

RTG prášková difraktometrie

Vlastnosti RTG záření

Vznik RTG záření

Rentgenové záření (RTG, X-ray) je krátkovlnný, vysoce energetický svazek elektromagnetického záření. Z hlediska vlnové teorie se jedná o sinusoidální oscilující elektrické pole a na ně kolmé magnetické pole podobného tvaru, kdy obě pole jsou proměnlivá v čase. RTG svazek si lze také představit jako proud energetických částic - fotonů.

Každé elektromagnetické pole lze popsat vlnovou délkou λ (vzdálenost mezi identickými vrcholy sinusoidy) a frekvencí ν (počet identických vrcholů, které projdou bodem za jednotku času) nebo energií E procházejících fotonů. Platí:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad E = h\nu$$

kde c je rychlost světla a h je Planckova konstanta.

Vznik RTG záření

Kombinací výše uvedených rovnic získáme vztah mezi energií a vlnovou délkou záření:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Po vložení odpovídajících hodnot dostaneme:

$$E = \frac{4,135 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \times 3 \cdot 10^{18} \text{ \AA/s}}{\lambda (\text{\AA})} = \frac{12,398}{\lambda}$$

kdy energie E je v keV a vlnová délka λ v \AA . Za RTG oblast v elektromagnetickém spektru se považuje ta část, která leží mezi vlnovými délkami 0,1 a 100 \AA (1 $\text{\AA} = 10^{-10}$ m). V krátkých vlnových délkách sousedí s oblastí γ záření a v dlouhých vlnových délkách s oblastí ultrafialového záření. Z energetického hlediska se jedná o oblast asi 0,1 až 100 keV.

Spojité (bílé) záření

RTG záření vzniká při dopadu vysoce energetického svazku fotonů na vhodný materiál (zpravidla destička kovu). Vzniklé RTG spektrum je představováno širokým pásem nejrůznějších vlnových délek o různých intenzitách. Tento pás se označuje jako spojité (bílé, brzdové) RTG záření a je výsledkem brždění dopadajících elektronů elektrony cílového atomu. To má za následek snížení energie E těchto dopadajících elektronů, což lze vyjádřit jako součin eV , kde e je náboj elektronu a V budící napětí na emitoru elektronů. Spojité záření vzniká od určité minimální vlnové délky λ_{\min} , která je dána potenciálem V (kV) dopadajících elektronů:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{V} = \frac{12,398}{V}$$

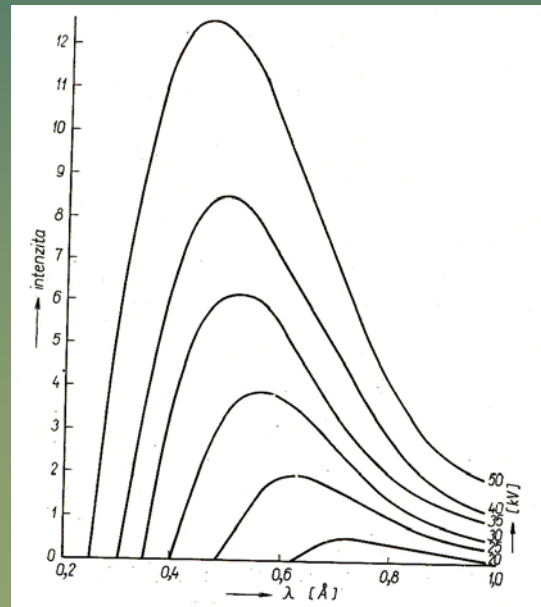
Spojité (bílé) záření

Intenzita spojitého záření prudce roste od krátkých vlnových délek, dosahuje svého maxima v oblasti 1,5 až 2 násobku λ_{\min} a k dlouhým vlnovým délkám zvolna klesá. Intenzitu spojitého záření dané vlnové délky můžeme definovat v závislosti na proudu v trubici a atomovém čísle Z prvku anody (Kramerův vzorec):

$$I_{(\lambda)}d\lambda = \frac{KiZ(\lambda_{\min} - 1)}{\lambda^2}d\lambda$$

kde K je konstanta, i je použitý proud, Z atomové číslo a $I(\lambda)$ nekonečná tloušťka vzorku. Vzorec nevyjadřuje korekci na absorpci samotného vzorku.

Různé intenzity spojitého záření wolframu při různých hodnotách kV na RTG lampě.



Charakteristické záření

Toto záření je základem pro většinu difrakčních metod. Skládá se z několika spektrálních linií s přesně definovanými vlnovými délkami, které odpovídají materiálu, z něhož je zhotovena anoda RTG lampy.

Aby mohlo charakteristické záření vůbec vzniknout, musí mít dopadající částice určitou minimální energii, která závisí na materiálu anody. Napětí na RTG lampě, které umožní dodání této energie, se označuje jako budící napětí a jeho výpočet se provede:

$$V_0 = \frac{12,398}{\lambda_{ah}}$$

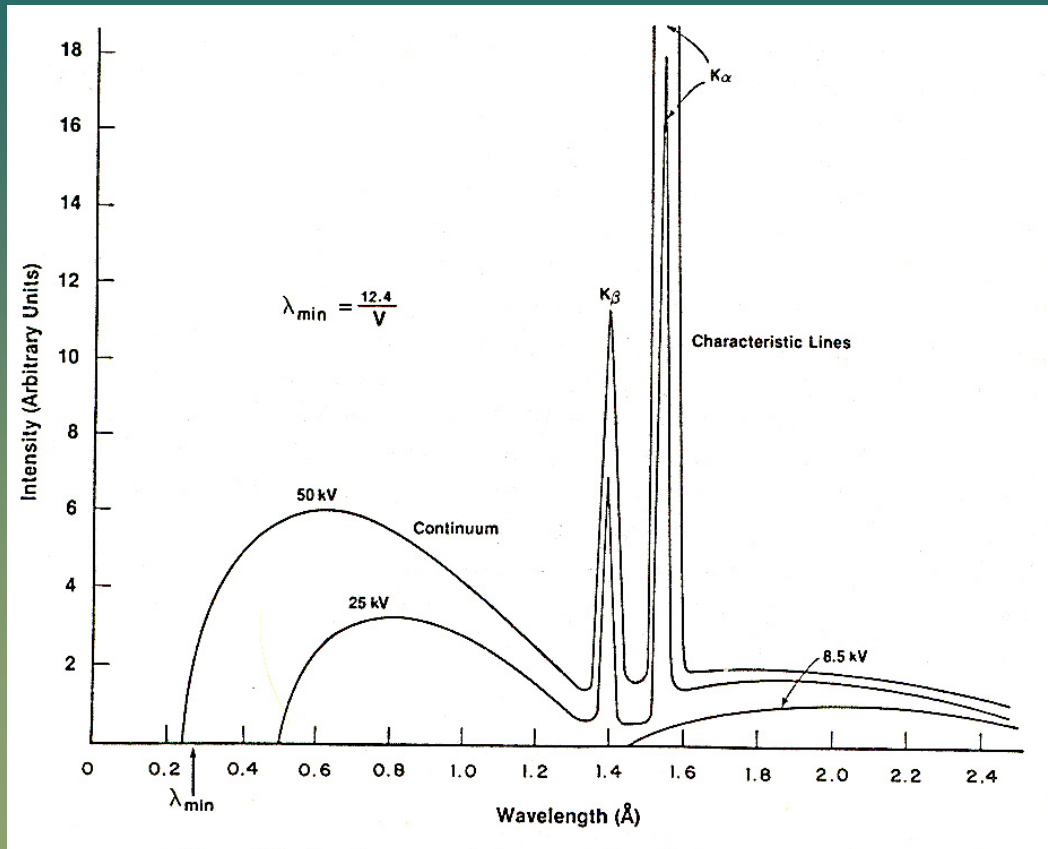
kde λ_{ah} je absorpční hrana buzené série charakteristického záření. Hodnota budícího napětí stoupá se vzrůstajícím atomovým číslem anody. Intenzitu charakteristického záření můžeme řídit podle vztahu:

$$I = k(V - V_0)^n$$

kde k je konstanta a n je mezi 1,5 a 2.

Charakteristické záření

Spojité a charakteristické RTG spektrum mědi při různých hodnotách napětí.



Fotoelektrický efekt

Při interakci mezi elektrony atomů cílového materiálu (např. Cu anoda) a dopadající částicí (elektron, RTG foton, γ záření nebo proton) může dojít k vypuzení elektronu z některé energetické hladiny atomu (závisí to na energii dopadající částice) a atom se tak dostane do ionizovaného stavu. Uvolněný elektron (volný elektron) se označuje jako fotoelektron a opouští atom s kinetickou energií $E - \phi_e$, tj. rozdíl mezi energií dopadající částice a vazebnou energií ϕ_e elektronu.

Vzniklá vakance je zaplněna přechodem elektronu z některého z vnějších orbitalů (s vyšší energií). V souvislosti s tímto přechodem vznikne RTG foton s energií, která je rovna rozdílu energií mezi oběma orbitaly.

Lze říci, že RTG charakteristické záření vzniká přeskupením elektronů v orbitalech. Prakticky to znamená, že je-li vyražen elektron z hladiny K, vznikne krátkodobě energetický stav K^+ . Přechodem elektronu z nejbližší L hladina se změní energetický stav na L^+ a je emitována energie $\phi_K - \phi_L$ a mluvíme o $K\alpha$ záření. Každý prvek má jedinečné nejen hodnoty energií v jednotlivých energetických hladinách, ale také energetické rozdíly mezi orbitaly. Příkladem mohou být přechody v atomech Cu, kdy např. K linie tvoří (dublet) $K\alpha_1$ a $K\alpha_2$ a vznikají přechody $2p^{1/2}$ do $1s$ resp. $2p^{2/3}$ do $1s$.

Augerův efekt

Při ionizaci na vnitřních slupkách elektronového obalu může být vzniklý foton při úniku z atomového obalu absorbován elektronem z některé vnější slupky. Dopadající částice způsobí např. vznik $K\alpha$ fotonu, který je absorbován M elektronem, při jehož ionizaci vzniká Augerův elektron. Kinetická energie emitovaného Augerova elektronu nijak nezávisí na energii původní částice, která způsobila ionizaci K elektronu.

Interakce RTG paprsků a hmoty

Jedná se o mnohostranný děj, kdy RTG svazek dopadá na hmotu a výsledkem může být primární procházející RTG svazek, modifikované RTG záření (přeměna na jiné formy energie) nebo rozptýlené záření. Při rozptylu záření vzniká záření sekundární a to následujícími třemi způsoby.

Koherentní rozptyl

Koherentní rozptyl vzniká při elastické kolizi dopadajícího fotonu s elektronem, přičemž foton změní svůj směr a zachová svou energii a fázi. Zasažený elektron se rozkmitá na stejné frekvenci, jako má dopadající vlna a stane se sám zdrojem elektromagnetického vlnění. Amplituda rozptýleného záření je jiná než u původního a navíc dojde k polarizaci tohoto záření. Intenzita rozptýleného záření volným elektronem pod úhlem 2Θ k dopadajícímu záření ve vzdálenosti r od elektronu je dána Thomsonovým vzorcem:

$$I_e = I_0 \frac{e^4}{m^2 c^4 r^2} \frac{1 + \cos^2 2\Theta}{2}$$

Rozptyl RTG paprsků hmotou je záležitost pouze jednotlivých elektronů.

Inkoherentní rozptyl

Při neelastické kolizi s elektronem ztrácí foton část své energie, kterou předá elektronu tak, že rozptýlené záření má větší vlnovou délku než dopadající (Comptonův rozptyl) a také má jinou fázi. Vzrůst vlnové délky je funkcí úhlu primárního a inkoherentně rozptýleného svazku:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos 2\Theta) = 0,0243(1 - \cos 2\Theta)$$

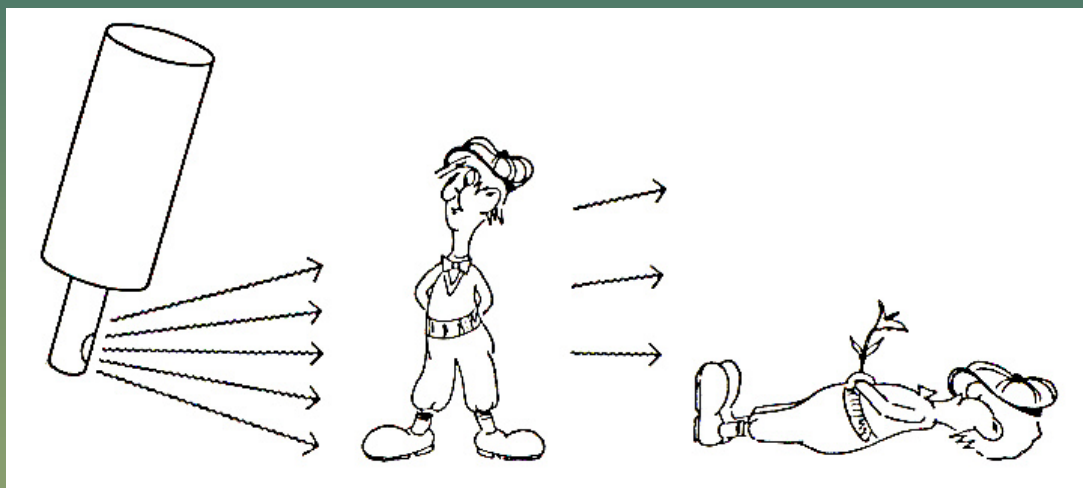
Elektron, který absorbuje část energie, je ionizován. Pokud je získaná energie dostatečná, může být elektron vyražen z atomu (zpětně odražený elektron). Při zaplnění této vakance elektronem z některých vyšších energetických hladin, dojde ke vzniku charakteristického záření absorbentu. Vlnová délka tohoto fluorescenčního záření není v žádném vztahu k vlnové délce primárního fotonu. Inkoherentní rozptyl ztrácí na významu se vzrůstem atomového čísla rozptylujícího materiálu.

Termální difúzní rozptyl

Termální difúzní rozptyl (TDS) je takový, kde dochází k velmi malým přenosům energie (ΔE kolem 10^{-2} eV). Velikost příspěvku TDS stoupá s růstem teploty.

Nebezpečnost RTG záření

RTG svazek je energetické elektromagnetické záření schopné ionizovat materiál, na který dopadá. Stupeň ionizace a případných molekulárních změn závisí na energii a intenzitě svazku a na době, po kterou svazek působí na hmotu. U živých organismů může působením ionizujícího záření docházet k poškození tkání nebo i smrti.



Absorpce RTG záření

Intenzita primárního svazku (energie prošlá za jednotku času) se zeslabuje při průchodu vrstvou libovolného materiálu. Stupeň zeslabení prošlého svazku závisí na vlnové délce primárního záření, na chemickém složení materiálu a na geometrickém uspořádání jevu. Zeslabení intenzity RTG svazku lze vyjádřit jako:

$$\Delta I = -\mu I_0 \Delta x$$

kde I_0 je intenzita primárního svazku, Δx je tloušťka absorbující vrstvy a μ je konstanta úměrnosti, obecně označovaná jako koeficient zeslabení. Po integraci uvedeného vztahu dostáváme upravený výraz:

$$I = I_0 \exp(-\mu t)$$

kde \exp je základ přirozených logaritmů a koeficient zeslabení μ je označován jako lineární absorpční koeficient s rozměrem cm^{-1} . Tento koeficient je závislý na fyzikální a chemické povaze absorbující látky a proto se častěji používá hmotový absorpční koeficient $\mu^* = \mu / \rho$, kde ρ je hustota absorbujícího materiálu. Lze psát:

$$I = I_0 \exp(-\mu^* \rho t)$$

Hmotový absorpční koeficient se udává v cm^2/g a pohybuje se od jednotek až po stovky.

Absorpce RTG záření

Někdy se také používají gramatomový absorpční koeficient ($\mu_g = \mu^* a$, kde a je atomová váha) a atomový absorpční koeficient ($\mu_a = \mu_a/A$, kde A je Avogadrova konstanta).

Posledně tři jmenované koeficienty jsou nezávislé na fyzikální a chemické povaze absorbující látky.

Tabulka hmotových absorpčních koeficientů pro vybrané prvky a sloučeniny

prvek	CuK α	CoK α	minerál	CuK α	CoK α
Al	48,6	74,8	fluorit	115,2	173,0
Si	60,6	93,3	hematit	218,9	42,3
Ti	208,0	308,0	kalcit	70,9	106,7
V	233,0	343,0	siderit	153,7	33,6
Cr	260,0	381,0	rodochrozit	141,5	206,0
Mn	285,0	414,0	anhydrit	74,1	111,9
Fe	308,0	52,8	zirkon	84,5	128,0
Co	313,0	61,1	pyrit	191,0	97,3
Ni	45,7	70,4	ortoklas	48,4	73,9

Absorpce RTG záření

Jelikož je absorpce RTG záření záležitost jednotlivých atomů, je výsledná absorpce chemických sloučenin a slitin pouze součtem absorpce skládajících prvků. Na typech vazeb mezi jednotlivými atomy nezáleží. Označíme-li X_A , X_B a X_C hmotnostní podíl prvků A, B a C v určité sloučenině a μ_{A^*} , μ_{B^*} a μ_{C^*} jsou jejich hmotové absorpční koeficienty, pak hmotový absorpční koeficient sloučeniny μ^* je:

$$\mu^* = \frac{X_A \mu_{A^*} + X_B \mu_{B^*} + X_C \mu_{C^*}}{100}$$

Tento vzorec použijeme i při výpočtu hmotového absorpčního koeficientu směsi, pokud známe μ^* jednotlivých fází.

Je-li dán vzorec sloučeniny ve formě $A_{n_1}B_{n_2}C_{n_3}$ a a,b,c jsou atomové váhy odpovídajících prvků A,B,C, provádí se výpočet podle vztahu:

$$\mu^* = \frac{n_1 a \mu_{A^*} + n_2 b \mu_{B^*} + n_3 c \mu_{C^*} + \dots}{n_1 a + n_2 b + n_3 c + \dots}$$

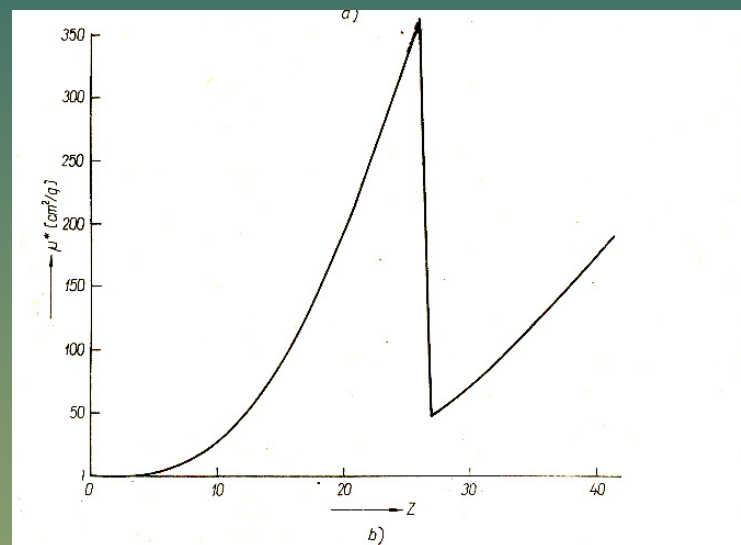
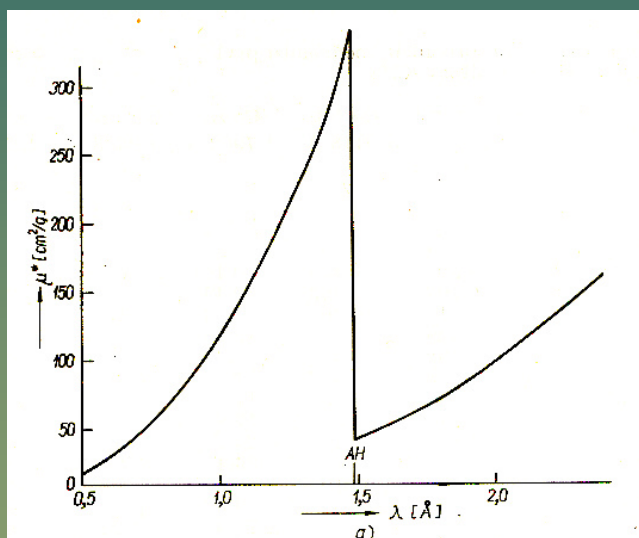
Absorpce RTG záření

Absorpce záření je proces, který se liší od rozptylu tím, že veškerá energie RTG fotonu je při kolizi přenesena na elektron a foton zmizí. Pokud je energie fotonu dostatečná, dokáže vypudit jeden elektron z atomu. Z excitovaného stavu do základního se pak atom dostane přechodem elektronu z jiné energetické hladiny s následným uvolněním odpovídající energie. Toto sekundární RTG záření se označuje jako fluorescenční záření.

Hmotový absorpční koeficient je obecně závislý na vlnové délce RTG záření a atomovém čísle Z absorbentu. Absorpční koeficient látky vzrůstá s vlnovou délkou procházejícího RTG záření, ale prudce klesne v oblasti, kde energie fotonu padne mezi oblasti energií elektronů v K, L a M orbitalech. Pro libovolný prvek platí, že čím kratší je vlnová délka záření, tím je "pronikavější". Proto se můžeme setkat s označením "tvrdá záření" pro ty s krátkými vlnovými délkami a "měkká" záření pro ty s dlouhými vlnovými délkami. Výše uvedená oblast prudkého poklesu μ^* se označuje jako absorpční hrana a vlnová délka, na níž se tato hrana objevuje, je charakteristická pro každý prvek.

Absorpce RTG záření

Sledujeme-li závislost hmotového absorpčního koeficientu na atomovém čísle Z (při dané vlnové délce záření), je tvar závislosti podobný jako v předchozím případě, tzn. s vyšším atomovým číslem vzrůstá μ^* . Ani tato závislost však nemá spojitý průběh a pro různé vlnové délky záření se objevují absorpční hrany mezi různými prvky.



Vlevo závislost μ^* na vlnové délce záření pro Ni, vpravo závislost μ^* na atomových číslech pro záření NiK_α.

Zdroje RTG záření

Pro bezpečný provoz zdrojů RTG záření je zejména potřeba:

- ◆ regulovatelný zdroj stejnosměrného vysokého napětí. Regulace napětí musí být plynulá v rozmezí od několika kV do cca 60 kV. Moderní zdroje používají tyristorovou regulaci doplněnou o regulační transformátor. Starší konstrukce používaly VN transformátor v olejové lázni a s usměrňovačem. Zdroj je zpravidla chlazen vzduchem a řízen jednočipovým mikropočítačem. Takové zdroje mají vysokou proudovou i napěťovou stabilitu a dokáží velmi rychle odpojit VN v případě zkratu nebo poruchy.
- ◆ vysokonapěťový kabel, který spojuje zdroj VN a kryt RTG lampy.
- ◆ kryt RTG lampy má za úkol chránit před RTG zářením. Je opatřen zpravidla jedním či více okny, která jsou uzavírána olověnou závěrou (zpravidla řízenou automaticky).
- ◆ chladicí médium zabezpečující provoz RTG lampy na únosné teplotě. Používá se zpravidla voda, která je v nuceném oběhu pod stálým tlakem.
- ◆ RTG lampa

RTG lampy (rentgenky)

Pro všechny analytické přístroje pracující s RTG zářením je nezbytný zdroj tohoto záření. Zpravidla se mluví o RTG lampách nebo rentgenkách.

Základní rozdělení rentgenek je na tyto typy:

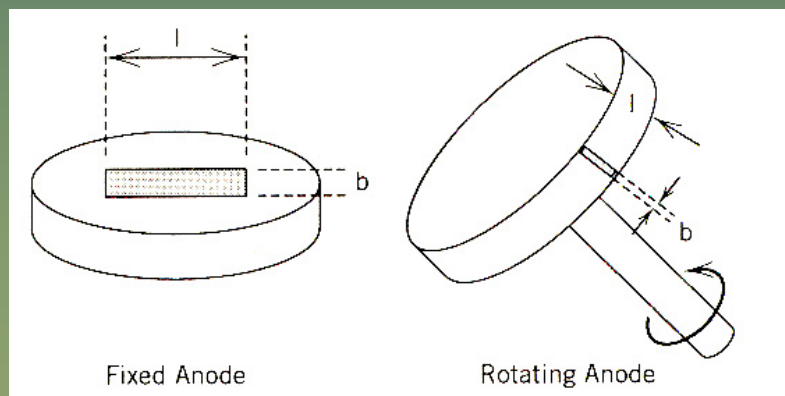
- ◆ neodtavené
- ◆ s rotační anodou
- ◆ odtavené

Neodtavené rentgenky

Neodtavené rentgenky mají stejný princip jako dále popsané odtavené ale s tím rozdílem, že při produkci RTG svazku je třeba nepřetržitě udržovat vakuum. Výhodou těchto typů rentgenek jsou snadné opravy většiny součástí a snadná výměna antikatody. Nevýhodou je nutnost údržby zpravidla složité vakuové aparatury.

Rentgenky s rotační anodou

Rentgenky s rotační anodou se zpravidla používají v oblastech, kde odtavené rentgenky nestačí svým výkonem a jsou limitovány především omezenou tepelnou vodivostí materiálu. Konstrukce těchto typů rentgenek je poměrně složitá. Materiál anody je připájen na dutý měděný válec, který je upevněn na duté ose, kterou proudí chladicí médium. Osa anody je kvůli udržení vakua těsněna O-kroužky nebo labyrintovým těsněním z permanentních magnetů s ferromagnetickou kapalinou v mezerách. Rychlost rotace anody je 3000 - 6000 ot./min. K udržení vakua se používají turbomolekulární pumpy.



Rentgenky s rotační anodou

Tento typ rentgenek může být díky rotaci anody a lepšímu odvádění tepla více zatěžován (vyšší napětí) a tím se budí záření s vyšší intenzitou. Ohnisko opisuje po ploše antikatody prstenec a proud elektronů dopadá na relativně chladný materiál. Výhodou jsou možné opravy na některých částech rentgenky, nevýhodou je opět nutnost provozu vakuového systému.

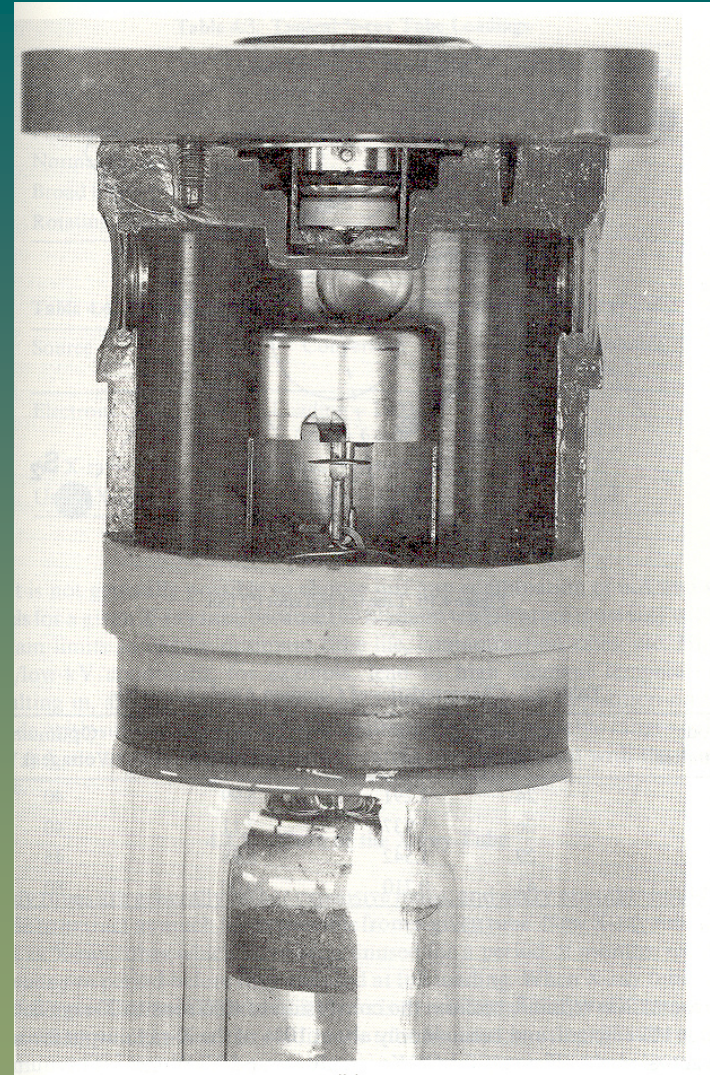
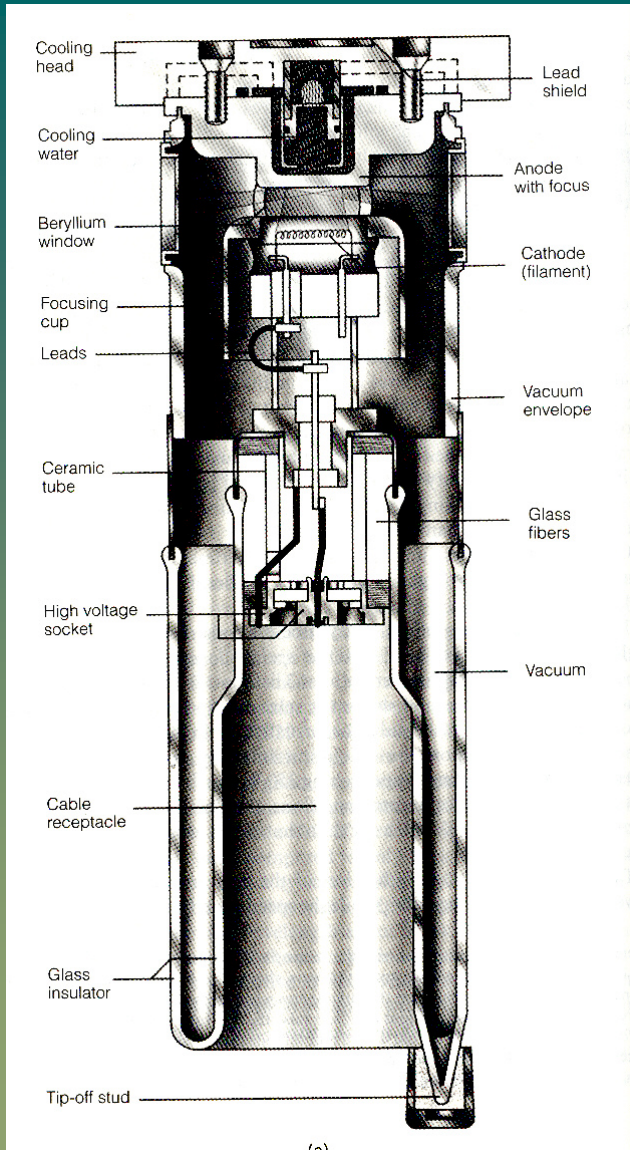
Odtavené rentgenky

Odtavené rentgenky jsou nejpoužívanějšími typy díky snadnému použití, relativně nízkým nákladům a přiměřené životnosti. Základními částmi rentgenky jsou katoda a anoda.

Katoda je tvořena wolframovým vláknem, které je spirálovitě stočeno a připevněno na vodiče, které zátavem ve skle vedou žhavicí napětí. Dobrý tvar ohniska zabezpečuje Wehneltův válec, který je buď uzemněn nebo připojen na malé záporné napětí.

Anoda je vyrobena z prvku, jehož charakteristické záření má být pro experimenty použito. Jiné materiály než měď jsou ve formě destičky napájeny na měděný blok, který je chlazen vodou. Na měděný válec je přivařen kov se stejnou roztažností jako sklo rentgenky a do tohoto kovu jsou zasazena beryliová okénka (nebo Lindemannova skla). Tloušťka těchto okének je zpravidla 0,4 mm. Celá skleněná trubice je vyvakuována. Při delším nepoužívání trubice se vakuum snižuje.

Schéma odtavené rentgenky



Odtavené rentgenky

Wolframová spirála je žhavena a emituje elektrony, které jsou urychlovány směrem k anodě řádově 30-60 kV. Při dopadu na materiál anody dochází ke vzniku RTG záření (asi 1% veškeré energie) a tepla. Jelikož je anoda připevněna na měděný blok, dokáže cirkulující voda udržet požadovanou provozní teplotu. Zdroj RTG svazku - ohnisko je zpravidla čárové (méně běžně kruhové). Z trubice vychází RTG svazek přes beryliová okénka pod úhlem 6° k povrchu anody.

Jako anody se používá nejrůznějších materiálů.

antikatoda	α_1	α_2	β_1	β_2
Mo K	0,70926	0,713543	0,632253	0,62099
W L	1,47635	1,48742	1,28176	1,24458
Cu K	1,54051	1,54433	1,39217	1,38102
Co K	1,78892	1,79278	1,62075	
Fe K	1,93597	1,93991	1,75653	
Cr K	2,28962	2,29351	2,08480	

Vlnové délky v Å (10^{-10} m).

Ohniska rentgenky

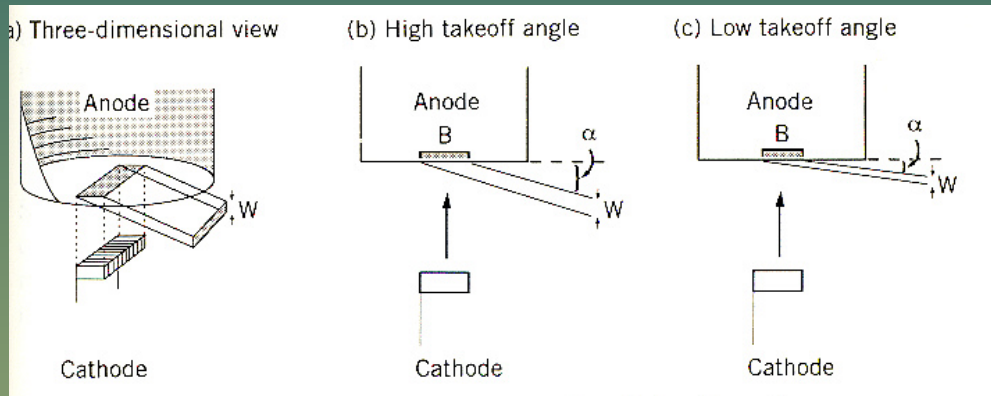
Wehneltův válec obklopující wolframové vlákno má mírně negativní náboj, což umožňuje přesnější dopad elektronů na cíl. Ohnisko bývá zpravidla čárové o velikosti 1x10 mm. Intenzita RTG svazku, definovaná jako počet fotonů prošlých jednotkovou plochou v jednotkovém čase je tím větší, čím menší je plocha ohniska. Proto se rozlišují jemně fokusující (fine-focus), normálně fokusující (normal-focus) a široce fokusující (broad-focus) rentgenky. V poslední době se objevilo označení long fine-focus a to pro lampy s ohniskem 0,5x12 mm (fine-focus původní mají 0,5x8 mm). Intenzita svazku je zpravidla limitována možnostmi chlazení. Existují také mikrofokusační lampy, které dokáží vyrobit bodové ohnisko o velikosti 50 μm . Maximální zatížení lampy pak závisí na schopnosti anody rozptylovat a odvádět teplo - důležitý parametr je tak specifická zátěž (W/mm^2). Běžné lampy typu fine-focus mají specifickou zátěž kolem 350 W/mm^2 .

Každá nová RTG lampa potřebuje před plným zatížením určitou dobu záběhu - zahoření. Tento proces má velký význam pro životnost lampy a provádí se po delší době nečinnosti lampy. Proces zahoření spočívá v pozvolném zatěžování lampy až na její maximální možný výkon.

Efektivní intenzita

Efektivní intenzita RTG svazku závisí na charakteristikách ohniska a použitém systému clon. Také úhel, pod kterým vychází RTG svazek z lampy, je důležitý pro efektivní šířku svazku. Existuje závislost mezi efektivní šířkou stínu vlákna W , úhlem α pod kterým vychází svazek z lampy a skutečnou šířkou ohniska B :

$$W = B \sin \alpha$$



Efektivní intenzita

Malá hodnota úhlu α produkuje úzký svazek s vysokou intenzitou, ale tato intenzita je velice citlivá na kvalitu povrchu anody.

Pro základní typy RTG lamp platí:

typ lampy	šířka katody (mm)	šířka svazku (mm)
fine focus	0,5	0,05
normal-focus	1	0,1
broad-focus	2	0,2

Kontaminace RTG svazku

Důležitý požadavek na RTG záření je jeho spektrální čistota, která je z větší části zajištěna primární nebo sekundární monochromatizací. V některých případech se mohou ve spektrech opakovaně objevovat difrakce, jejichž identifikace je velmi obtížná. Jedná se o projev kontaminantů, z nichž nejdůležitější jsou wolfram z žhavicího vlákna a měď z držáku anody. Projev obou kontaminantů zpravidla narůstá s časem. Proto je vhodné (cca po 6 měsících) provést kontrolu na kontaminanty načtením jednoduchého standardního spektra (křemík, fluorit apod.) bez sekundárního monochromátoru.

Životnost RTG lamp

Životnost rentgenek závisí na řadě faktorů:

- ◆ typ lampy (fine-focus apod.), přičemž platí, že čím menší plocha ohniska, tím kratší životnost rentgenky
- ◆ provozní podmínky rentgenky (mA, kV)
- ◆ kvalita "zahoření"
- ◆ nenadálé výpadky chlazení
- ◆ kvalita vakua v rentgence

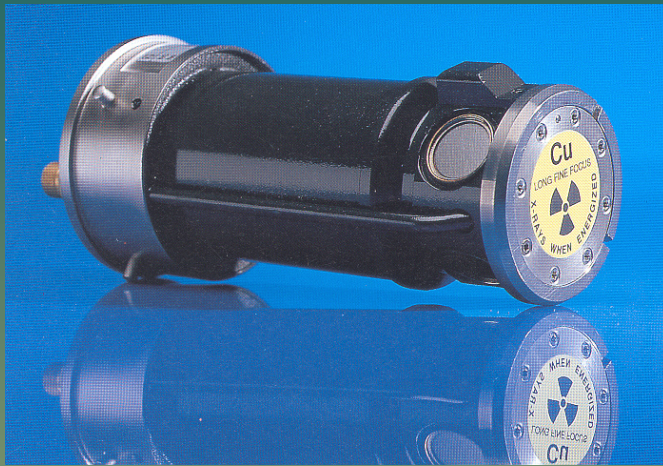
RTG lampy na trhu

Většina běžných přístrojů pracuje v současné době s odtavenými rentgenkami, které mají zpravidla stejné rozměry, ale jednotlivé firmy na svých lampách provádějí změny, aby do jejich přístrojů bylo možno instalovat pouze vlastní lampy.

Poněkud jiný typ rentgenek nabízí alternativně firma Philips. Jedná se o kov-keramické RTG lampy, které mají poloviční rozměr (a hmotnost) než standardní provedení. Tato lampa používá místo skleněného izolátoru keramickou hmotu, což umožňuje zlepšit definici polohy a orientace ohniska. V praxi to znamená lepší rozlišení a méně justování difraktometru. Využití keramických materiálů lze zaznamenat v poslední době i u standardních RTG trubic. Např. rentgenky fy. Seifert se vyrábějí v těchto provedeních:

typ rentgenky	ohnisko mm ²	max.napětí kV	max.proud mA	max.příkon Cu (W)	max.příkon Co (W)
Normal-focus	1 x 10	60	60	2000	1800
Fine-focus	0,4 x 8	60	40	1500	1200
Line-focus	0,4 x 12	60	60	2200	1500
Micro-focus	0,15 x 8	60	30	800	600
Broad-focus	2 x 12	60	60	2700	2700

Kov-keramická RTG lampa Philips



Výběr typu RTG lampy

Správný výběr typu RTG lampy (velikost ohniska a materiál anody) je prvním předpokladem pro získání maxima kvalitních údajů z difrakčního záznamu.

Cr anody se používají pro materiály s velkými základními buňkami (jílové minerály, organika). Nevýhodou Cr záření je poměrně vysoká absorpce při průchodu vzduchem.

Fe svazek má poněkud kratší vlnovou délku a používá se především pro studium materiálů s vysokým podílem Fe.

Co záření je velmi vhodné pro sloučeniny a slitiny železa.

Cu záření je jedno z nejpoužívanějších, ale je velmi citlivé na obsah Fe ve vzorku, což vede ke vzniku fluorescenčního záření a pokud není odstraněno vhodným sekundárním monochromátorem, zvyšuje se pozadí záznamu.

Mo záření je krátkovlnné a je vhodné především pro materiály s malou základní buňkou (kovy a slitiny). Běžně se používá u monokrystalových metod. Bohužel, optimálním napětím je hodnota okolo 80 kV, tzn. že v této oblasti už většina běžných generátorů nepracuje.

Ag anody se používají pro měření na vysoce absorbujících materiálech.

Výběr typu RTG lampy

Anody určitého prvku způsobují svými K čarami emisi polychromatického záření, pokud studovaný vzorek obsahuje některé prvky s nižšími atomovými čísly, než je číslo prvku anody. Fluorescence spotřebovává část dopadající energie a způsobuje snížení intenzit difrakcí a zvyšuje příspěvek pozadí. Takové záznamy jsou zpravidla velmi nízké kvality.

anoda	fluoreskující prvky
^{42}Mo	^{39}Y , ^{38}Sr , ^{37}Rb
^{29}Cu	^{27}Co , ^{26}Fe , ^{25}Mn
^{27}Co	^{25}Mn , ^{24}Cr , ^{23}V
^{26}Fe	^{24}Cr , ^{23}V , ^{22}Ti
^{24}Cr	^{22}Ti , ^{21}Sc , ^{20}Ca