Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Miroslav Rozsíval

Nové sovětské konstrukce elektronového mikroskopu

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 75 (1950), No. 3, D288--D292

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/123883

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1950

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* http://project.dml.cz

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, roč. 75 (1950)

FYSIKA V TECHNICE

NOVÉ SOVĚTSKÉ KONSTRUKCE ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU.

Dr MIROSLAV ROZSÍVAL, Praha.

S konstrukcí elektronového mikroskopu v SSSR bylo započato již v roce 1940 v leningradském Státním optickém ústavu. Koncem roku 1940 byl dokončen první model, který dovoloval zvětšení 10 000 násobné. Brzy na to byl konstruován druhý zlepšený model dovolující zvětšení 25 000 násobné. Veliká vlastenecká válka se svým nesmírným vypětím všeho sovětského lidu znamenala dočasné přerušení dalšího vývoje a výroby elektronových mikroskopů ve Svazu, takže s dalším modelem elektronového mikroskopu tohoto ústavu se setkáváme až v roce 1946. Od té doby se tato konstrukce stále zdokonaluje, a dnes se zcela vyrovná nejlepším světovým konstrukcím.

Loňského roku byl dokončen model nové konstrukce sovětského elektronového mikroskopu, který byl proveden v Ústavu ministerstva elektroprůmyslu v Moskvě. Na rozdíl od předešlého mikroskopu, který je určen pro nejvyšší výkony, byl hlavní důraz při konstrukci tohoto mikroskopu položen na jednoduchost, aby tak jeho obsluha byla co nejsnazší. Při tom jeho zvětšení i rozlišovací schopnost měly zůstat co nejvýhodnější.

První typ sovětského elektronového mikroskopu (obr. 1) je dílem akademika A. A. LEBEDĚVA a jeho spolupracovníků [1], [2]. Je to mikroskop magnetický, který má maximální elektronové zvětšení 26 000krát, minimální 2600krát. Zvětšení se mění tím, že se mění zvětšení projektivu v mezích od 20krát do 200krát při konstantním zvětšení objektivu 130krát. Jeho rozlišovací schopnost je tak veliká, že je možno pozorovat částice menší než 50 Å. Vytvořené obrazy se pozorují na fluorescenčním stínítku, pod nímž je uložena fotografická deska.

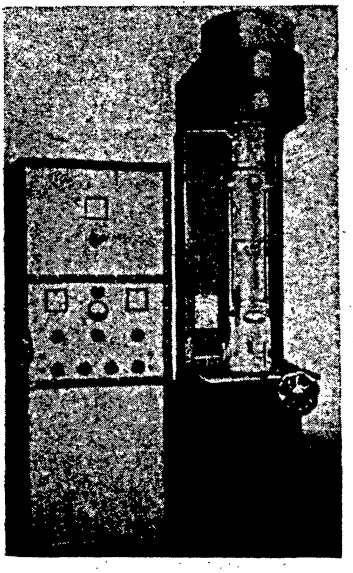
Zdrojem elektronů je speciálně konstruované elektronové dělo se žhavou kathodou, pod nímž je uložen magnetický kondensor, kterým se soustřeďují elektrony na zobrazovaný objekt. Ten je při zobrazování umístěn na stolku, který je pohyblivý ve dvou k sobě kolmých směrech, a který lze také poněkud sklánět vůči ose mikroskopu, což je důležité pro stereoskopické snímky.

Celý tubus mikroskopu, v němž jsou uloženy všechny uvedené jeho části, je asi metr dlouhý a asi 13 cm v průměru. Pod ním je uloženo čerpací zařízení, které vyčerpává z mikroskopu vzduch. Skládá se z difusní olejové vývěvy a z pomocné rotační vývěvy. Dosažitelné vakuum je lepší než 10^{-4} mm Hg. Pro pozorování obrazů je tubus opatřen velikým pozorovacím okénkem a pomocným optickým mikroskopem. Rovněž je možno pozorovat pomocným okénkem umístěným nad projektivem

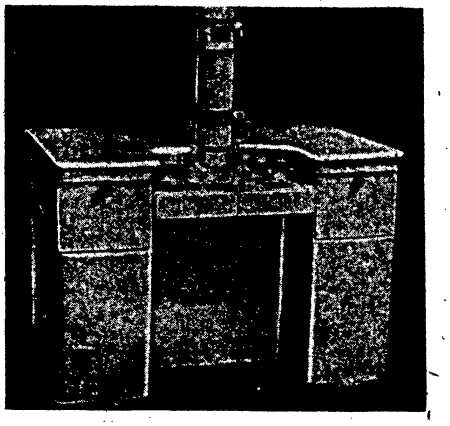
obraz vytvořený objektivem zvětšený 130krát, na němž je možno přehlédnout celý preparát najednou.

Zdroj vysokého napětí pro urychlování elektronů a zdroje proudu pro všechny čočky jsou umístěny v samostatné skříni, v níž jsou také stabilisátory napětí všech zdrojů, a kde jsou také měřicí a ovládací přístroje pro mikroskop.

K třicátému výročí Veliké říjnové revoluce byl sovětským elektroprůmyslem vyroben model tohoto typu sovětského elektronového mikroskopu s maximálním zvětšením 200 000krát, čímž nejlépe byla dokumentována vysoká kvalita této konstrukce.



Obr. 1. Elektronový mikroskop konstruovaný ve Státním ústavu optickém v Leningradě.



Obr. 2. Elektronový mikroskop konstruovaný v Ústavu min. elektroprům. v Moskvě.

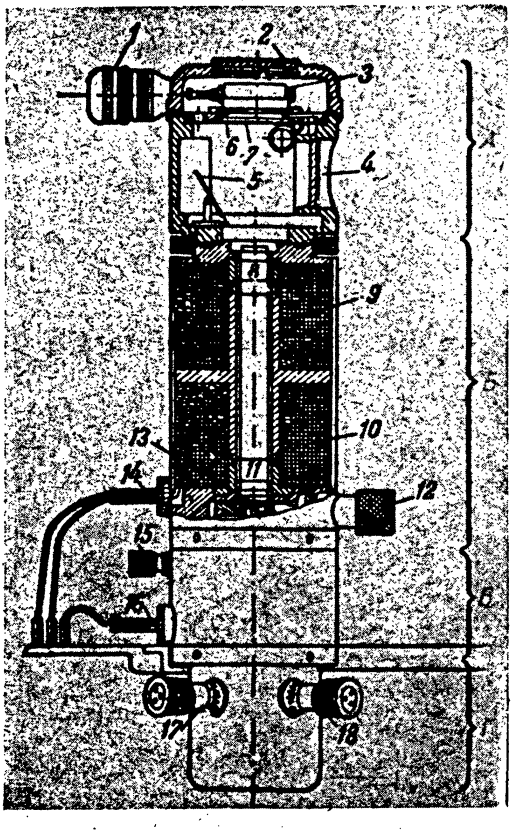
Druhý typ sovětského elektronového mikroskopu (obr. 2) je dílem kandidáta technických nauk N. G. Suškina a jeho spolupracovníků [3]. Je to typ t. zv. stolního mikroskopu co možná nejjednodušší konstrukce a s co nejvýhodnějšími vlastnostmi pro praktické použití.

Při konstrukci tohoto elektronového mikroskopu se vyšlo z těchto fakt:

1. Normální fotografické desky je možno zvětšovat 4 až 5krát, takže na př. pro zvětšení 100 000násobné stačí při dostatečné rozlišovací schopnosti elektronového mikroskopu elektronové zvětšení asi 25 000násobné.

2. Při velikých zvětšeních je zorné pole velmi malé, což je velmi nevýhodné. Rovněž silně klesá světelnost obrázků, kterou není možno stupňovat zvětšováním proudu elektronů, neboť tím vzrůstá zahřívání a mechanické namáhání objektu, který se tím poškozuje.

3. Statistika snímků provedených různými typy elektronových mikroskopů ve Svazu i v zahraničí ukázala, že v největším počtu případů bylo použito zvětšení nejvýše 10 000 až 12 000násobného, které se pak dále fotograficky zvětšovalo.



A — fotokomora:
1 ovládání kasety
2 okénko s fluorescenčním stínítkem na průchod
3 adapter na film
4 boční okénko pro pozorování obrazu
5 zrcadlo
6 fluorescenční stínítko
7 expoziční stínítko

Б — zobrazovací systém:
8 polové nástavce projektivu
9 vinutí projektivu
10 vinutí objektivu
11 polové nástavce objektivu
12 nosič preparátu
13 držák preparátu
14 přívod proudu pro zobrazovací systém

B — kondensor:
15 centrování kondensoru
16 přívod proudu pro kondensor

Г — elektronové dělo
17 a *18* centrování děla

Obr. 3. Schema elektronového mikroskopu konstruovaného v Ústavu ministerstva elektroprůmyslu v Moskvě.

4. Rozlišovací schopnost velké většiny dosavadních konstrukcí elektronového mikroskopu je mezi 100 až 50 Å; tato hodnota je však pro celou řadu preparátů nedosažitelná, takže pro velkou většinu preparátů je zcela postačující, je-li elektronové zvětšení asi 10 000násobné.

Na základě těchto fakt byl sovětský stolní typ elektronového mikroskopu konstruován s těmito charakteristickými vlastnostmi:

a) urychlující napětí 35 až 50 kV;
b) elektronové zvětšení 1000 až 16 000násobné;

b) rozlišovací schopnost tak vysoká, aby bylo využito možnosti negativy dále 4 až 5krát fotograficky zvětšit;

d) rozměr fotografických desek 45 × 60 mm nebo filmu normálního kinoformátu.

Mikroskop sám je složen ze 4 částí, jak je patrno z obr. 3. Tyto části jsou spolu spojeny šroubovými uzávěry s gumovými vložkami jako vakuovým těsněním. Jak je také patrno z obrázku, je mikroskop uspořádán tak, že zdroj elektronů je dole a fotokomora nahoře. Je to jednak z důvodů isolačních a jednak také proto, aby se zabránilo případnému usazování se částí objektu, které se z něho uvolnily, na clonce objektivu. Mikroskop je — podobně jako první typ — magnetický a je umístěn na jakémsi pracovním stole ve svislé poloze, na němž jsou současně ovládací a kontrolní přístroje. Uvnitř stolu je jednak zdroj vysokého napětí a jednak vysokovakuová část čerpacího zařízení. Předvakuová pumpa a stabilisátor proudu jsou umístěny mimo stolek, aby nerušily při snímkování.

Zdrojem elektronů je elektronové dělo, jehož konstrukce je zcela odlišná od všech existujících zdrojů užívaných v elektronových mikroskopech. Je to silnostěnný kovový válec, uvnitř kterého je kathoda z wolframového drátku ve tvaru *V*, fokusační elektroda a anoda. Vysoká napětí k jednotlivým elektrodám jsou přivedena vysokonapěťovými pancéřovanými kabely a silnostěnný kovový válec je uzemněn. Fokusační elektroda je centrovatelná, kathoda vyměnitelná. Její výměna trvá asi 5 minut. Touto konstrukcí zdroje elektronových paprsků je dosaženo dokonalé ochrany jak proti vysokému napětí, tak také proti škodlivému záření.

Magnetický kondensor je tvořen pancéřovanou cívkou obvyklé konstrukce a je centrovatelný vůči svazku paprsků pomocí dvou rukojetí.

Zobrazovací systém se skládá ze dvou magnetických čoček — objektivu a projektivu — které jsou konstruovány tak, že polové nástavce obou čoček jsou upevněny na společném držáku. Polové nástavce jsou vyměnitelné pomocí klíče. Při tom je nutno sejmout fotokomoru. Pomocí řady polových nástavců, které se vymění, lze dosáhnout plynulé změny zvětšení od 1000 do 16 000násobného.

Pevně s objektivem je spojen nosič preparátu s pohyblivým stolkem. Preparát upevněný na síťce nebo na terčíku se nejdříve upevní v držáku, který se otvorem ve stěně tubusu mikroskopu vloží do otvoru stolku, který je pohyblivý v rovině kolmé k optické ose mikroskopu. Výměna preparátu trvá asi 3,5 minuty.

Obrázky lze pozorovat na průhledném fluorescenčním stínítku upevněném na dně fotokomory, tedy v nejvyšší části tubusu. Pro fotografování se vkládají do fotokomory kasety buď s deskou velikosti 45 × 60 mm anebo s adapterem na film pro 25 obrázků velikosti 24 krát 36 mm. K pozorování obrázků v případě, že ve fotokomoře je kaseta, slouží pomocné fluorescenční stínítko umístěné na závěru fotokomory, na které se dívá pozorovatel okném ve fotokomoře pomocí zrcadla.

Exponování snímků se provádí odsunutím zvláštního stínítka pomocí šroubu, kterým se nejdříve sklopí fluorescenční stínítko a uzavře okno do fotokomory. Délka exposice, která je podstatně závislá na citlivosti užitého fotomateriálu, leží mezi 0,5 až 5 sek.

Čerpání mikroskopu se děje dvěma difusními výměvami s pomocnou výměvou předvakuovou. Vakuum je kontrolováno výbojkou připojenou k elektronovému dělu. Vyčerpání mikroskopu z atmosférického tlaku trvá asi 3 minuty, je-li v mikroskopu předem neodčerpaný film, 15 až 30 minut.

Elektrický rozvod mikroskopu se skládá v podstatě ze dvou oddělených obvodů a to z obvodu napájejícího elektronové dělo a z obvodu napájejícího čočky. První obvod jednak obsahuje obvod vysokonapěťový a jednak žhavicí obvod pro vlákno kathody. Vysoké napětí i žhavicí proud jsou stabilisovány co nejdokonaleji. Obvod napájející čočky dodává regulovatelné intensity proudu pro všechny tři čočky. Proud pro čočky je opět co nejdokonaleji stabilisován. Kromě těchto stabilisátorů je zvlášť stabilisován feroresonančním stabilisátorem síťový proud napájející generátor vysokého napětí a žhavící transformátor.

Srovnáme-li popsané sovětské konstrukce elektronového mikroskopu s ostatními známými konstrukcemi [4], [5], můžeme říci, že se podařilo již sovětským pracovníkům dohonit zpoždění způsobené přerušením práce za války. Můžeme tedy brzy očekávat, že oba tyto typy elektronového mikroskopu budou se vyrábět seriově, neboť konstrukce nových elektronových mikroskopů je ve Svazu plně podporována, jak o tom nejlépe svědčí skutečnost, že v zákoně o pětiletém plánu SSSR na r. 1946—1950 se praví: „Organisovat výrobu elektronových mikroskopů proto, aby mohly být zavedeny do vědeckých a výzkumných ústavů SSSR" [2].

LITERATURA.

[1] J. M. KUŠNIR: Okno v nevidimoje. Naučno-popularnaja bibliotheka. OGIZ-Gostechizdat-1948.

[2] S. D. KLEMENTĚV: Elektronnij mikroskop. Gos. Izd. Dětskoj Literatury ministerstva prosvěščenia RSFSR, Moskva, Leningrad, 1949.

[3] N. G. SUŠKIN, P. V. ZAJCEV a O. N. RYBAKOV: Malogabaritnij elektronnij mikroskop. Električestvo, 1949, No. 12, str. 6—9.

[4] M. ROZSÍVAL: Některé nové konstrukce elektronového mikroskopu v Evropě. Fysika v technice **3**, 1948, 87—93.

[5] M. ROSENBERG: Americký elektronový mikroskop RCA. Rozhledy **28** (1948—1949), 29—30.

New Soviet Models of Electron Microscope. There are described two new soviet models of electron microscope of magnetic type built both in the State Department of Optics in Leningrad and in the Institute of Ministry of Electro-Industry in Moskva. The microscope made in the Departement in Leningrad, the construction of which was begun in 1940, is of the normal transmission type. Its last model has a maximal magnification about 200 000times. The microscope of the Institute in Moskva is of the desk-type, the last model of which has the magnifications from 1000times to 16 000times. It can be supposed that both types of this electron microscopes in a short time will be built in commercial forms.