Training stralingsbescherming

ANALYTISCHE RÖNTGENTOEPASSINGEN XRD / XRF

Ir. G.I. Moerdijk, Ing. L.B.J. van Riel (stralingsbeschermingseenheid SBD / RPU)

Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection (OHSE&R)

TU/e EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

1

Röntgenstraling

- Ontdekt in 1895 door Wilhelm Conrad Röntgen
  - Oplichting scherm bedekt met bariumzout nabij kathodebuis
- Ontstaat als elektronen worden versneld of afgeremd
- Wordt kunstmatig opgewekt in röntgenbuizen
- Is een vorm van elektromagnetische straling (fotonen)
- Is een vorm van ioniserende straling
  - Potentieel schadelijk bij verkeerd gebruik
- Wordt gebruikt voor
  - Materiaalonderzoek (wetenschap en technologie)
  - Inspectie, niet destructief onderzoek (industrie, douane,…)
  - Onderzoek van het menselijk lichaam (medisch/juridisch)

2 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

TU/e

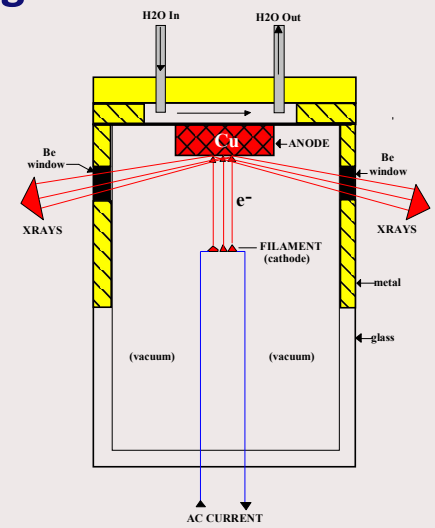
2

Principe van röntgenopwekking

- Elektronen worden versneld door een elektrische spanning (tientallen kilovolt)
- Snelle elektronen afgeremd in materiaal
  - produceert remstraling = röntgenstraling
- De elektrische potentiaal bepaalt de energie van de röntgenstraling
  - hoe hoger het potentiaalverschil, hoe hoger de röntgenenergie
- Slechts ca. 1% van de elektrische energie wordt omgezet in röntgenstraling
  - rest wordt omgezet in warmte, daarom is koeling belangrijk

Ontwerp van een analytische röntgenbuis

- Elektronen uit wolfraam gloeidraad treffen anode (target)
  - Target moet worden gekoeld
  - Target en gloeidraad in vacuüm
- Buisomhulling in loodafscherming
- Anode kan vast of roterend zijn
  - Rotatie laat hogere output toe



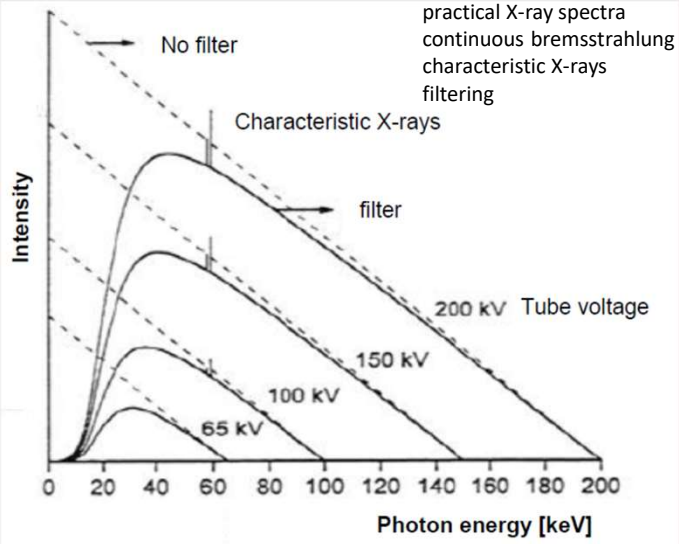
Source: MIT

Factoren die röntgenoutput bepalen

- Buisspanning, hoogspanning, versnelspanning (kV)
  - bepaalt maximale energie en hoeveelheid (intensiteit) röntgenstraling
- Buisstroom (mA)
  - output is recht evenredig met aantal elektronen
- Bedrijfstijd
  - output recht evenredig met tijd dat buis 'aan' staat
- Anodemateriaal
  - hoe hoger atoomnummer, hoe hoger output
- Filtering
  - modificatie output met filtermateriaal

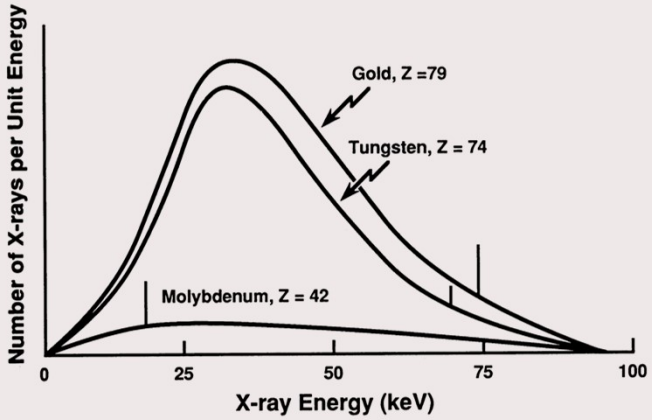
5

Typische röntgenspectra



6

Invloed anodemateriaal



7

Belangrijkste analytische toepassingen röntgenstraling

- Röntgendiffractie (XRD)
  - röntgenverstrooiing door kristallijne materialen
  - vingerafdruk van atomaire structuur kristal
  - identificatie onbekend materiaal
  - karakterisering onbekend materiaal
  - met name toegepast in scheikunde en biologie

- Röntgenfluorescentie (XRF)
  - materiaal bestraald met röntgenstraling zendt karakteristieke röntgenstraling uit
  - secundaire röntgenstraling is karakteristiek voor element
  - röntgenstraling kan op twee manieren worden gemeten:
    - golflengte-opgelost (golfdiffractie, WDX)
    - energie-opgelost (energie absorptie in detector, EDX)

8

Ioniserende straling

- Röntgenstraling is ioniserende straling
  - kan elektron losmaken van atoom
  - kan molecuulstructuur veranderen
- Andere vormen van ioniserende straling zijn
  - gammastraling (afkomstig uit atoomkern)
  - alfa- en bètastraling, neutronen (afkomstig uit atoomkern)
- Ioniserende straling heeft mogelijk nadelige effecten
  - weefselschade bij zeer hoge blootstelling
  - mogelijk verhoogde kans op kanker bij lage blootstelling
- Principes stralingsbescherming
  - ten koste van alles hoge blootstelling voorkómen
  - zo veel als redelijk verminderen van stralingsblootstelling (ALARA)
  - handhaven van blootstellingslimiet

9 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

9

Waar zitten de stralingsbronnen?

- Primaire bundel (uittredende bundel röntgenbuis, shutter open)
  - zeer hoge stralingssterkte, zeer kleine afmeting
  - schadelijk voor menselijk weefsel
  - absoluut verboden om hiermee in contact te komen
- Diffractie-straling
  - kleine bundels, mogelijk hoge stralingssterkte
  - afbuiging naar bepaalde hoek ten opzichte van primaire bundelrichting
- Verstrooiing of lekkage van primaire bundel buiten het doelgebied
  - hoge stralingssterkte
  - mogelijk veroorzaakt door defecte apparatuur
- Lekkage van primaire bundel door de shutter of de buisbehuizing
  - in de regel lage stralingssterkte

10 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

10

Oorzaken van röntgenblootstelling

1. Sample wisseling met bundel aan / shutter open
2. Visueel uitlijnen röntgenbundel (open toestellen*)

3. Modificatie van afscherming
4. Foutief (terug)plaatsen afscherming na service/reparatie

5. Onachtzaamheid over aanwezigheid röntgenbundel
6. Onvoldoende kennis van apparaat en gebruikersinstructie

1-2 mogen alleen worden gedaan door specialist, met toestemming
ontmoedigd door ontwerp van moderne machines (interlocks)
3-4 verplichte stralingscontrole na iedere modificatie
5-6 verplichte veiligheidstraining en machine-specifieke training

*Een open toestel is een toestel met vrij uittredende röntgenbundel zonder permanente omhulling van de primaire bundel.

11 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

TU/e

11

Veiligheidsmaatregelen

- Interlock beveiliging op deuren van gesloten machines
  - voorkomt blootstelling aan primaire bundel en diffractie bundel
  - machine slaat af of veerbelaste fail-safe shutter sluit indien beveiliging wordt verbroken
- Metalen behuizing rondom bundellijnen (open systemen)
  - voorkomt directe blootstelling aan röntgenbundel
- Afscherming van machinebehuizing
  - meestal 0,1-1 mm lood
  - benodigde afscherming hangt af van buisspanning en stroom
- Indien nodig: beschikbaarheid van stralingsmeetapparatuur
- Organisatorische maatregelen
  - periodieke lekstralingscontrole
  - verplichte training van gebruikers
  - alleen toestemming ‘speciale jobs’ voor applicatie specialist
  - waarschuwingssignalering op röntgenapparatuur

12 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

TU/e

12

Dosimetrie van straling

- Menselijk lichaam absorbeert stralingsenergie
  - geabsorbeerde dosis uitgedrukt in energie per massa-eenheid
  - eenheid is joule per kilogram, ofwel gray (Gy)
- Mogelijke gezondheidsschade hangt af van
  - geabsorbeerde dosis
  - soort straling
  - blootgestelde organen

13 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

13

Dosimetrie van personen

- Bij bepaling van hoge stralingsdosis hanteren we (lokale) geabsorbeerde dosis
  - effecten op korte termijn, afhankelijk van plaats en dosis
  - eenheid is gray (Gy)
- Bij bepaling van lage stralingsdosis hanteren we zogenaamde effectieve dosis
  - houdt rekening met stralingssoort en blootgestelde organen
  - alleen voor lage dosis -> mogelijke effecten op de lange termijn
  - eenheid is sievert (Sv), liever millisievert = 1/1000 sievert
- Blootstelling van totale lichaam aan röntgenstraling:
  - 1 milligray = 1 millisievert

14 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

14

Betekenis van effectieve dosis

Wat is een effectieve dosis van 1 millisievert ?

- 1 jaar uitwendige blootstelling aan natuurlijke bronnen van ioniserende straling
- 1 jaar inwendige blootstelling door natuurlijke bronnen van ioniserende straling
- 50 trans-Atlantische vluchten
- 10 thoraxfoto's bij röntgenonderzoek
- minstens 50 gebitsfoto's bij de tandarts

15 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

15

Dosimetrie röntgenapparatuur

Typische stralingsintensiteit in en rond röntgenapparatuur

- Primaire bundel: zeer lokaal: 10 Gy/min tot wel 10 Gy/s !!
- Diffractie bundel: zeer lokaal: tot 1 Gy/min
- Verstrooide straling: tot 1 mGy/min
- Lekstraling van buis: tot 1 µGy/min
- Buiten behuizing toestel
  - TU/e grenswaarde < 1 µGy/h op 10 cm afstand van toestel
  - in de praktijk hooguit 0,1 µGy/h

16 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

16

Biologische effecten ioniserende straling (1/2)

- Weefsel effecten (voorheen deterministische effecten genoemd):

  effecten op korte termijn (uren tot weken) na hoge stralingsdosis

  - direct te herleiden tot blootstelling
  - minimale blootstelling nodig (drempeldosis)
  - ernst neemt toe met dosis
  - moet ten koste van alles worden voorkómen
  - gelukkig zeer zeldzaam in de wereld, op TU/e niet voorgekomen

17 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

17

Biologische effecten ioniserende straling (2/2)

- Stochastische effecten

  mogelijke effecten op lange termijn (vele jaren) na lage dosis

  - geen zeker verband met stralingsblootstelling, omdat effecten ook 'natuurlijk' voorkomen
  - huidige aanname: geen drempeldosis voor effect (met name tumorvorming)
  - kans op effect gerelateerd aan dosis
  - kans en dus blootstelling moet worden beperkt

18 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

18

Samenvatting

Deterministische effecten

- Korte termijn (> weken)
- Hoge doses (> 1 Gy)
- Ernst van effect
- Drempel
- Preventie

Stochastische effecten

- Lange termijn (> jaren)
- Vanaf lage doses (> 0 mSv)
- Kans op effect
- Geen drempel
- Beperking dosis/kans tot redelijke niveaus

Effecten van zeer hoge stralingsdosis

- Hoge stralingsdosis alleen mogelijk bij onoordeelkundig gebruik
- Alleen hoge blootstelling denkbaar van hand/vingers
- Enkele seconden in primaire bundel kan genoeg zijn!
  - effect varieert van lichte roodheid tot (in extreme gevallen) amputatie
  - openbaring effect mogelijk pas na vele dagen of enkele weken
- Blootstelling aan verstrooide straling of lekstraling kan niet tot dergelijke ernstige effecten leiden

Huideffect	Geabsorbeerde dosis(Gy)
Waarneembare roodheid (Erytheem)	3
Droge afschilfering van de huid	10
Natte afschilfering en blaarvorming	15
Zweervorming en afsterven huidweefsel	30

Principes van stralingsbescherming

- Rechtvaardiging van een stralingstoepassing: nuttig en nodig
- ALARA principe: de dosis zo laag mogelijk houden als redelijkerwijs haalbaar is
- Dosislimieten: wettelijke grens
  - **Blootgestelde werknemers**
    - Effectieve dosis: **20 mSv** per jaar
    - Equivalente dosis: ooglens 20 mSv per jaar
      huid/hand/voet 500 mSv per jaar
  - **Leden van de bevolking**
    - Effectieve dosis: **1 mSv** per jaar
  - **Voor patiënten gelden geen dosislimieten** (waarom ?)

21 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

21

Dosislimieten voor werkers op TU/e

- **Werknemers (radiologisch geclassificeerde en niet-geclassificeerde werknemers)**
  - Blootgestelde werknemers
    - cat. A 20 mSv
    - cat. B* 6 mSv
  - Niet blootgestelde werknemers**
    - Overige radiologische werkers (cat. C) 1 mSv
    - Overige niet-geclassificeerde werkers 1 mSv
    - Ongeboren kind, tijdens zwangerschap*** 1 mSv

* Dit is formeel geen dosislimiet, maar een streefwaarde. Bij mogelijke overschrijding dient persoon in cat. A te worden geplaatst.

** Niet blootgestelde werknemers zijn o.a. werknemers die met röntgendiffractie-, röntgenfluorescentie- en microCT-toestellen werken

*** Zwangerschap dient zo spoedig mogelijk te worden gemeld, rechtstreeks bij SBD, of via leidinggevende of bedrijfsarts. Vertrouwelijkheid is gegarandeerd.

22 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

22

TU/e spelregels op de werkplek (1/2)

- Algemene regels in radiologische werkruimten
  - toegangsbeperking voor onbevoegden
  - aanduiding met waarschuwingssignalering
  - persoonsdosimetrie, aanvullende dosimetrie, soms speciale werkkleding
- Ruimten met gesloten röntgentoestellen
  - geen radiologisch werkgebied
  - geen toegangsbeperking
  - geen ruimte- of persoonsdosimetrie nodig
  - dosistempo buitenzijde toestel < 1 µSv/h @ 10 cm
  - bij gebruik open toestellen aanvullende (tijdelijke) maatregelen

23 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

23

TU/e spelregels op de werkplek (2/2)

- Stralingsbescherming geregeld per toestel
  - waarschuwingssignalering op toestel
  - bediening toestellen alleen na instructie en autorisatie
  - speciale jobs alleen door specialisten na autorisatie
  - sleutel interlock overbrugging in beheer bij de lokaal Toezichthoudend Medewerker Stralingsbescherming (TMS)
  - periodieke (minstens jaarlijkse) veiligheidscontrole door Stralingsbeschermingseenheid (SBD)

24 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection TU/e

24

Waarschuwingssignalen röntgenstraling

- Aanwezigheid röntgentoestel
  - op toestel of opstelling waarin toestel zich bevindt
- Verlichte indicatie buis AAN
  - bij toestel/opstelling
  - gele of rode lamp

25 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

TU/e

25

Samenvatting

- Werken met moderne (gesloten) röntgenapparatuur veilig, mits
  - gewerkt wordt volgens de gebruikersinstructies
  - speciale jobs, zoals visuele uitlijning, door specialisten worden gedaan
  - de apparatuur regelmatig wordt gecontroleerd door SBD
- Onder normale omstandigheden is blootstelling vrijwel nul
  - veel minder dan natuurlijke stralingsachtergrond
- Bij (grove) overtreding van veiligheidsvoorschriften
  - kan blootstelling hoog zijn (met name handen/vingers)
  - kan gezondheidsschade het gevolg zijn

26 Occupational Health, Safety, Environment and Radiation Protection

TU/e

26

Tot slot

- Bij enige vragen of twijfel bij uzelf of anderen in uw omgeving omtrent de werking of de veiligheid van röntgenapparatuur
  - raadpleeg de lokaal toezichthoudend medewerker stralingsbescherming (TMS) / begeleider
  - of raadpleeg de Stralingsbeschermingseenheid (SBD of RPU) (tst. 3355)
  - zie ook website SBD: http://www.tue.nl/sbd
- Om de test te maken kunt u een afspraak maken met de SBD