

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

Lubomír Dvořák; Zdeněk Kupka

Spektrální rozdělení luminiscence elektroluminiscenčního sirníku zinečnatého

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica, Vol.
10 (1969), No. 1, 141--154

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119905>

Terms of use:

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1969

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>

*Katedra experimentální fyziky a metodiky fyziky přírodovědecké fakulty
Vedoucí katedry: Prof. Dr. Josef Fuka*

SPEKTRÁLNÍ ROZDĚLENÍ LUMINISCENCE ELEKTROLUMINISCENČNÍHO SIRNÍKU ZINEČNATÉHO

LUBOMÍR DVOŘÁK a ZDENĚK KUPKA

(Předloženo dne 29. května 1968)

Měření spektrálního rozdělení luminiscence podává důležité informace o struktuře a vzájemných souvislostech energetických hladin v luminoforu. U sirníku zinečnatého aktivovaného mědí, stříbrem, zlatem, manganem a samoaktivovaného byla pozorována při různých způsobech buzení emise v pásech s maximy okolo 450 nm, 475 nm, 520 nm, 580 nm, 620 nm a 680 nm (1). Měření fotoluminiscenčních spekter je prováděno např. v pracích (2), (3), (4), elektroluminiscenčních spekter v pracích (5), (6), (7), rentgenoluminiscenčních spekter v (8). Tato měření však byla prováděna různými autory na různých výchozích prášcích a monokrystalech.

V předložené práci jsou měřena fotoluminiscenční, rentgenoluminiscenční, rentgenofotoluminiscenční, elektroluminiscenční a fotoelektroluminiscenční spektra na třech různých elektroluminiscenčních prášcích sirníku zinečnatého. Na základě souvislosti mezi jednotlivými emisními pásy při různém způsobu buzení jsou provádeny závěry o luminiscenčních centrech v sirníku zinečnatém aktivovaném mědí a manganem.

Experimentální uspořádání

Měření bylo prováděno na těchto práškových elektroluminoforech připravených podle (9):

luminofor I	s obsahem $3 \cdot 10^{-3}$ g Cu na 1 g ZnS,
luminofor II	s obsahem $5 \cdot 10^{-4}$ g Cu na 1 g ZnS,
luminofor III	s obsahem $1 \cdot 10^{-3}$ g Cu a $1,1 \cdot 10^{-2}$ g Mn na 1 g ZnS.

Bylo měřeno:

Fotoluminiscenční spektra buzená ultrafialovým zářením o vlnové délce 366 nm.

Spektrální rozdělení elektroluminiscenční zářivosti při frekvencích 0,5—15 kHz a sinusových napětích 150—300 V.

Rentgenoluminiscenční spektra buzená RTG lampou s měděnou antikatomou.

Rentgenofotoluminiscenční spektra buzená současně rentgenovým a ultrafialovým zářením o vlnové délce 366 nm.

U uvedených spekter bylo provedeno měření maxim a pološířek modrých, zelených a oranžových emisních pásů při použití modrého filtru s propustností v oblasti 405 až 495 nm, zeleného filtru s propustností v oblasti 490 až 570 nm a oranžového filtru s propustností 560 až 640 nm.

Fotoelektroluminiscence připadající na intervaly vlnových délek široké 10 nm v oblasti maxim modrých a zelených emisních pásů u luminoforu I a II.

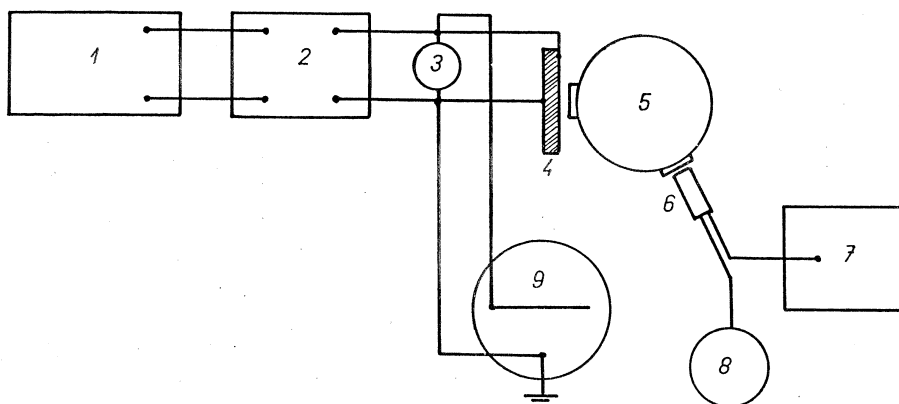
Změny elektroluminiscenčních světelných vln v závislosti na frekvenci.

Integrální zářivosti luminoforu I a II v závislosti na frekvenci.

Elektroluminiscenční, fotoluminiscenční a fotoelektroluminiscenční měření byla prováděna na elektroluminiscenčních buňkách. Elektroluminofory byly míchány v poměru 1 : 1 s epoxydovým pojidlem. Z této směsi byly na skleněné podložce s průhlednou vodivou vrstvou SnO₂ připraveny elektroluminiscenční vrstvy tloušťky 0,1 mm. Druhou elektrodou byla hliníková fólie.

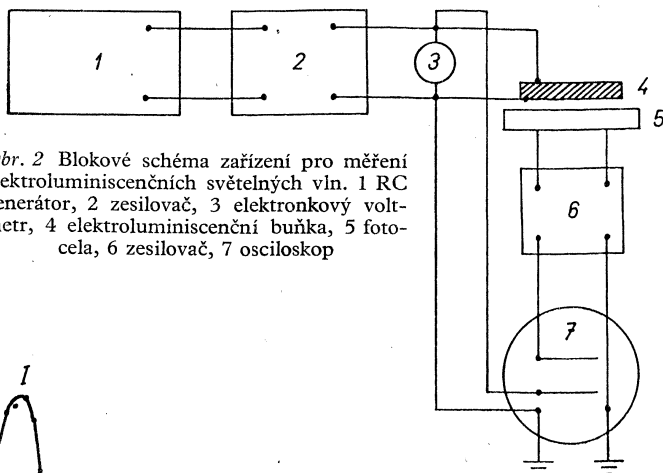
K rentgenoluminiscenčním a rentgenofotoluminiscenčním měřením byly užity vrstvy luminoforu ve směsi s pojidlem nanesené na pevné podložce.

Spektrální měření byla prováděna na Zeissově univerzálním spektrofotometru VSU 1 s fotonásobičem typu Zeiss M12 FS35. Schéma experimentálního uspořádání pro měření elektroluminiscenčních spekter je na obr. 1. U ostatních

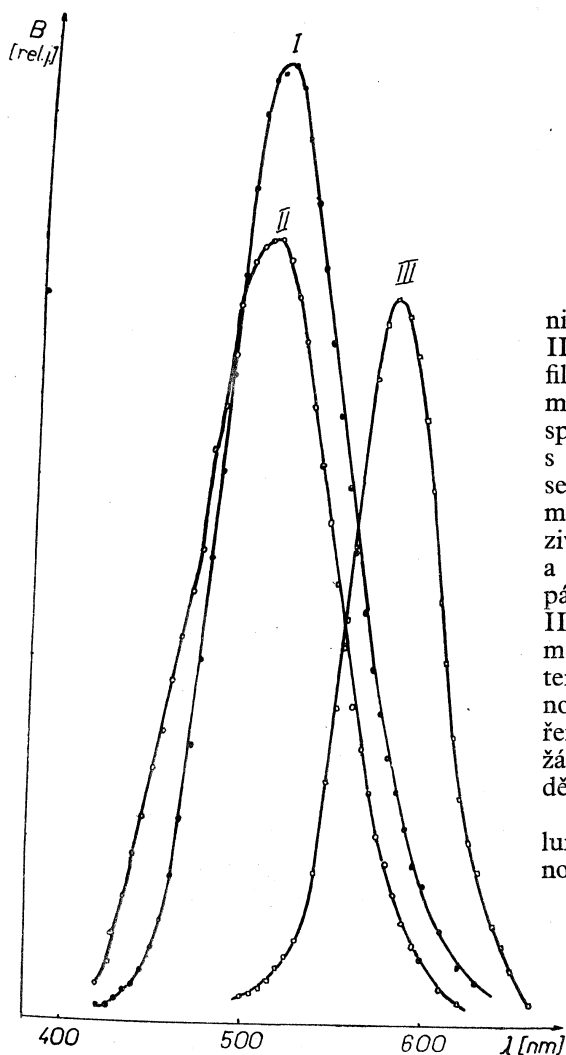


Obr. 1 Blokové schéma zařízení pro měření elektroluminiscenčních spekter. 1 RC generátor, 2 zesilovač, 3 elektronkový voltmetr, 4 elektroluminiscenční buňka, 5 spektrofotometr, 6 fotonásobič, 7 zdroj k fotonásobiči, 8 zrcátkový galvanoměr, 9 osciloskop

spektrálních měření bylo užito podobného uspořádání. Fotoluminiscence byla buzena vysokotlakou ruťovou výbojkou typu HQV 125 W, rentgenoluminiscence rentgenovým přístrojem Mikrometa s mikrostrukturální rentgenkou Chirana — Meta IVM Cu při napětí 30 kV a proudu 20 mA. Při integrálním elektroluminiscenčním měření byl spektrofotometr 5 s fotonásobičem 6, 7 z obr. 1 nahrazen fotocelou. Blokové schéma zařízení pro měření elektroluminiscenčních světelných vln je na obr. 2.



Obr. 2 Blokové schéma zařízení pro měření elektroluminiscenčních světelných vln. 1 RC generátor, 2 zesilovač, 3 elektronkový voltmetr, 4 elektroluminiscenční buňka, 5 fotočela, 6 zesilovač, 7 osciloskop



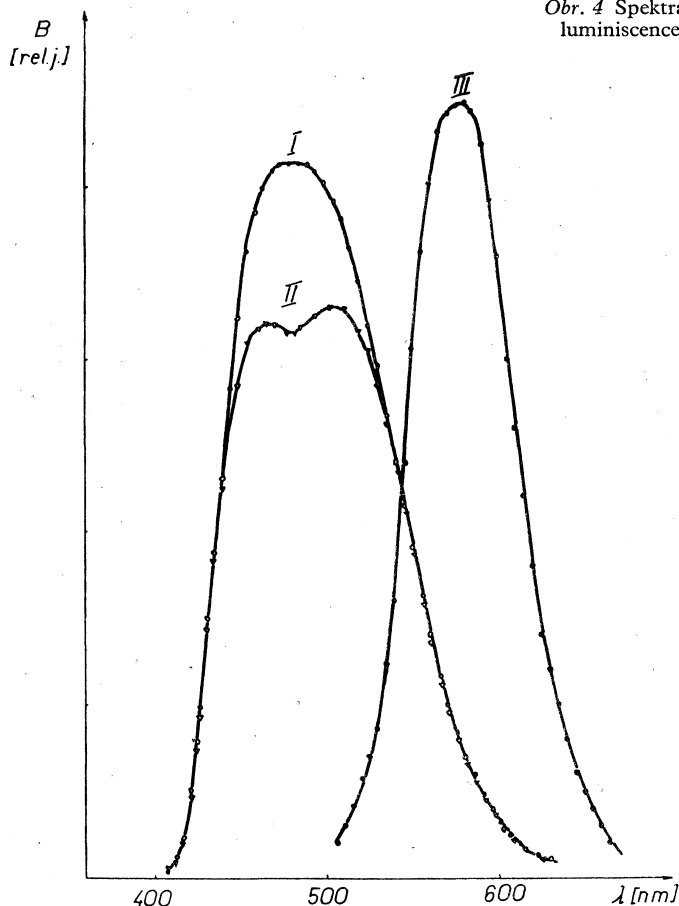
Výsledky měření

Spektrální rozdělení fotoluminiscenční zářivosti luminoforu I, II a III je na obr. 3. Použitím filtrů bylo zjištěno, že luminofor I má ve svém fotoluminiscenčním spektru intenzivní zelený pás s maximem 520 nm a řádově desetkrát slabší modrý pás s maximem 475 nm, luminofor II intenzivní zelený pás s maximem 520 nm a řádově desetkrát slabší modrý pás s maximem 450 nm, luminofor III jediný oranžový pás s maximem 580 nm. Při změnách intenzivnosti buzení v mezích možností užitých výbojky, nebyly u měřených luminoforů pozorovány žádné změny ve spektrálním rozdělení fotoluminiscenční zářivosti.

Spektrální rozdělení zářivosti luminoforu I, II a III při rentgenoluminiscenci je na obr. 4. Pou-

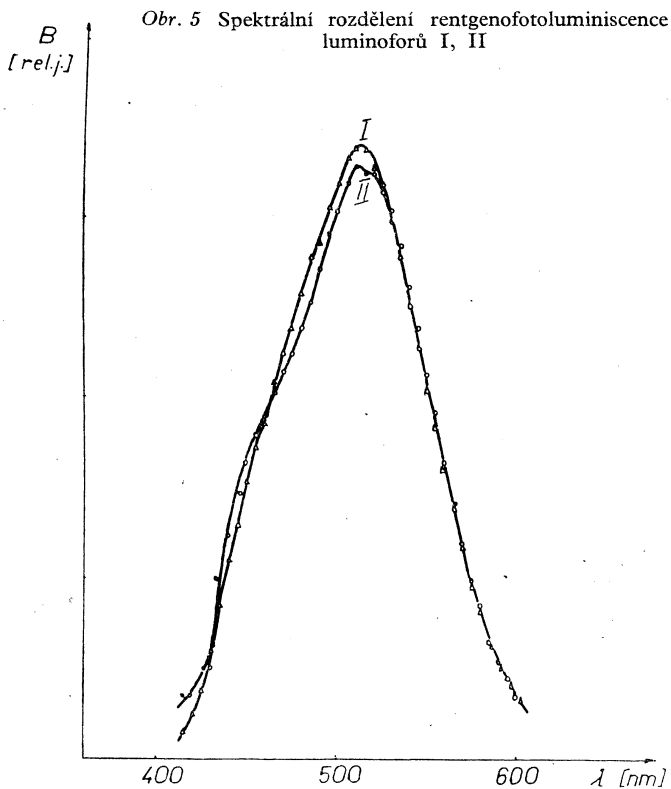
Obr. 3 Spektrální rozdělení fotoluminiscenční zářivosti luminoforů I, II, III

Obr. 4 Spektrální rozdělení rentgenoluminiscence luminoforů I, II, III



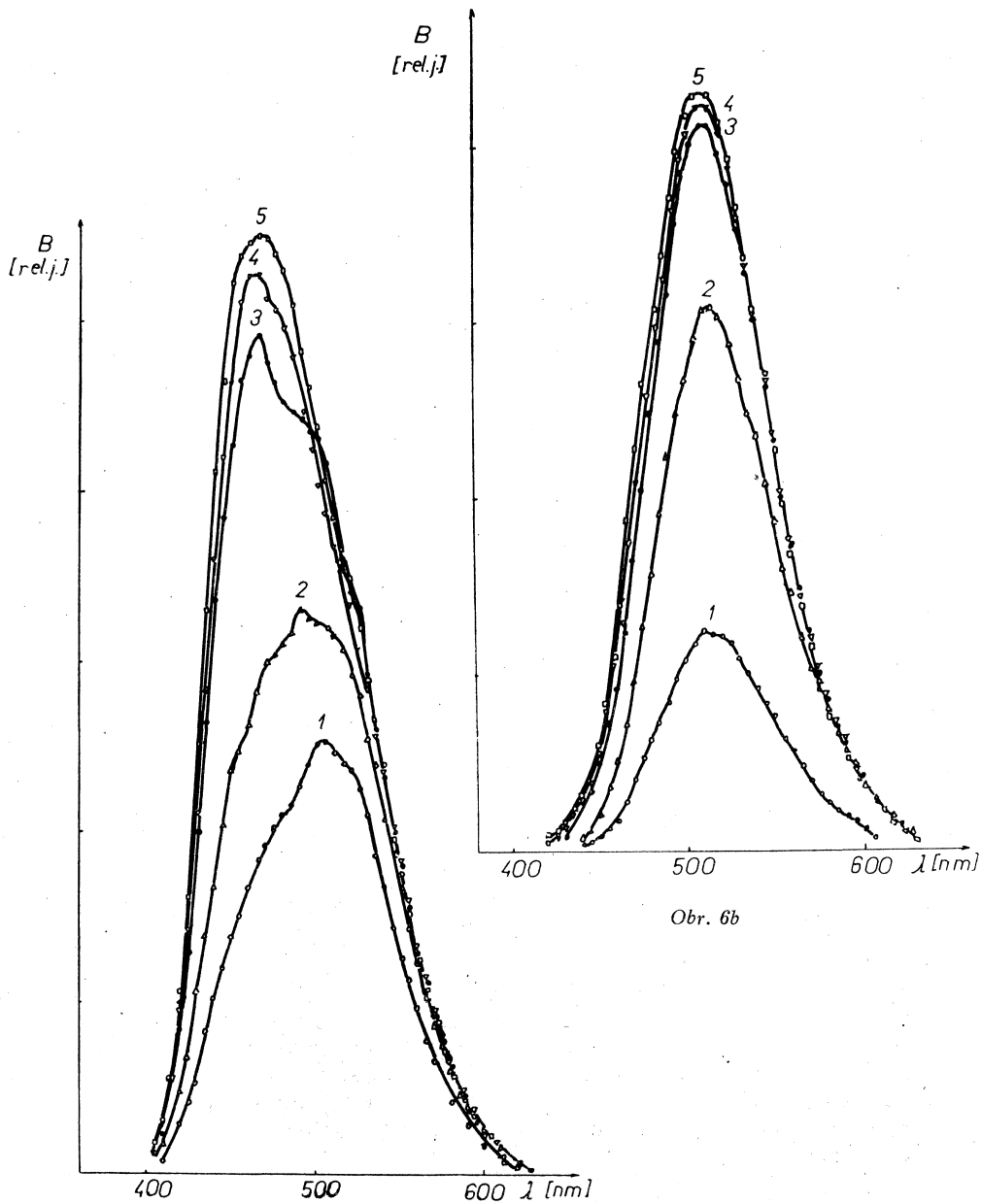
žitím filtrů byly v rentgenoluminiscenčním spektru zjištěny u luminoforu I a II stejně intenzivní pásy, modrý s maximem 450 nm a zelený s maximem 520 nm, u luminoforu III jediný oranžový pás s maximem 580 nm. Z průběhu rentgenoluminiscenční spektrální křivky luminoforu I a jejího rozkladu na pásy je možné předpokládat u luminoforu I existenci ještě třetího relativně velmi slabého pásu s maximem 475 nm, jehož existence při našich experimentech nebyla přímo prokazatelná. Rozdělení rentgenoluminiscence do emisních pásů v závislosti na způsobu a intenzivnosti buzení nebylo blíže sledováno.

Spektrální rozdělení zářivosti při současném buzení rentgenovým a ultrafialovým zářením je na obr. 5. Rozdělení do emisních pásů je závislé na poměru samotné rentgenoluminiscenční a fotoluminiscenční zářivosti při daném buzení. Při intenzivnějším fotoluminiscenčním buzení převažuje emise v zelené oblasti. Křivky na obr. 5 byly získány při stejně intenzivním fotoluminiscenčním a rentgenoluminiscenčním buzení. Maxima emisních pásů rentgenofotoluminiscence byla shodná u všech luminoforů s maximy rentgenoluminiscence.



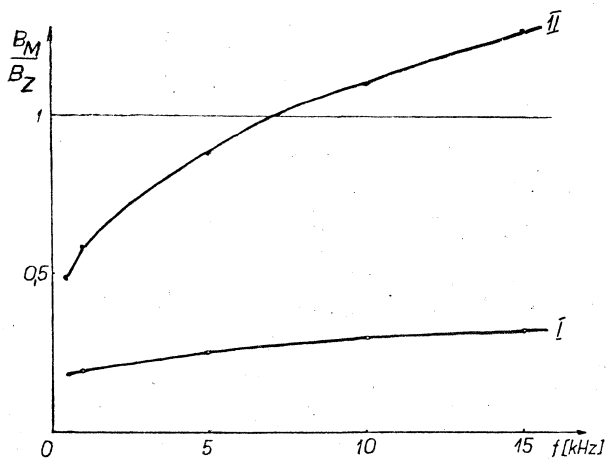
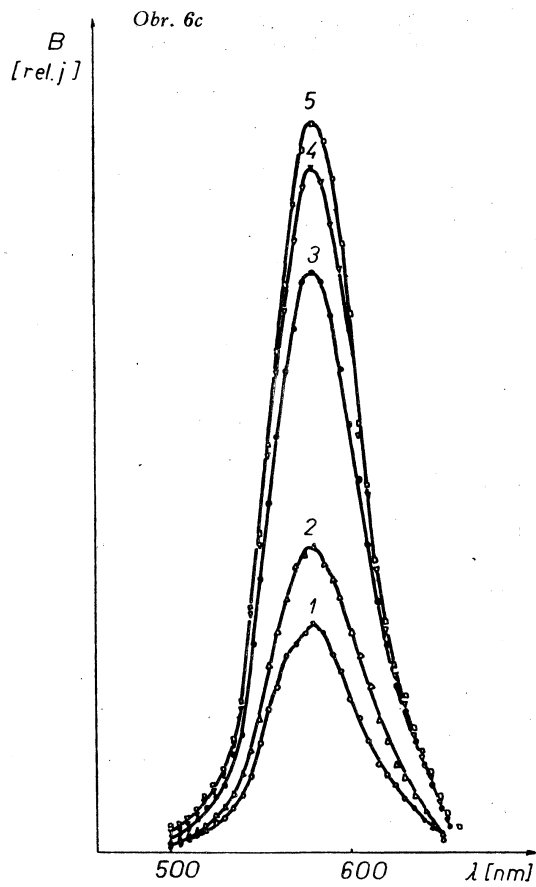
Výsledky měření průběhu spektrální elektroluminiscenční zářivosti pro luminofory I, II a III v závislosti na frekvenci při napětí 250 V jsou na obr. 6a, b, c. Experimentálně bylo zjištěno, že tvar spektrálních křivek při stejné frekvenci se při změnách napětí od 150 V do 300 V nemění. Pomocí filtrů byly v elektroluminiscenčním spektru luminoforu I zjištěny emisní pásy v modré oblasti s maximem 475 nm a v zelené oblasti s maximem 520 nm, u luminoforu II emisní pás v modré oblasti s maximem 450 nm a pás v zelené oblasti s maximem 520 nm, u luminoforu III emisní pás v oranžové oblasti s maximem 580 nm. Relativní zastoupení zářivosti elektroluminiscence v modrém a zeleném pásu u luminoforu I a II je závislé na frekvenci budícího pole, přičemž při vyšší frekvenci dochází k přesunu emise do modrého pásu. Na obr. 7 jsou průběhy poměru B_M/B_Z luminoforu I a II v závislosti na frekvenci, kde B_M je integrální zářivost v modrém a B_Z integrální zářivost v zeleném pásu, které byly získány z rozkladu spektrálních křivek na pásy (10). Z obrázku je vidět, že u luminoforu I nedochází k velkým změnám v relativním zastoupení obou pásů v závislosti na frekvenci, zatímco u luminoforu II se modrý pás s rostoucí frekvencí uplatňuje v celkovém spektru mnohem více než zelený. Z rozkladu spektrálních křivek (10) je možno udělat závěr, že u luminoforu II dochází také přímo k přesunu vyzařování ze zelené části spektra do modré části spektra. Ve shodě s tím jsou i měření integrální zářivosti v závislosti na frekvenci obr. 8a, b.

Obr. 6 Spektrální rozdělení elektroluminiscence a) luminoforu I, b) luminoforu II, c) luminoforu III. 1 frekvence 500 Hz, 2 frekvence 1 kHz, 3 frekvence 5 kHz, 4 frekvence 10 kHz, 5 frekvence 15 kHz



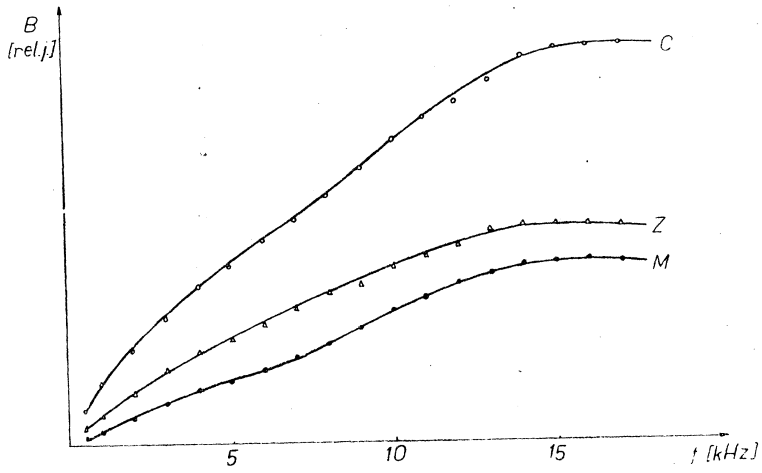
Obr. 6a

Obr. 6b

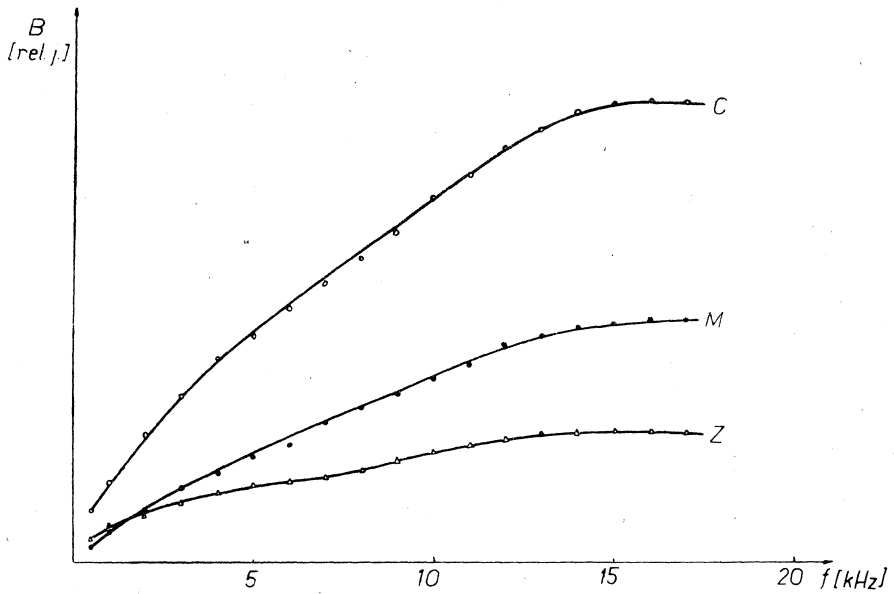


Obr. 7. Závislost B_M/B_Z na frekvenci pro luminofory I a II

Obr. 8 Závislost integrální elektroluminiscenční zářivosti na frekvenci a) luminofor I, b) luminofor II. C průběh celkové zářivosti, M průběh zářivosti v modrém pásu, Z průběh zářivosti v zeleném pásu



Obr. 8a

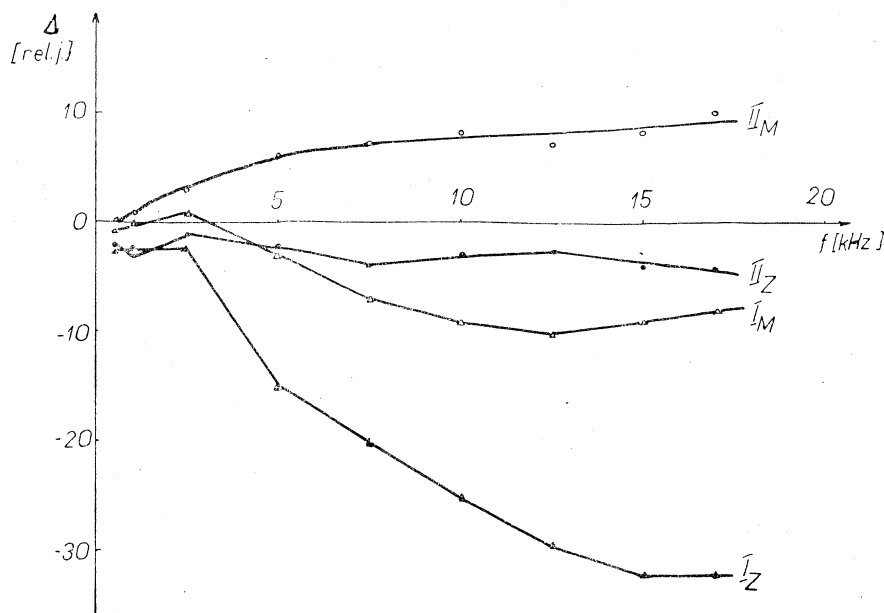


Obr. 8b

Při současném buzení elektrickým polem a ultrafialovým zářením byly ve spektru pomocí filtrů zjištěny pásy s maximy stejnými jako u elektroluminiscence. K sledování změn zářivosti fotoelektroluminiscence v oblasti maxima modrého a zeleného pásu luminoforu I a II jsme podle (11) použili veličinu Δ , určenou vztahem

$$\Delta = B_{FEL} - (B_{FL} + B_{EL}),$$

kde B_{FEL} je foto elektroluminiscenční, B_{FL} fotoluminiscenční a B_{EL} elektroluminiscenční zářivost. Hodnoty veličiny Δ pro maxima modrých a zelených pásů v závislosti na frekvenci jsou na obr. 9. Z něho je vidět, že pro luminofor I je



Obr. 9 Závislost veličiny $\Delta = B_{FEL} - (B_{FL} + B_{EL})$ na frekvenci pro modrý pás luminoforu I (M_I), zelený pás luminoforu I (Z_I), pro modrý pás luminoforu II (M_{II}) a zelený pás luminoforu II (Z_{II})

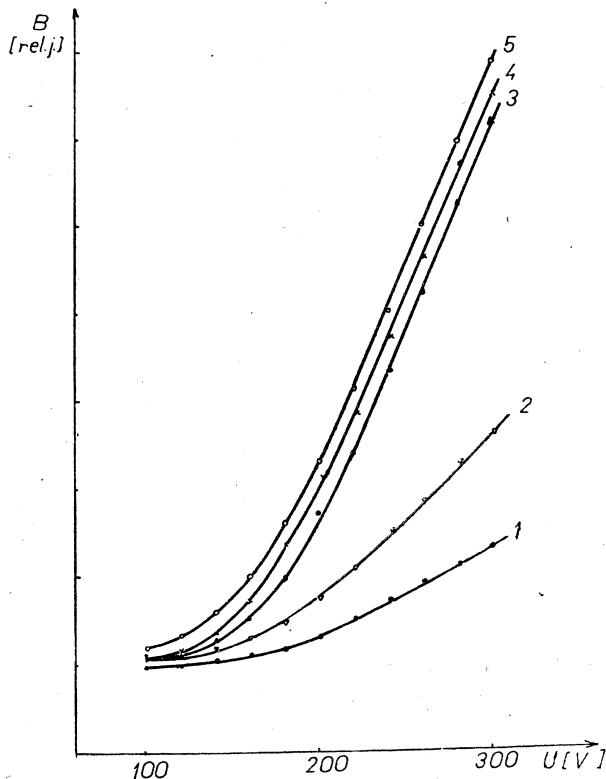
Δ záporné, přičemž pro zelený pás s rostoucí frekvencí klesá a pro modrý pás nabývá minima mezi 10 a 15 kHz. U luminoforu II Δ v modrém pásu roste v kladných hodnotách a v zeleném pásu mírně kolísá v malých záporných hodnotách. U luminoforu I bylo v zeleném pásu pozorováno zhasení fotoluminiscence elektrickým polem, které bylo závislé na napětí, v modrém pásu s růstem napětí fotoelektroluminiscenční zářivost monotonně roste. Závislost fotoelektroluminiscenční zářivosti tohoto luminoforu v oblasti maxima zelené a modré emise na střídavém napětí se sinusovým průběhem na elektroluminiscenční buňce je na obr. 10a, b. Závislost zářivosti v zeleném pásu na napětí při konstantní frekvenci (obr. 10a) má do 5 kHz monotonně rostoucí průběh, zhasení není pozorováno. Od frekvence 5 kHz nastává zřetelné zhasení. Křivky mají výrazné minimum mezi 120 V a 180 V, jehož výška se s rostoucí frekvencí zmenšuje a jeho poloha s rů-

tem frekvence se plynule posunuje k nižším napětím. Zářivost v modrém pásu (obr. 10b) monotonně roste s exponenciálním průběhem. U luminoforu II při zvyšování napětí a při všech studovaných frekvencích v modrém i v zeleném pásu zářivost exponenciálně roste.

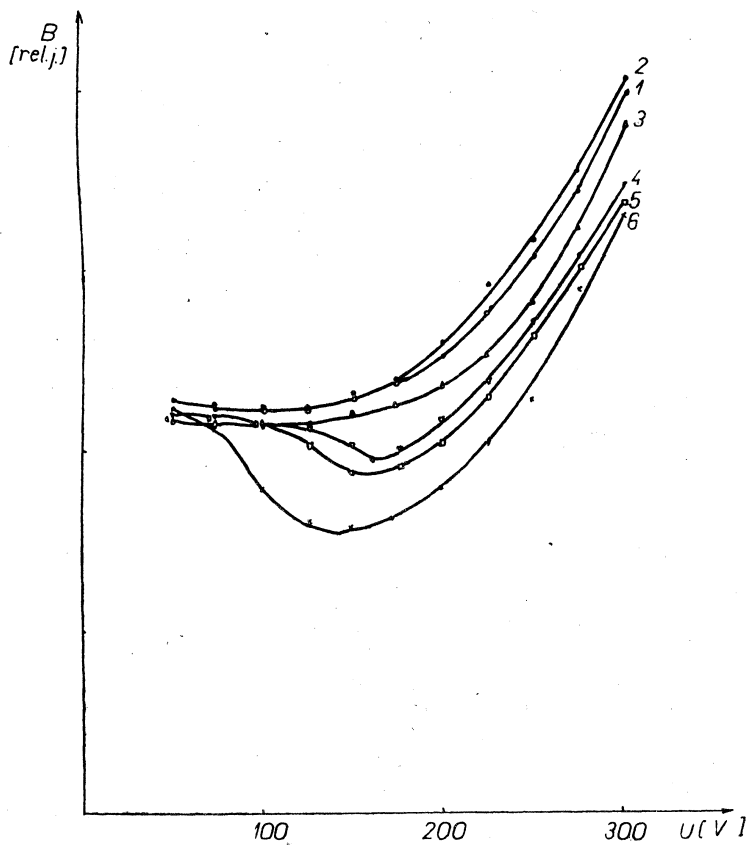
Průběhy elektroluminiscenčních světelných vln luminoforu I, II a III v závislosti na frekvenci jsou na obr. 11, 12 a 13. U luminoforu I a II jsou uvedeny i průběhy světelných vln v modrých a zelených pásech, které byly získány použitím filtrů. Elektroluminiscenční světelné vlny při nižších frekvencích odpovídají symetrickému uspořádání elektroluminiscenční buňky (12), která vyzařuje pouze v jedné půlperiodě napětí.

U luminoforu I a II jsou při nižších frekvencích výšky maxim světelných vln stejné. Při frekvenci 1 kHz je možno pozorovat malý náznak dalšího maxima. Při vyšších frekvencích se relativní výšky vždy dvou po sobě následujících maxim mění, přičemž je patrné i překrývání komponent jednotlivých dvojic (komponenta

Obr. 10 Závislost fotoelektroluminiscenční zářivosti na napětí a) v oblasti modrého maxima. 1. frekvence 0,5 kHz, 2 frekvence 1 kHz, 3 frekvence 5 kHz, 4 frekvence 10 kHz, 5 frekvence 15 kHz, b) v oblasti zeleného maxima 1 frekvence 2,5 kHz, 2 frekvence 4 kHz, 3 frekvence 6 kHz, 4 frekvence 8 kHz, 5 frekvence 10 kHz, 6 frekvence 15 kHz



Obr. 10a



Obr. 10b

je chápána v pojetí (13)). Překrývání je výraznější při vyšších frekvencích, proto při vyšších frekvencích není možné zkoumat světelné vlny připadající pouze na jednu půlperiodu budícího napětí, ale dvojici po sobě následujících vzájemně se překrývajících komponent světelné vlny, odpovídající celé periodě napětí. U luminoforu I se relativní změny výšky maxim dané dvojice se změnou frekvence v modrém a v zeleném emisním pásu vzájemně doplňují, u luminoforu II nějaká závislost není zřejmá. Od frekvence 5 kHz dochází také k zřetelnému zpoždování fázi světelných vln oproti průběhu napětí, jehož velikost roste s rostoucí frekvencí.

U luminoforu III jsou i při nižších frekvencích výšky dvou po sobě následujících maxim světelných vln rozdílné a překrývání komponent do dvojic je zde výraznější.

Diskuse výsledků měření

Z našich spektrálních měření vyplývá, že luminofor I s koncentrací $3 \cdot 10^{-3}$ g Cu na 1 g ZnS má ve spektru tři emisní pásy s maximy 450 nm, 475 nm a 520 nm. Relativní zastoupení těchto pásů v celkovém spektru závisí na způsobu buzení. Ve fotoluminiscenčních a elektroluminiscenčních spektrech byly identifikovány pásy s maximem 475 nm v modré oblasti a s maximem 520 nm v zelené oblasti. V rentgenoluminiscenčním a rentgenofotoluminiscenčním spektru byly pozorovány emisní pásy s maximy 450 nm v modré oblasti a 520 nm v zelené oblasti spektra, pás s maximem 475 nm není v těchto spektrech prokazatelný.

Ve spektru luminoforu II s koncentrací $1 \cdot 10^{-3}$ g Cu na 1 g ZnS jsme pozorovali při všech způsobech buzení dva emisní pásy, modrý s maximem 450 nm a zelený s maximem 520 nm.

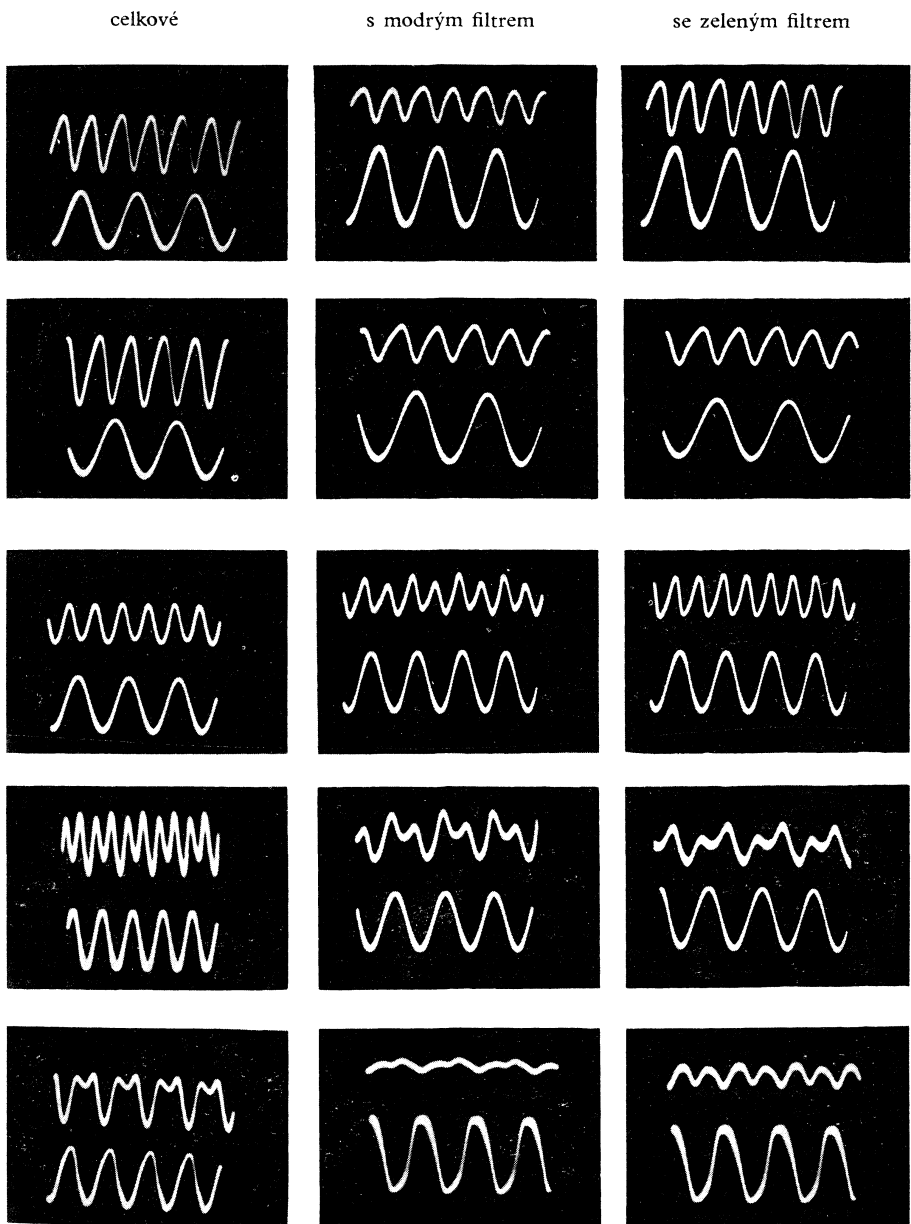
U luminoforu III s koncentrací $1 \cdot 10^{-3}$ g Cu a $1,1 \cdot 10^{-2}$ g Mn na 1 g ZnS byl zjištěn jen jeden emisní pás s maximem 580 nm, nezávislý na způsobu buzení. U všech tří luminoforů nemůžeme vyloučit možnost existence emisních pásů v červené oblasti spektra, která je mimo oblast spektrální citlivosti použitého fotonásobiče.

Poloha maxim uvedených emisních pásů u všech luminoforů byla nezávislá na způsobu buzení. Z toho vyplývá, že energetická struktura hladin odpovídajících za emisi v jednotlivých pásech není ovlivňována způsobem buzení.

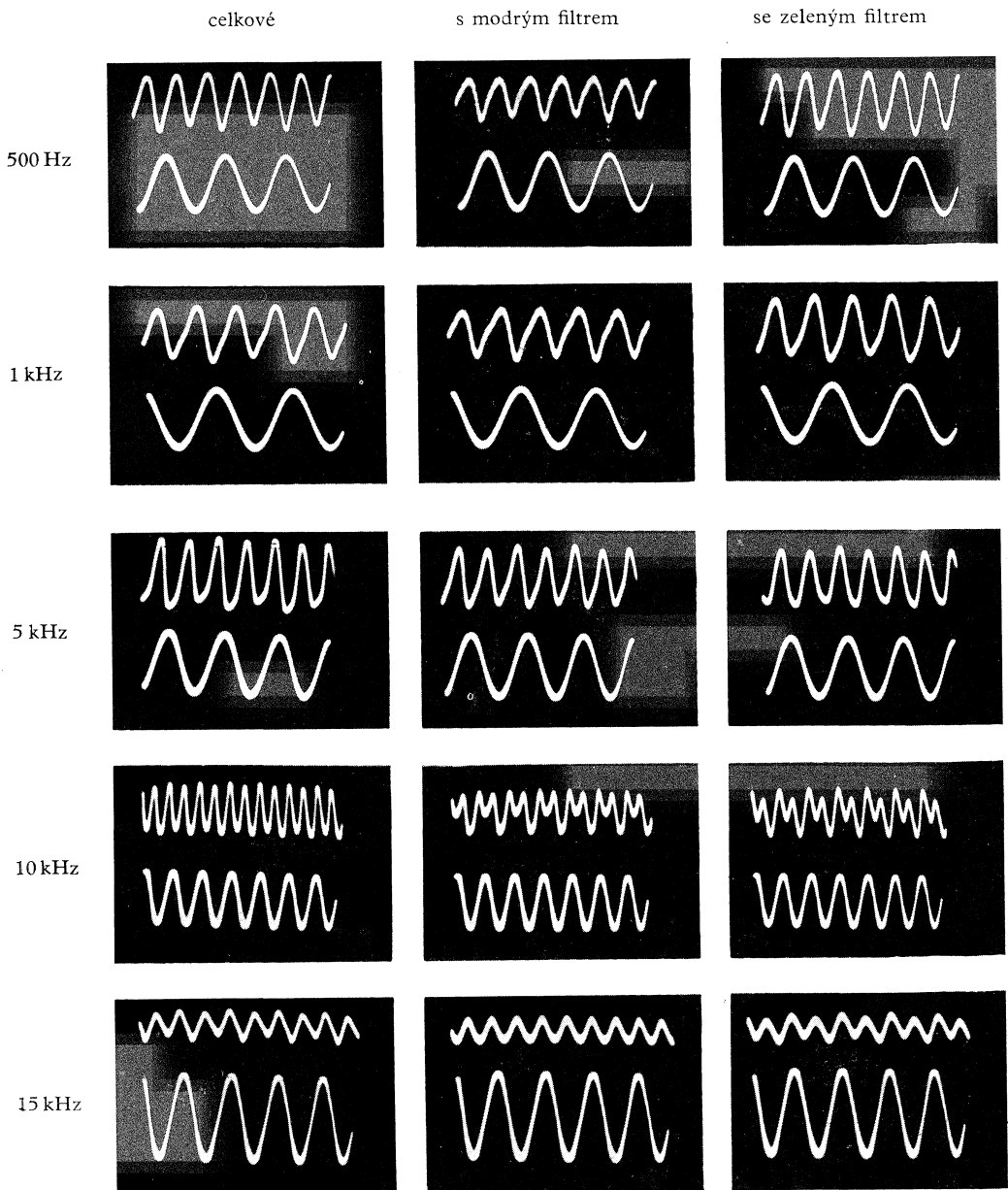
Kombinace emisních pásů 450 nm a 520 nm u ZnS—Cu byla pozorována např. v pracech (3), (5), (6), (8), (14), kombinace 475 nm a 520 nm např. v (4), (5), (15). R. Grasser a A. Scharmann (2) pozorovali všechny uvedené pásy a navíc i pásy s maximy 580 nm a 620 nm a to jak u ZnS—Cu, tak u samoaktivovaného ZnS. Na základě těchto svých výsledků docházejí k závěru, že luminiscenční centra v ZnS tvoří dva komplexy — tzv. krátkovlnný komplex s maximy 450 nm, 520 nm a 680 nm (tento pás neidentifikovali, pouze předpokládají jeho existenci) a dlouhovlnný komplex s maximy 475 nm, 580 nm a 620 nm. Emisní pásy v jednotlivých komplexech mají svůj původ v jednom centru, které je různě ionizované a podle toho dochází k emisi v příslušné spektrální oblasti.

V našich měřeních se u luminoforu I a II vyskytuje dvojice emisních pásů 450 nm a 520 nm a dvojice 475 nm a 520 nm. V závislosti na způsobu buzení se relativní zastoupení emise v jednotlivých pásech mění. Tyto změny pro uvedené dvojice emisních pásů byly sledovány při měření elektroluminiscence a fotoelektroluminiscence. Změny relativního zastoupení emise v dvojici emisních pásů s maximy 450 nm a 520 nm luminoforu II v závislosti na frekvenci probíhaly jinak než u dvojice emisních pásů s maximy 475 nm a 520 nm luminoforu I (obr. 7). K podobnému závěru o chování uvedených dvojic emisních pásů je možné dojít i z měření závislosti fotoelektroluminiscence na frekvenci (obr. 9) a závislosti fotoelektroluminiscence na napětí (obr. 10a, b). Změny průběhu elektroluminiscenčních světelných vln v závislosti na frekvenci (obr. 11 a 12) jsou také rozdílné pro dvojici emisních pásů 450 nm a 520 nm a dvojici 475 nm a 520 nm. Tyto výsledky ukazují, že zelený pás s maximem 520 nm přímo souvisí s modrým pásem s maximem 450 nm a jeho souvislost s pásem o maximu 475 nm není zřejmá.

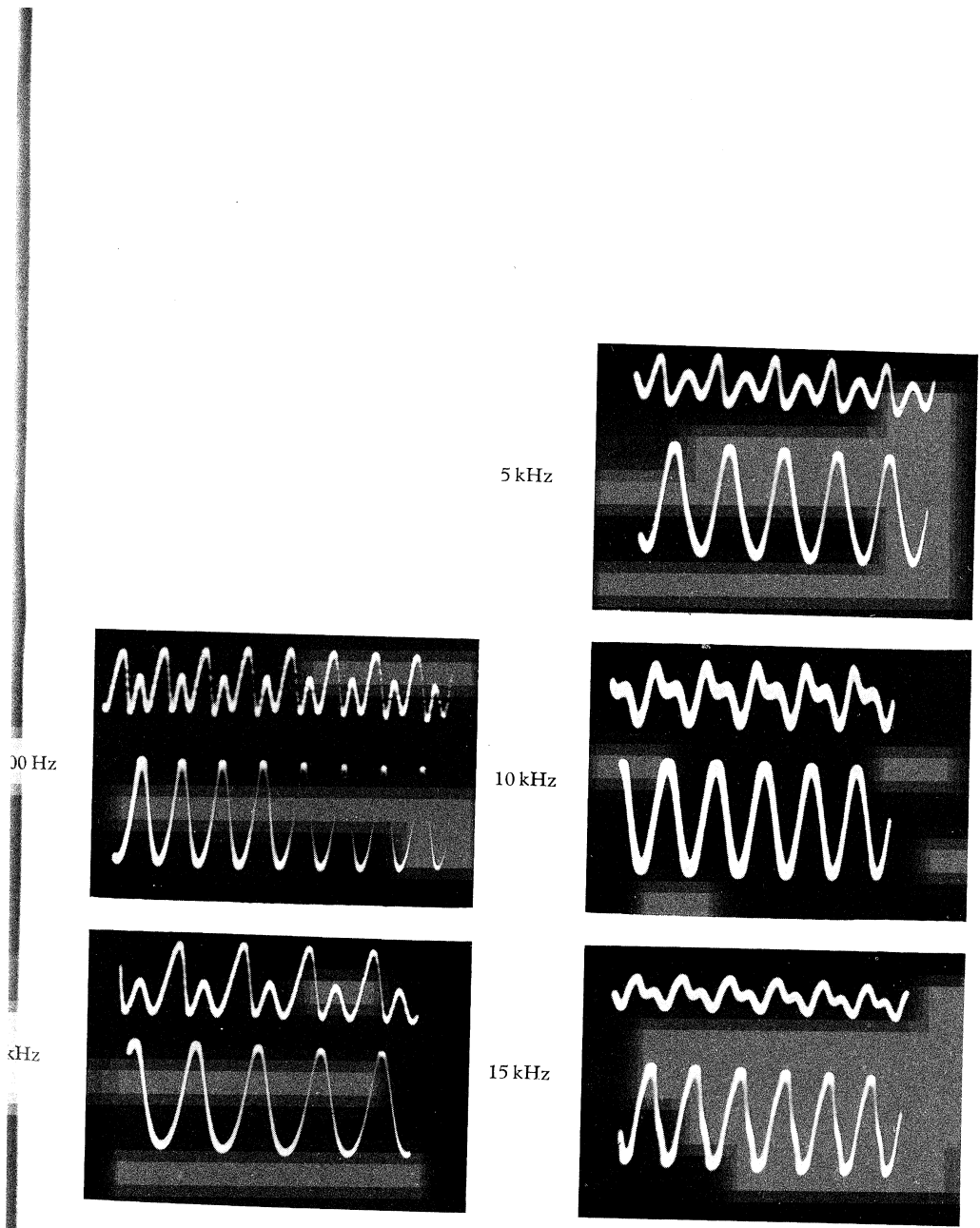
Změny v relativním zastoupení emise jednotlivých pásů je možné vyložit buď změnou pravděpodobnosti zářivých přechodů, existencí více druhů luminiscenčních center, přičemž pravděpodobnost vybuzení každého z nich je závislá na způsobu buzení a existencí jednoho nebo spíše dvou druhů luminiscenčních



Obr. 11 Průběh elektroluminiscenčních světelných vln v závislosti na frekvenci pro luminofor I



Obr. 12 Průběh elektroluminiscenčních světelných vln v závislosti na frekvenci pro luminofor II



Obr. 13 Průběh elektroluminiscenčních světelných vln v závislosti na frekvenci pro luminofof III

center, schopných dávat emisi v různých spektrálních oblastech v závislosti na stupni ionizace centra. Průběh veličiny Δ při fotoelektroluminiscenci a měření rentgenoluminiscence podporují poslední uvedenou interpretaci. Emisní pásy s maximy 450 nm a 520 nm, jejichž bližší souvislost vyplývá z uvedených výsledků experimentů, přiřadíme jednomu luminiscenčnímu centru, emisní pásy 475 nm a 520 nm dvěma druhům luminiscenčních center. Ve fotoluminiscenčním spektru luminoforu II je emise v zeleném pásu o řád vyšší než v pásu modrém. Při současném buzení ultrafialovým zářením a elektrickým polem by se pravděpodobnost přímé přeměny zelených center s maximem 520 nm na modrá centra s emisním maximem 450 nm měla zvyšovat, což experiment potvrzuje (obr. 7). Jestliže modré luminiscenční centrum odpovídající za emisi s maximem 450 nm vzniká přeměnou zeleného centra s maximem 520 nm, potom i luminofor I, který má emisní pás s maximem 520 nm, musí při intenzivnějším buzení vyzařovat i v emisním pásu s maximem 450 nm v modré oblasti spektra, což bylo skutečně prokázáno při měření rentgenoluminiscenčních a rentgenofotoluminiscenčních spekter.

Naše spektrální měření podporují závěry R. Grassera a A. Scharmanna (2) pro luminiscenční centra sirníku zinečnatého aktivovaného mědí. Sirník zinečnatý aktivovaný mědí a manganem vyzařuje nezávisle na způsobu buzení pouze v jednom emisním pásu s maximem 580 nm. To nasvědčuje tomu, že mangan vytváří lokalizované centrum, což odporuje závěrům (2), ale je v soulase s pracemi (6), (16), (17) aj.

Závěr

Byla provedena spektrální měření luminiscence elektroluminiscenčních prášků ZnS—Cu a ZnS—Cu, Mn buzené ultrafialovým zářením, rentgenovým zářením, sinusovým napětím různé frekvence, současným působením rentgenového a ultrafialového záření a současným působením ultrafialového záření a sinusového elektrického pole. Dále byla provedena měření elektroluminiscenčních světelných vln a závislostí integrálních zářivostí na frekvenci. Na základě zkoumání souvislostí mez jednotlivými emisními pásy byly provedeny některé závěry o modrých a zelených luminiscenčních centrech sirníku zinečnatého aktivovaného mědí a luminiscenčních centrech sirníku zinečnatého aktivovaného manganem.

Závěrem děkujeme vedoucímu katedry experimentální fyziky a metodiky fyziky přírodovědecké fakulty University Palackého v Olomouci Prof. Dr. Josefu Fukovi za podporu při této práci, RNDr. Lubomíru Sodomkovi CSc za cenné podněty a připomínky, Ludvíku Ambrúzovi za úpravy experimentálních zařízení a Tomáši Vodičkovi za pomoc při zpracování výsledků.

LITERATURA

- [1] Dvořák L.: Luminescenční centra ZnS, In: Acta UPO, 27 (1968), 235.
- [2] Grasser R., Scharmann A.: Zs. für Phys., 189 (1966), 339.
- [3] Bancie-Grillot M., Grillot E.: Acta Phys. Pol., 26 (1964), 539.
- [4] Huzimura R.: J. Phys. Soc. Jap., 20 (1965), 1146.
- [5] Ostaszewicz E.: Acta Phys. Pol., 27 (1965), 263.
- [6] Ostaszewicz E.: Acta Phys. Pol., 27 (1965), 267.
- [7] Yabumoto T., Sugimoto H., Muto N.: J. Phys. Soc. Jap., 20 (1965), 2306.
- [8] Gurvič A. M., Iljina M. A.: Opt. i spektr., 17 (1964), 893.
- [9] Švec A., Mravínac J.: Přehled vývoje a výzkumu luminoforu ve VÚVET, In: Sborník ref. ze semináře o ZnS a CdS, VŠST Liberec, 1964, str. 144.
- [10] Dvořák L., Kupka Z., Sodomka L.: Čes. čas. fyz. (v tisku).
- [11] Vereščagin I. K.: Izv. AN SSSR, ser. fyz. 30 (1966), 628.
- [12] Henish K.: Electroluminescence, Pergamon Press, London 1962.
- [13] Kubátová J.: Nehomogenní elektroluminescence monokrystalů ZnS—Cu, Kand. disertační práce, ČSAV Praha 1965.
- [14] Wendel G.: Festkörperphysik, Berlin, Akademie-Verlag 1961, s. 361.
- [15] Balász I., Puskás L., Weiszburg J., Schanda J.: Festkörperphysik, Akademie-Verlag Berlin, 1961, s. 317.
- [16] Shionoya S., kol.: Studie luminescenčních center ZnS, ref. Intern. Conf. on Luminescence, New York 1961.
- [17] Curie D.: Acta Phys. Pol., 26 (1964), 613.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE SPEKTRALVERTEILUNG DER LUMINESZENZ DES ELEKTROLUMINESZENTEN ZINKSULPHIDE

LUBOMÍR DVOŘÁK, ZDENĚK KUPKA

An elektrolumineszenten ZnS—Cu und ZnS—Cu, Mn mit verschiedener Cu—Konzentration sind die Photolumineszenzspektren, Rentgenolumineszenzspektren, Rentgenophotolumineszenzspektren, Elektrolumineszenzspektren und Photoelektrolumineszenzspektren gemessen. Aus der Verteilung in die Emissionbände und aus den Zusammenhängen zwischen ihnen, sind die Abschlüsse von den Lumineszenzcentren ZnS gezogen.

РЕЗЮМЕ

СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО СУЛЬФИДА ЦИНКА

ЛУБОМИР ДВОРЖАК, ЗДЕНЕК КУПКА

На электролюминесцентных порошкообразных кристаллофосфорах сульфида цинка, активированного Cu и Mn с различной концентрацией, измерены фотолюминесцентные, рентгенолюминесцентные, рентгенофотолюминесцентные, электролюминесцентные и фотоэлектролюминесцентные спектры. Из распределения эмиссии в спектральные области и из связи между ними установлены заключения о люминесцентных центрах сульфида цинка.