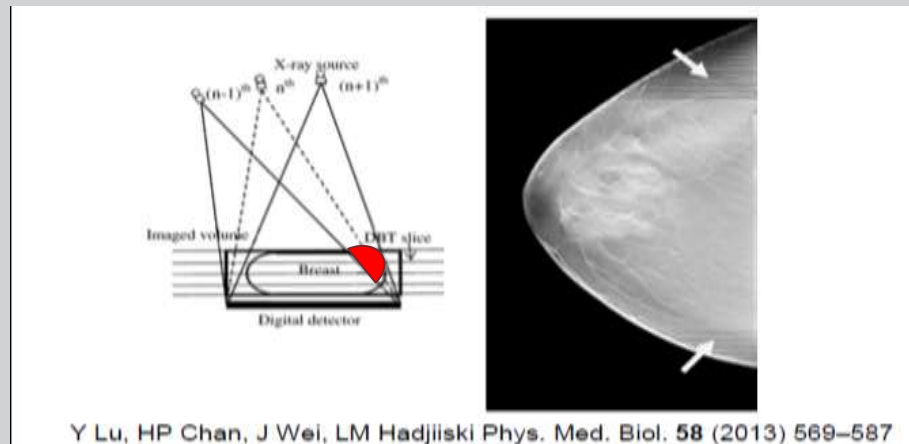
- Totale hoek  
(tussen  $15^\circ$  en  $50^\circ$ )
- Aantal projectie beelden  
(tussen 9 en 25)
- Invloed op x-y en z-resolutie van de gereconstrueerde beelden



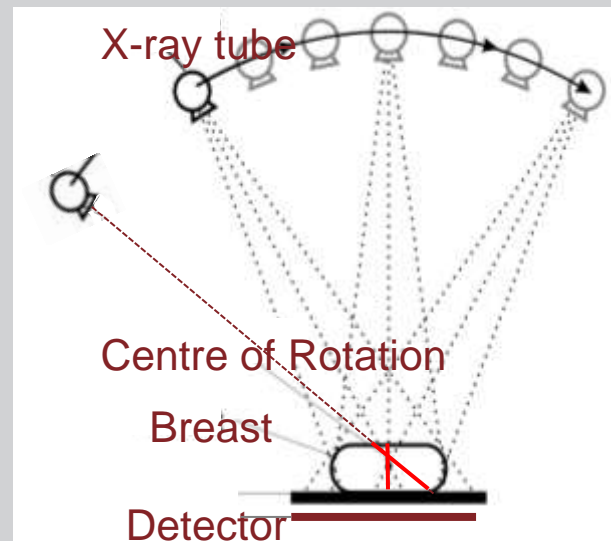
Totale hoek is gerelateerd aan z-resolutie



- Grote totale hoek
  - risico dat de bovenzijde van een object niet op alle projectiebeelden staat
- Dynamische collimatie



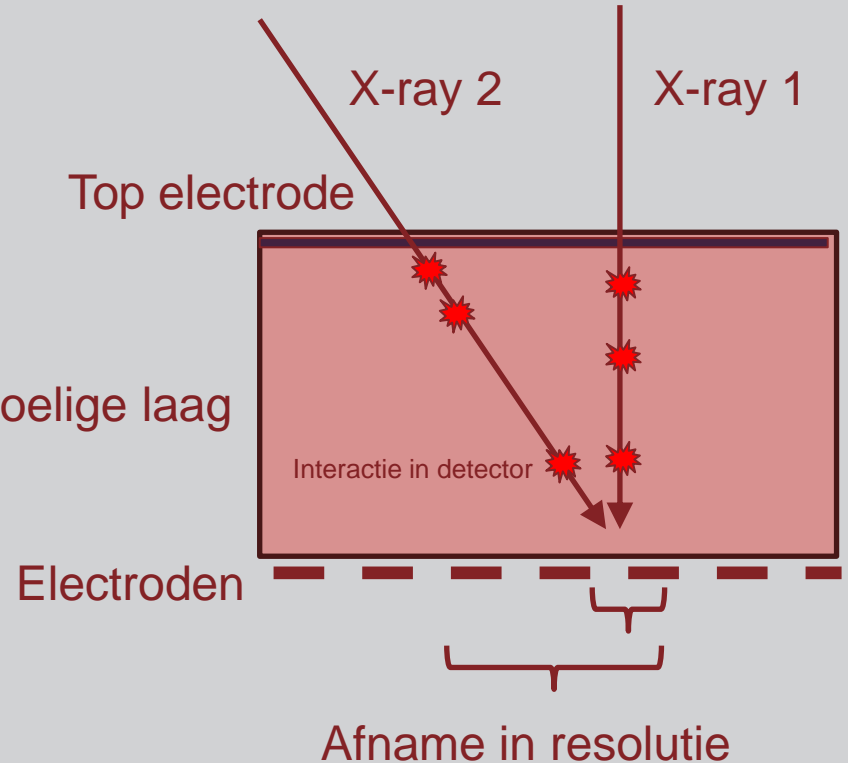
- Anatomische constraint:
  - Object is een gecomprimeerde borst
- Weglengte door borst neem toe met hoek:
  - Glandulaire dosis hoger
  - Detector dosis lager
- (Bijna) stationaire detector:
  - Hoek van incidentie heeft impact op resolutie



Hoek van incidentie:

- Grotere incidentie hoek
- > afname in resolutie

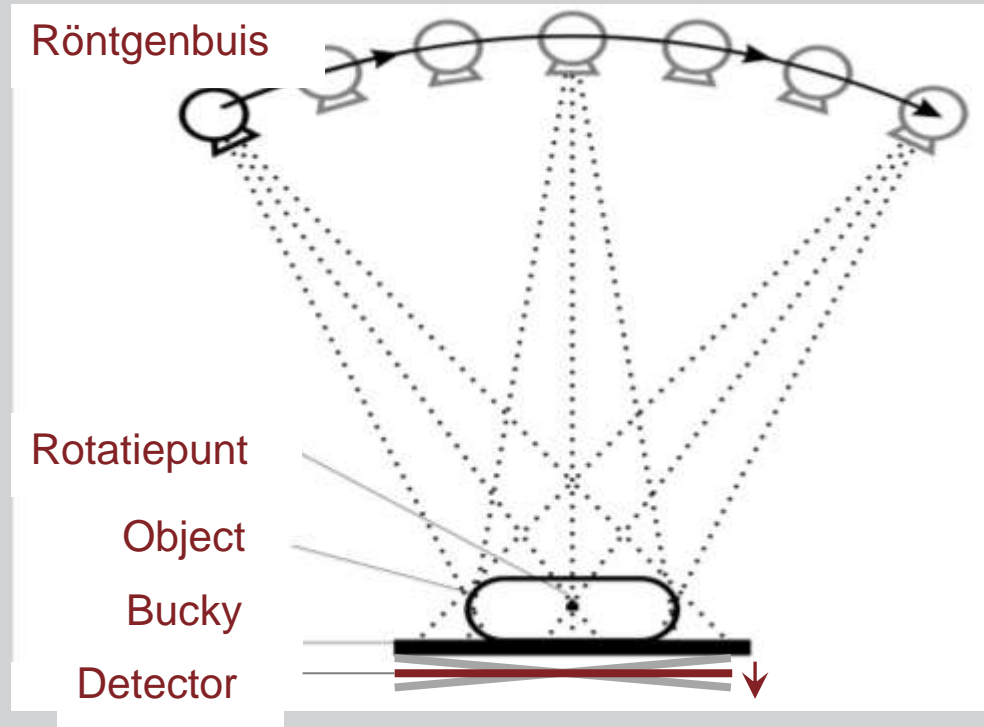
Röntgengevoelige laag



- Grotere hoek tussen projectiebeelden
  - > Artefacten
- Uitleesruis
  - Uitleesruis voor ieder projectiebeeld
  - Totale uitleesruis hangt af van aantal projecties
  - Minimum dosis per projectie
  - Impact op totale dosis

# Detector in tomosynthese

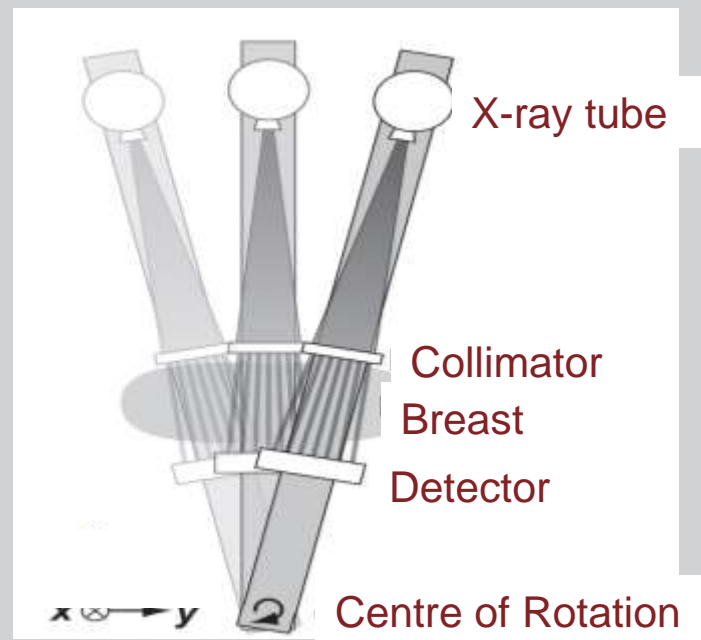
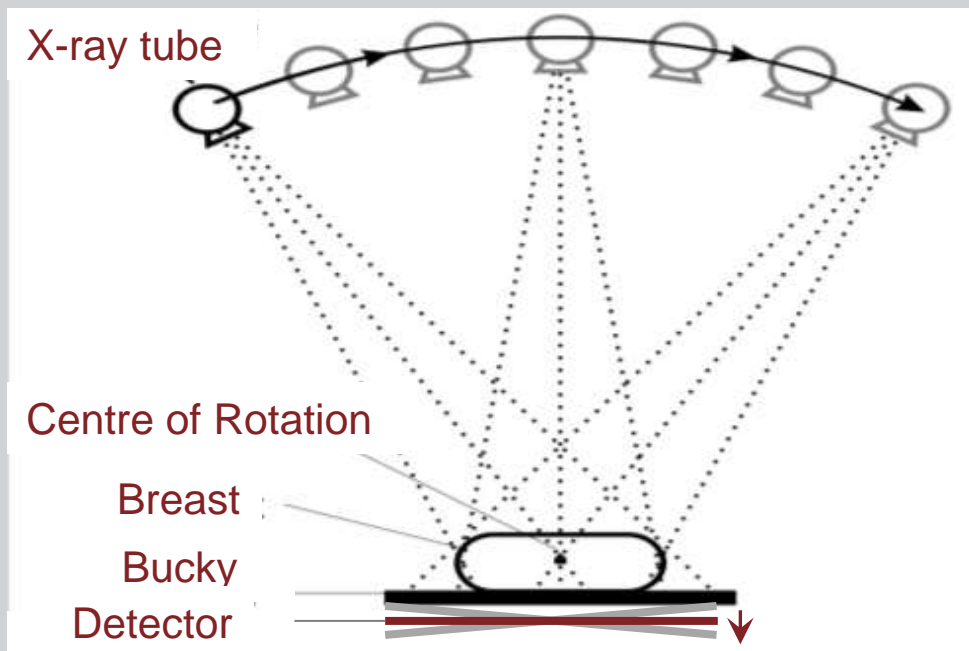
- Sommige detectoren bewegen enigszins mee



- Vanwege beperkte hoek en aantal beelden is tomosynthese eigenlijk een pseudo 3D techniek
- Pixelwaarde in gereconstrueerde beelden is niet gerelateerd aan een verzwakking (zoals Hounsfield units in CT)
- **Grote** verschillen tussen tomosynthese systemen (acquisitie en beeldreconstructie)

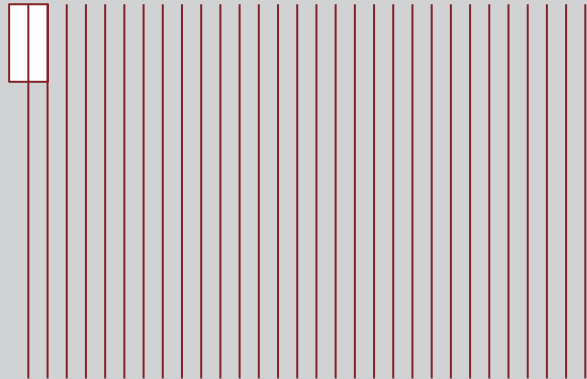


- Flat panel detector versus multislit scanning slot



# Tomosynthese systemen

<i>DBT System</i>	<i>General Electric SenoClair</i>	<i>Hologic Selenia Dimensions</i>	<i>IMS Giotto TOMO</i>	<i>Philips Microdose</i>	<i>Planmed Clarity 3D</i>	<i>Siemens Mammomat Inspiration</i>	<i>Fujifilm Amulet Innovality</i>
Type of geometry	Commercial Full-field	Commercial Full-field	Commercial Full-field	Prototype Scanning multislit	Prototype Full-field	Commercial Full-field	Commercial Full-field
Detector type	Energy integrating	Energy integrating	Energy integrating	Photon counting	Energy integrating	Energy integrating	Energy integrating
Detector material	CsI-Si	a-Se	a-Se	Si	a-Se	a-Se	a-Se
Detector element size (µm)	100	70	85	50	85	85	68
Focal plane pixel size	100	95-117	85	50	85	85	100/150
X-ray tube motion	Step-and shoot	Continuous	Step-and shoot	Continuous	Continuous, sync and shoot	Continuous	Continuous
Target Filter	Mo/Rh	W	W	W	W	W	W
	Mo: 30 µm Rh: 25 µm	Al: 700 µm	Rh: 50 µm Ag: 50 µm	Al: 500 µm	Rh: 60 µm Ag: 75 µm	Rh: 50 µm	Al: 700 µm
Angular range	25	15	40	11	30	50	15/40
Number of projection images	9	15	13	21	15	25	15
Source to detector distance (mm)	660	700	680	660	650	655	650
Distance between detector and centre of rotation (mm)	40	0	20	400	44	47	46
Remarks	With anti-scatter grid	Pixelsize varies with height		Centre of rotation underneath detector			Hexagonal detector elements



Thoraxzijde

Conventioneel strooistralenrooster

Tomosynthese beweging 



Thoraxzijde

Tomosynthese strooistralenrooster

Bron: RSNA 2008

## Belichtingsautomaat

- Pre-exposie niet gebruikt voor beeldvorming
  - In nul-graden positie
  - In maximale hoek
- Pre-exposie is opname met maximale hoek
- Bij sommige systemen wordt de opname met andere maximale hoek ook met mAs van de pre-exposie gemaakt

- Minimale exposie per projectie vanwege uitleesruis
- Maximale exposietijd  
(continue buis beweging)
- Maximale buisbelasting (buisstroom)
- Minder variatie in exposie dan FFDM

Opmerking: Op dit moment zijn de meeste belichtingsautomaten nog 'basaal'

- Dicom DBT standaard nog in implementatiefase
- Format DBT-beelden verschilt:  
DBT-file, CT, MG per focal plane, privat format
- Projectiebeelden: nog niet altijd makkelijk toegankelijk (privat format of compressie)
- Zeer grote hoeveelheid data

- Bedankt voor jullie aandacht