

Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani
Višja šola za zdravstvene delavce
Ljubljana, Poljanska 26 a

LUMINISCENCA FOLIJ V EKSPOZICIJSKIH POGOJIH
Andreja Lah

IZVLEČEK

Namen naloge je podati osnovne karakteristike ojačevalnih folij v pomoč pri izbiri in uporabi le-teh.

V prvem delu so razloženi osnovni pojmi in termini, ki se uporabljajo pri rentgenski fototehniki, v drugem delu pa je podana primerjava med folijami kalcijevega volframata in folijami redkih zemelj ter obojih med seboj.

Glede na dosegljive podatke je bilo težko potegniti ostre meje med folijami redkih zemelj, ker je to precej odvisno od objektivnosti testov in subjektivnosti uporabnikov. Dejstvo je, da so folije redkih zemelj boljše od folij s kalcijevim volframatom.

Končno sodbo o vrednosti posameznih folij redkih zemelj si ustvari vsak rentgenski tehnik sam, vendar naj za nastanek kvalitetne slike pacient prejme najmanjšo možno dozo rentgenskih žarkov.

1. UVOD

Odkritje rentgenskih žarkov je omogočilo pregledovanje notranjosti telesa s pomočjo rentgenske cevi ter filma ali zaslona. Te načine preiskovanja še danes veliko uporabljamo.

1.1. LUMINISCENCA

Osvetlitev rentgenskega filma je lahko direktna, torej z rentgenskimi žarki. Zaradi boljše zaščite pacienta pa uporabljajo indirektno osvetlitev s folijami, tako da dajo film v kaseto med dva kartona, ki sta prevlečena s snovjo, ki pod vplivom rentgenskih žarkov oddaja vidno svetlobo in tako dodatno osvetli film.

Luminiscentni zaslon so uporabljali tudi pri presvetljevanju pacientov. Zaslon je bil prav tako kartonski in prevlečen z luminiscentno snovjo. Nameščen je bil za svinčenim steklom ter pred rentgensko cevjo in pacientom. S presvetljevanjem z rentgenskimi žarki se je na zaslonu pokazala slika, ki pa so jo morali opazovati v temi, ker je bila zelo slabo vidna. Sedaj so te zaslone zamenjali elektronski ojačevalniki slike, ki so povezani s TV zaslonom, kjer dobimo močno ojačano in zelo svetlo sliko.

Luminiscenca je pojav, ko telo, ki ni razžarjeno, zaradi zunanjih vplivov seva svetlobo.

1.1.1. TEORIJA LUMINISCENCE

Luminiscentna snov absorbira foton rentgenskega žarkovja. Ta s svojo kinetično energijo v notranjosti mikrokristala povzroči izbitje elektrona iz atoma luminiscentne snovi, katerega nadomesti drug elektron. Pojav je povezan z oddajo energije v obliki elektromagnetnega valovanja valovne dolžine vidne svetlobe. Glede na oddajanje energije kot posledice tega, da foton izbije elektron, poznamo dva pojavi: fotoefekt in Comptonov efekt. Od kinetične energije vpadlega fotona zavisi število fotonov vidne svetlobe.

1.1.1.1. FOTOEFEKT

imenujemo trk fotona z elektronom na notranjih orbitah atoma

in pri tem odda foton vso svojo energijo. Del energije se porabi za premagovanje vezne energije elektrona, preostanek pa dobi elektron kot kinetično energijo in nadaljuje pot v smeri fotona.

1.1.1.2. COMPTONOV EFEKT

imenujemo trk fotona z elektronom na eni od orbit, vendar foton tokrat ne odda vse energije. Del se je porabi za premagovanje vezne energije, del je preda elektronu kot kinetično energijo, del pa je obdrži in nadaljuje pot v drugi smeri.

1.2. ŽARKOVNI RELIEF

Snop rentgenskih žarkov je v začetku enakomerno gost. Pri prehodu skozi pacienta pa žarki različno slabijo in so na drugi strani neenakomerno gosti. To razporeditev žarkov imenujemo žarkovni relief. Slabljenje snopa pri prehodu skozi telo imenujemo atenuacija. Mesta, kjer je bila slabitev snopa manjša, so na filmu temnejša, kjer je bila atenuacija večja pa so svetlejša. Pojav je popolnoma enak, kot na fotografskem filmu, zato je rentgenska slika podobna fotograf-skemu negativu.

2. ZGODOVINA LUMINISCENCE IN OJAČEVALNIH FOLIJ

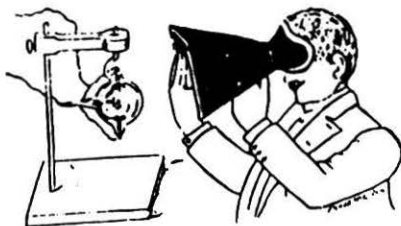
Z luminiscenco so se ljudje srečevali že v prazgodovini. Razpadajoče ribe, meso in mikroorganizmi v vodi ali lesu (svetleči štori v gozdu) so sposobni oddajati svetlobo in so vidni v temi. Tudi svetloba kresnic je enak pojav. Šele v novejših časih, 17. stol., je uspelo ljudem izdelati fosforescentno snov.

Kemik Vincenzo Cascariolo je medtem, ko je iskal zlato, našel

nenavadno težko kamenje. Zdrobil ga je v prah, zmešal z ogljem in segrel. Kamenje je bilo v glavnem iz barijevega sulfata, ko pa se je masa ohladila, je ostala suha porozna snov, v kateri naj bi bil sedaj barijev sulfid. Cascariolo je opazil, da snov v temi slabo vijoličnomodro sveti. O fosforescenci govorimo takrat, kadar je oddajanje svetlobe počasnejše in dolgotrajnejše. Pojav je dobil ime, ker oddaja svetlobo podobno kot fosfor. Fosforescenca je bila tako odkrita prej kot fluorescenca, katere najkrajši čas emitacije svetlobe je $10E-8$ sek., kolikor traja preskok elektrona z orbite na orbito. Ta čas imenujemo tipični čas.

George Stokes je proučeval razne materiale, najprej rastline (prevretek lubja divjega kostanja, izvleček semen), nato še anorganske snovi (mineralni fluorid, okrasno steklo) in ugotavljal, da te snovi fluorescirajo, čeprav tega pojava ni tako imenoval. Ugotovil je, da je valovna dolžina oddane svetlobe enaka ali daljša od valovne dolžine uporabljene svetlobe. To je znano kot Stoksov zakon.

Prvo radiografijo dela telesa je naredil Röntgen. To naj bi bila roka gospe Röntgen, nekateri pa trdijo, da je bila roka njegova. Jasno pa je, da je Röntgen videl svojo roko na fluorescentnem zaslonu že pred tem, tako da je presvetljava v zgodovinskem smislu predhodnica radiografije. Takrat se je uporaba fluorescentnega materiala zelo razširila. Izdelovali so majhne škatle, ki so jih imenovali kriptoskopi ali fluoroskopi. Ti so bili sestavljeni iz fluorescentnega materiala, prevlečenega čez karton ali papir, tako da so dobili zaslon na dnu škatle, ki ni imela pokrova, da se je na zaslonu lahko videla slika (slika 1).



Slika 1: Kriptoskop ali fluoroskop, ki ga je uporabljal dr. John MacIntyre.

Profesor Pupin je prvi namerno uporabil fluorescentno snov za boljšo osvetlitev radiograma. Naredil je posnetek prestreljene roke. Foliyo je dal na fotografsko steklo, na njo pacientovo roko in v kratkem času dobil zelo lep posnetek (v roki je bilo 77 delčkov naboja).

Prve folije so bile iz kartona ali drugega podobnega materiala, ki so ga premazali z lepljivo vezno snovjo, kot je lepilo iz kalodija in ricinovega olja. Nanjo so potresli fluorescentno snov v prahu in vse skupaj pred uporabo posušili. Preizkusili so mnogo snovi, da bi bila slika čim bolj intenzivna, najrajši pa so uporabljali barijev platin cianid. Ta je imel tudi slabe strani. Bil je drag in je imel spektralno emisijo v rumeno zeleni barvi, kar je bilo dobro za presvetljevanje, za slikanje pa ne, ker so bile fotografske plošče najbolj občutljive na modro svetlobo.

Leta 1896 je Edison uporabil kalcijev volfram, ki je dal po osvetlitvi z rentgenskimi žarki visoko fluorescenco, če je bil kristaliziran. V amorfni obliki ni reagiral pod vplivom rentgenskih žarkov. Najprej so kalcijev volfram imeli za precej poceni in neučinkovit nadomestek barijevega platin cianida. Tako so menili zaradi metod pridobivanja kalcijevega volframata v kristalni obliki in zaradi amorfni snovi in

nečistoč, kar je vplivalo na fluorescenco, da je bila enkrat boljša drugič slabša. To je vzpodbudilo raziskovalce, da iščejo dalje. Našli so naravni kalcijev volfram in folije te vrste so bile dobro sprejete. Stokes je še naprej raziskoval kompleksne soli platin cianida in ugotovil, da magnezijev platin cianid fluorescira rdeče, kalijev platin cianid pa modro.

Ob uporabi folij so začeli uporabljati škatle, ki jih sedaj imenujemo kasete. Takrat je bilo težko dobiti dober kontakt med folijo in fotografsko ploščo. Niso mogli dobiti gladkih površin, saj so jih premazovali ročno. Pojavila se je še ena nevšečnost - dvojna slika zaradi naknadnega žarjenja ali premika plošče. Še več faktorjev je zmanjševalo uporabo folij ali omejilo njene prednosti. Za dobre rezultate bi morala biti izboljšana tehnika razvijanja, vendar tega v tistem času niso priznali. Tako je bilo v prvih desetih ali dvajsetih letih malo radiogramov narejenih s pomočjo folije. Izboljšava izdelave, dodatki "uničevalcev" žarjenja, dvojno premazan film so privedli do večje uporabe folij.

3. FAKTORJI KVALITETE SLIKE

Faktorji kvalitete slike so odvisni od celotnega sistema, ki ga uporabljamo pri nastanku in obdelavi slike. Na kvaliteto slike vplivajo rentgenski aparat (rentgenska cev, fokus, generator), razmerje med fokusom, objektom in filmom, film, folija, kasete, objekt slikanja. Tehnično pa kvaliteto slike izražamo tudi s krivuljo črnitve, vrednostjo gama, modulacijsko prenosno funkcijo folije.

3.1. ČRNITEV FILMA

Lastnost rentgenskih filmov in s tem tudi črnitev filma je odvisna od sestave fotografske emulzije.

3.1.1. EMULZIJA FILMA

Emulzijo imenujejo razporeditev kristalov srebrovega bromida v vodi pomešani z želatino. Vsi kristali v emulziji niso enako veliki. Zrnatost emulzije določamo glede na prevladujočo velikost zrn. Ločimo fino, srednje in grobozrnatost. Emulzija je tem bolj občutljiva na svetlobo, čim bolj grobozrnatost je. Vendar v tem primeru slika ne more biti zelo ostra. Proces vezave snovi iz želatine imenujejo zorenje emulzije. Pri zorenju nastopi počrnitev dela kristalov, čemur pravijo osen zrelega filma, oziroma filmu lastni osen.

3.1.2. STOPNJA ČRNITVE

Film postopno osvetljujejo in dobijo stopnje povečanega črnenja do meje, kjer začne črnenje spet padati, oziroma film ne počrni več - solarizacija. Črnitev filma povzroča srebro, ki se pri razvijanju odcepi iz molekul srebrovega bromida (AgBr) v emulziji.

Stopnja črnitve je sorazmerna količini žarkov, ki padejo na določeno področje filma. Izrazimo jo kot razmerje med izmerjeno vpadno in prepuščeno svetlobo in jo izračunamo po formuli:

$$\checkmark = \log I_0/I_p$$

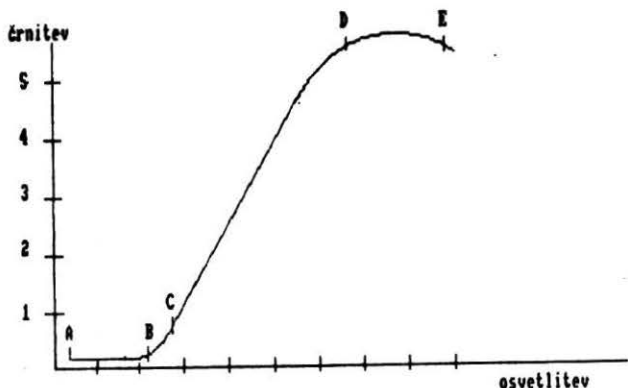
\checkmark - črnitev filma
 I_0 - količina svetlobe, ki pade na film
 I_p - količina svetlobe, ki jo film prepusti

Stopnja črnitve 1 pomeni, da film prepušča 1/10 vpadne svetlobe, pri stopnji črnitve 2 pa 1/100.

3.1.3. KRIVULJA ČRNITVE

nam pokaže odnos med osvetlitvijo in črnitvijo in je značil-

na za posamezno zvrst filma (slika 2).



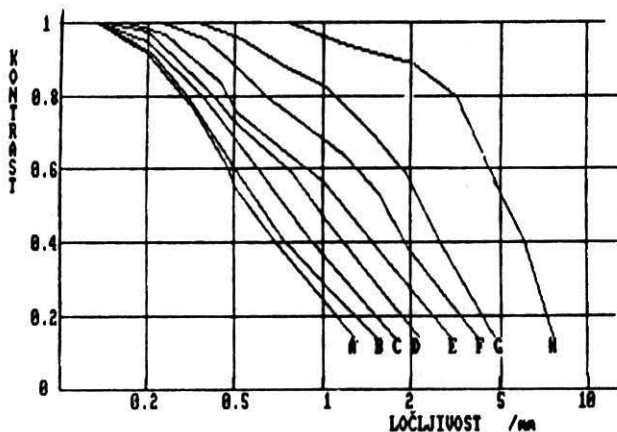
V začetnem delu krivulje A-B vidimo, da črnitev kljub osvetlitvi ne narašča, v odseku C-D pa narašča sorazmerno z osvetlitvijo. V zadnjem delu D-E se krivulja spet zravna, ker film ni več sposoben reagirati na povečano osvetlitev. Pri strmem poteku krivulje se na filmu pokažejo že majhne razlike v osvetlitvi z veliko razliko v črnitvi. Pri položnejšem poteku krivulje pa je razlika v črnitvi manjša.

Pri slikanju moramo izbirati ekspozicijske vrednosti tako, da bo energija izstopnega žarkovnega reliefa vedno usklajena z linearnim delom krivulje črnitve filma.

3.2. MODULACIJSKA PRENOSNA FUNKCIJA

Enostavno povedano, modulacijska prenosna funkcija (v nadaljevanju MPF) pokaže, kako dobro ali slabo so prenešeni detajli nekega objekta na sliko. Ločljivost je odvisna od tega, koliko nihajev svetlobe pade na dolžinsko enoto (mestna frekvenca).

MPF različnih sistemov vplivajo različno na rentgensko sliko. V laboratoriju medicinskih tehnikov tovarne Siemens so primerjali med sabo glede na MPF več sistemov: film brez folije; kombinacija film-folija v treh izvedbah (folija z visoko ločljivostjo, univerzalna folija, močno ojačevalna folija); slikanje z ojačevalcem slike na 70 mm, 35 mm, 16 mm filme; ter posnetek s TV zaslona. Uporabljali so vedno isti objekt - fantom medenice. Razdalja fokus - film je bila 1 m, velikost fokusa 0.6×0.6 mm. MPF je bila določena tako, da je bil objekt zamenjan z vodnim fantomom, ki je imel v ravnini važnih detajlov objekta svinčeno rešetko. Za opazovane sisteme so dobili naslednje rezultate, prikazane na sliki 3.



Slika 3: Modulacijske prenosne funkcije opazovanih sistemov.

- A - TV ekran
- B - 16 mm kino film
- C - 35 mm kino film
- D - 70 mm film
- E - visokoojačevalna folija in film
- F - univerzalna folija in film
- G - folija z visoko ločljivostjo in film
- H - film brez folije

Vrednosti so nastavljene na relativno nizko mestno frekvenco 0.1 periode/mm, to pomeni, da je pri tej frekvenci vrednost funkcije 1. Vse MPF nemoteno padajo proti visoki mestni frekvenci. Razlikujejo se po tem, pri kateri frekvenci se padec prične.

Funkcija posnetka s filmom brez folije začne padati pri razmeroma visoki mestni frekvenci, kar pomeni, da se na sliki prikažejo zelo majhni detajli. Funkcije posnetkov s kombinacijo folij povedo, da je izris detajlov opazno slabši v smeri folije z visoko ločljivostjo proti močno ojačevalni. Padec funkcije se začne prej pri posnetku na 70 mm film zato se malo poslabša izris detajlov. Pri ostalih posnetkih je ločljivost še slabša in tudi funkcija začne padati prej.

Posnetki, narejeni s temi različnimi sistemi, so slabši v istem zaporedju kot njihove MPF. Najboljši posnetek je narejen s filmom brez folije, najslabši s televizijskega zaslona. Kvantni šum moti prikaz MPF, zato so pri slikah z uporabo ojačevalnika slike uporabljali visoke doze. Posnetkov zaradi prevelike izgube kvalitete pri fotokopiranju nistem mogla vključiti v nalogo.

SE NADALJUJE.

Naslov avtorja:

Andreja Lah, višji radiološki tehnik, Obrežna 39, 62000 Maribor.

Mentor:

Božidar Spiller, dr.med., primarij, višji predavatelj