

LOGARITMIČNI PRETVORNIK IN UPORABA MIKROFOTOMETRA

Pri raziskavah z elektronskim uklonom nam Debye - Scherrerjev diagram poleg osnovnega podatka - razdalje med kristalnimi ravninami d_{hkl} - pove še veliko o kristalni strukturi, velikosti kristalov, notranjih napetostih, dislokacijah in na sploh o deformacijah kristalne mreže. Za določitev mrežne razdalje d_{hkl} je dovolj, da ugotovimo premere uklonskih obrocev in njihove jakosti le približno ocenimo. Za ostale informacije pa moramo poznati tudi relativne intenzitete uklonskih črt in njihovo širino. Mikrofotometer nam pomaga iz Debye - Scherrerjevih diagramov dobiti te podatke.

V glavnem imamo dve vrsti mikrofotometrov: z enim svetlobnimi snopom in Dobsonov mikrofotometer z dvema snopoma. Prvi je najenostavnejši. Izvor preslika kondenzor na uklonski posnetek, ki ga želimo fotometriirati, del vpadne svetlobe se v filmu absorbira, del jo ujame objektiv in usmeri proti reži, za katero je fotocelica. Z velikostjo reže in povečavo objektiv je podana velikost ploskvice, ki je fotometriremo. Z A metrom merimo fototok, ki je sorazmeren prepuščenim svetlobi in po definiciji za počrnitev

$$D = \log \frac{J_0}{J} = \log \frac{I_0}{I} \dots \dots \dots /1/$$

določimo iskano počrnitev, če je

J_0 ... svetlobni tok pri počrnitvi $D = 0$

J ... svetlobni tok pri počrnitvi D

I_0 in I sta odgovarjajoča fototoka. Neprijetnost je v tem, da je svetlobni tok odvisen od napetosti žarnice. Počrnitev rentgenskih filmov se spreminja v obsegu

$$0 \leq D \leq 3 \dots \dots \dots /2/$$

kar pomeni, da se fototok spreminja v razmerju 1:1000, in zato mora imeti instrument široko merilno območje.

Pri Dobsonovem mikrofotometru je največja neprijetnost ta, da je potrebno za fotometriiranje rentgenskega filma 3 - 5 ur.

Ločljivost in natančnost mikrofotometrov

Natančnost mikrofotometriiranja je omejena z zrnatostjo filma ali plošče. Z različnimi poizkusi je bilo ugotovljeno, da je nujno režo spreminjati v obsegu od 0,05 mm do 1 mm in da dobimo pravilne rezultate le, če znaša efekt zrnatosti manj kot 2% prepuščene svetlobe. Če vzamemo ta efekt maksimalno 2% ugotovimo, da je vpliv na počrtnitev

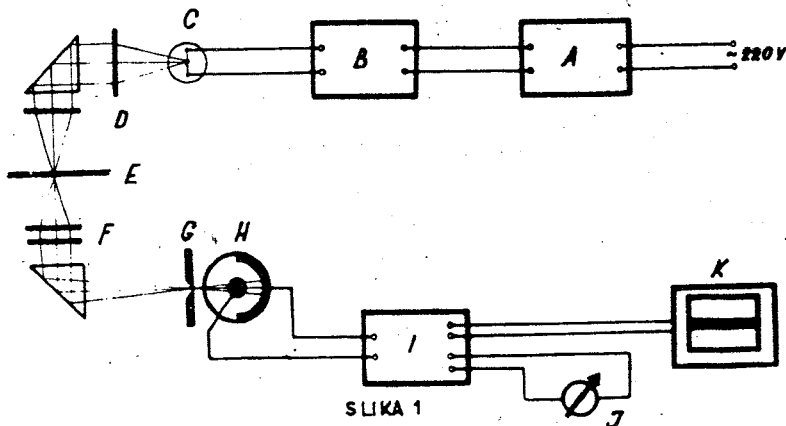
$$D_2 - D_1 = \log \frac{J_0}{J_2} - \log \frac{J_0}{J_1} = \log \frac{J_1}{J_2} \dots \dots \dots /3/$$

in je J_0 ... intenziteta vpadnega snopa
 J_1 ... intenziteta za delovno točko drobnozrnatega filma
 J_2 ... intenziteta za delovno točko, ki pade že nad 2%
 D_1 in D_2 sta počrtnitvi pri toku J_1 in J_2 .
 Ker lahko pišemo $J_2 = J_1 + \Delta J$ sledi

$$\Delta D = D_2 - D_1 = \log \frac{J_1 + \Delta J}{J_1} = -\log \left(1 + \frac{\Delta J}{J_1} \right) = -0,43 \left(\frac{\Delta J}{J_1} + \dots \right) = 0,01$$

$$\Delta D = 0,01 \dots \dots \dots /4/$$

torej instrument naj bo natančen, da bomo lahko merili počrtnitveno krivuljo na $\Delta D = 0,01$ natančno.



Sl. 1 Shematično prikazano delovanje instrumenta

Izvedba instrumenta

Glede na podane možnosti in čim enostavnejšo izvedbo je bil po načrtu S.Zazule /1/ konstruiran mikrofotometer z enim svetlobnim sno

pom. Zahteve so bile: čim natančneje meriti počrtnitveno krivuljo, podati pravilno razmerje med intenzitetnimi vrhovi, avtomatično zapisovanje. Na sliki 1 je prikazano shematično delovanje instrumenta: usmernik A napaja akumulator B, ki stabilizira napetost za svetlobni izvor. S kondenzorjem D preslikamo sliko svetila C na film ali ploščo E.Z objektivom F pa to sliko in sam film na rezo G. Za rezo je ploščica iz mlečnega stekla, ki razprši vpadlo svetlobo po celi površini fotocelice H. Dobljene signale logaritmiramo in ojačimo v logaritmičnem pretvorniku I, ter peljemo na μA meter in pisalni instrument K. Svetlobni izvor je 6 V 35 W žarnica, posebne izvedbe IEV z navpično nitko. Način napajanja iz akumulatorja preko usmernika nam omogoči stabilnost napetosti boljše kot 1:1000. Za konstantnost svetlobnega toka na 0,5% mora biti namreč $\Delta U = 0,14\%$, kar pomeni, da mora biti stabilizacija boljša kot 1:740. Fotocelica je tipa ACV, izdelave Instituta za elektroniko v Ljubljani in ima maksimalni tok $5 \mu A$ in temni tok manjši kot $10^{-4} \mu A$.

Logaritmični pretvornik

Namesto zapletenih mehansko - električnih sistemov za direktno odčitavanje počrtnitve je tu uporabljen elektronski stik, ki logaritmirata prihajajoče signale iz fotocelice. Ker je počrtnitev sorazmerna log prepuščene svetlobe, ta pa fototoku, dobimo tako zopet neposredno odčitavanje počrtnitve. V to svrhu uporabimo v prvi stopnji triodo, ki dela v območju eksponencialnega dela krivulje, kjer je

$$I_a = k \cdot \log i_g + k_1 \dots\dots\dots /5/$$

in za naš primer

$$i_a = 142 + 26 \cdot \log i_g \dots\dots\dots /6/$$

če so tokovi v μA .

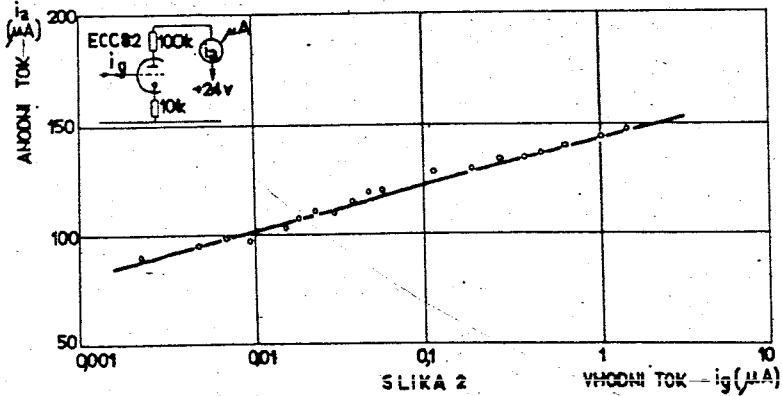
Največji problem je pri tem seveda odvisnost delovanja od toleranc cevi in spremembe ogrevne napetosti. Po V.H. Atree-ju /3/ se je dobro obnesla uporaba cevi 12AU7 za prvo stopnjo. S tem odpravimo nezaželjeni vpliv sprememb omrežne in ogrevnih napetosti. Uporaba cevi ECC 02 je pokazale slične lastnosti. Pri meritvah je bilo ugotovljeno, da skoraj 25% cevi ni dajalo zaželenih karakteristik log odnosa. Vzrok je tu vsekakor slaba kvaliteta cevi, ki lahko to log lastnost triode popolnoma izbriše.

Meritev log karakteristik štirih cevi ECC82 daje diagram na sliki 2. Rezultati raznih cevi so odstopali za 2 - 3%. Za logaritmičnim pretvornikom je enosmerni ojačevalnik, katerega ojačitev mora biti zelo linearna, saj bi že majhna napaka znatno spremenila vrednost za počrtnitev D.V izhodni stopnji imamo v anodi μA meter in precizni upor, s katerega odvezemamo napetost za pisalni instrument. Skala instrumenta je kalibrirana v log odnosu osvetlitve filma na počrtnitev od D=0 do D=2.

Umerjanje

V vhodni stopnji imamo preko preklopnika možnost preklopa od 25 M Ω do 2500 M Ω upornosti, s pomočjo česar umerimo μA meter na D = 2

pri toku 0 μA in na $D = 0$ pri toku 400 μA . Med obema stopnjama je prik-ljuček na fotocelico.



SLIKA 2 Karakteristika log pretvornika

Natančnost merjenja počrnitve

Natančnost merjenja počrnitve je podana z najmanjšo razliko v počrnitvi, ki jo na pisalnem instrumentu še zaznamo, pri tem pa mora biti napaka zaradi zrnatosti filma v že preje zahtevanih mejah. Pri meritvah je bila ta najmanjša razlika v počrnitvi dobljena 0.02 D ali 2%. Za celotno natančnost meritve počrnitvene krivulje pa seveda še vplivajo svetlobni izvor, log pretvornik, fotocelica, dnevna svetloba in razred instrumentov. Že prejšnje ugotovitve so nam pokazale velikosti teh napak, zato bo natančnost celotnega instrumenta podana z

$$\epsilon_{\Sigma}^2 = \epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2 \dots \dots \dots //$$

kar pomeni, da bo odčitek natančen na 2.8%.

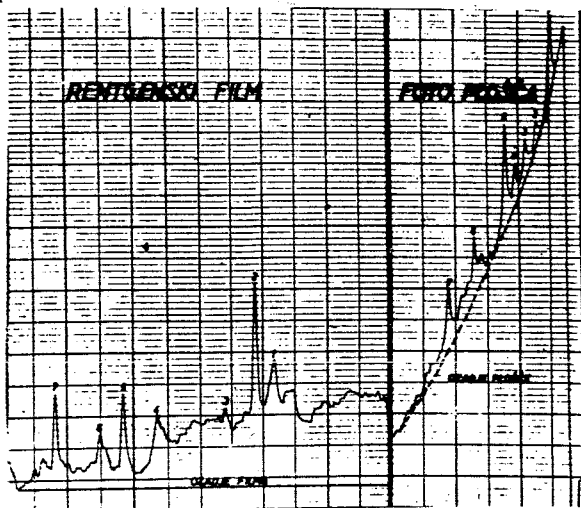
Poleg navedenega umerjanja bi za večjo natančnost meritve morali namesto upornosti 2500 M Ω uporabiti sivo ploščico z $D = 2$.

Pri uporabi pisalnega instrumenta imamo možnost kombinirati hitrost mizice z filmom /s prestavo na motorju/ in hitrost rekorderja, tako da je natančnost odčitka oddaljenosti intenzitetnih vrhov še povečana.

ZAKLJUČEK

Izmerjene karakteristike so pokazale, da mikrofotometer ust-

reza postavljenim zahtevam po sorazmerno hitrem in preciznem instrumentu za merjenje razdalj in intenzitet na uklonskih posnetkih. Natančnost meritve razdalj na 0.01 mm ali boljše in intenzitet na 3% za običajne raziskave popolnoma zadošča.



Sl. 3 Počrtnitveni krivulji rentgenskega filma in elektronsko-mikroskopskega posnetka uklona

Na slici 3 vidimo počrtnitvene krivulje in sicer rentgenskega uklonskega posnetka Al in elektronsko - mikroskopskega uklonskega posnetka TlCl. Pri obeh je bila širina reže 1 mm in višina 10 mm. Krivulja ozadja je pri posnetku TlCl bolj gladka, ker je zrnatost plošče približno 5 - 8 krat manjša kot pri rentgenskem filmu, na katerega je bil posnet Al. Instrument moremo uporabiti popolnoma enakovredno za fotoplošče ali rentgenski film. Potrebno je edino za posamezne večje razlike v počrtnitvi ozadja naravnati svetlost izvora in regulirati režo tako, da dobimo primeren odnos za pisalni instrument.

LITERATURA

1. S.ZAZULA - MIKROFOTOMETER, DIPLOMSKO DELO, 1958
2. W.E.BARROWS, LIGHT PHOTOMETRY, ILLUMINATING ENGINEERING, 1951
3. V.H.ATREE, A LOG PHOTOCELL CIRCUIT, J.SCI.INSTR. 32, 41, 1955
4. J.F.RUSSEL, A PHOTOELECTRIC CELL CIRCUIT WITH A LOG RESPONSE, J. SCI. INSTR. 8, 59, 1937
5. T.B.RYMER, DOUBLE - TRACE SCANNING MICROFOTOMETER FOR PRECISION MEASUREMENT OF LINE POSITION, J.SCI. INSTR. 27, 50, 1950

DISKUSIJA

Pitanje Ing. Nikole Nikolića:

Autor fererata, kolega Novinšek u vezi sa prvom jednadžbom, dao je podatak za eksponent k , koji se nalazi i u stručnoj literaturi. Medjutim, kod žarulja vrlo male snage javljaju se jako različite vrijednosti eksponenta k , vjerovatno radi hladjenja krajeva žarne niti. Zato bi bilo od interesa znati da li je provjeravana vrijednost eksponenta k

Odgovor autora:

Mislim, da je za točnost meritve nepotrebno poznati natančnost k eksponenta ker je žarica 35 W in glede na našo uporabo imamo možnost spreminjati svetlobni tok z regulacijom napetosti.