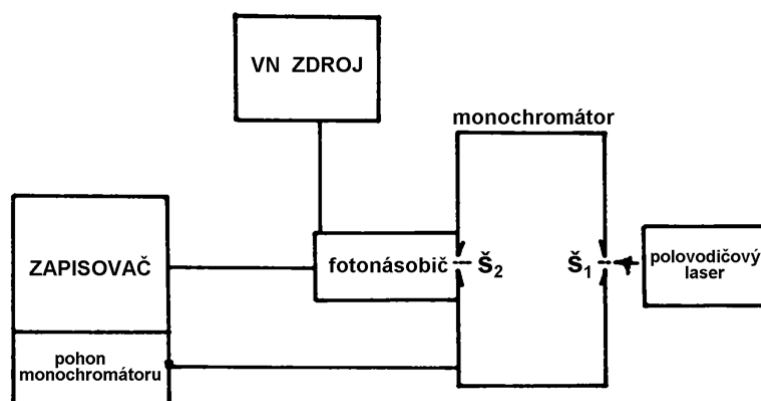


Experimentální uspořádání k měření emisních spekter

1. Blokové schéma



Obr. 7.2–3 Aparatura pro měření emisních spekter laserové diody

Blokové schéma aparatury na měření luminiscenčních spekter – spektrofleurimetru – je na obr. 7.2–3. Analyzované světlo (v našem případě z laserové diody) dopadá na vstupní štěrbinu \check{S}_1 monochromátoru. Monochromátorem spektrálně rozložené luminiscenční záření dopadá po průchodu výstupní štěrbinou \check{S}_2 na fotokatodu fotonásobiče. Signál z fotonásobiče je veden na zapisovač, který současně slouží jako pohonná jednotka k rovnoměrnému a plynulému otáčení disperzního elementu monochromátoru (hranol, mřížka). Vysoké napětí pro fotonásobič dodává příslušný VN zdroj. Uvedené uspořádání představuje nejjednodušší způsob fotoelektrické registrace luminiscenčního spektra (tzv. stejnosměrná či *DC* metoda).

2. Činnost fotonásobiče

Fotonásobič je nejcitlivější detektor světla. Princip činnosti fotonásobiče je vyloučen v odst. 7.3 části I. Používá se k detekci slabých světelných toků. V této úloze není použití fotonásobiče nezbytné, neboť záření polovodičového laseru je relativně velmi intenzivní. Bylo by možno užít i méně citlivých detektorů (např. fotodiody). Z důvodu zachování univerzálnosti celé aparatury však použijeme fotonásobiče. Protože je záření polovodičového laseru dostatečně intenzivní, zvolíme přiložené napětí poměrně malé ($\sim 500 - 800\text{V}$) a štěrby monochromátoru velmi úzké (řádově 0.01 mm).

3. Monochromátor (odst. 6.5 části I)

U úlohy je použit monochromátor SPM 2 firmy Carl Zeiss-Jena. Jako disperzní prvek lze v něm použít jak hranol, tak i mřížku. Jako vstupní i výstupní kolimátor slouží vnitřní parabolické zrcadlo s ohniskovou vzdáleností $f = 40\text{ cm}$. Disperzní prvek je umístěn na stolku otočném kolem svislé osy a při rotaci „přejíždí“ vzniklé spektrum přes výstupní štěrbinu, za níž je umístěn fotonásobič.

Teorie monochromátoru ukazuje, že optimálního zobrazení je v případě rovnosti ohniskových délek obou kolimátorů (naš případ) dosaženo při rovnosti šířek obou

štěrbín. Proto je u monochromátoru SPM 2 šířka vstupní a výstupní štěrby stejná a plynule nastavitelná v rozsahu 0 – 1.5 mm. Na čelní stěně monochromátoru se na matnici promítá stupnice. Je možno provádět jak korekci stupnice (tj. kalibraci monochromátoru), tak i její zaostření. Vztah mezi údaji na stupnici a nastavenou vlnovou délkou udává kalibrační křivku monochromátoru.

Disperzní vlastnosti monochromátoru lze charakterizovat veličinou lineární disperze $D_x(\lambda)$ (viz vztah (6.23) v odst. 6.5), případně *inverzní (reciprokou) lineární disperzí* $S(\lambda) = 1/D_x(\lambda)$, uváděnou obvykle v jednotkách [nm/mm]. Veličina $S(\lambda)$ udává, jak velký interval vlnových délek $\Delta\lambda$ je zobrazen na úsečce délky 1 mm v ohniskové rovině kolimátoru. Úsečka je kolmá k paprsku a ke svislým břitům štěrby. Pak lze také definovat tzv. spektrální šířku štěrby

$$b_{sp} = b \cdot S(\lambda) \text{ [nm]} \quad (5)$$

danou součinem geometrické šířky štěrby b [mm] a inverzní lineární disperze S . Veličina b_{sp} udává skutečný interval vlnových délek, který vystupuje štěrbinou o šířce b . Tuto veličinu je na monochromátoru SPM 2 možno odečíst porovnáním pevné a promítnuté stupnice.

Protože úhlová disperze hranolu s rostoucí vlnovou délkou klesá, mění se při pevné geometrické šířce štěrby b spektrální šířka štěrby b_{sp} a při rovnoměrném otáčení hranolu též rychlost snímání spektra. Stupnice vlnových délek získaného spektra je tudíž *nelineární*. Úhlová disperze mřížky nezávisí na vlnové délce, spektrální šířka štěrby b_{sp} se tudíž při snímání spektra nemění a stupnice vlnových délek je při použití mřížky *lineární*.

4. Ovládání aparatury.

Po zapnutí aparatury (monochromátor, zdroj fotonásobiče a zdroj krokového motoru) zapneme počítač. Spustíme program MONOCHROMÁTOR příkazem GAAS.BAT z adresáře I:\APPRAK\

Hlavní menu programu obsahuje následující položky, jejichž postupné plnění odpovídá pracovnímu postupu měření.

1. Kalibrace krokového posunu monochromátoru.

Pomocí kláves \leftarrow a \rightarrow (resp. Ctrl \leftarrow a Ctrl \rightarrow) najedeme na polohu 17,0 dílků na stupnici monochromátoru. Po tomto nastavení ukončením klávesou Enter bude počítač posouvat monochromátorem až k hodnotě 21,0 dílků. Při průchodu dílkem 0,1 zastavíme posuv klávesou **Enter**. Počítač nás v tuto chvíli požádá o zadání aktuální pozice na stupnici monochromátoru. Výsledkem této kalibrace je tabulka hodnot počtu kroků a jím příslušejících dílků stupnice monochromátoru. Tato data budou uložena v souboru **KALIB.DAT**. Lineární regresí zjistíme kolika krokům posunu monochromátoru odpovídá 1 dílek na stupnici monochromátoru.

2. Nastavení jednotlivých částí aparatury

Tato volba slouží k nastavení všech parametrů aparatury tak, aby bylo načteno ideální spektrum. Po najetí na místo s nulovou světelnou intenzitou např. u dílku 17.0 nastavíme pomocí offsetu nulovou hladinu. Velikost relativní světelné intenzity je zobrazena procentuálně v podobě sloupce. Pak pomocí kurzorových šipek najdeme místo maximální relativní světelné intenzity

(např. pro Hg výbojku poblíž 17.60, 18.19 nebo 20.27) a nastavíme vhodnou vstupní a výstupní šterbinu, popř. zesílení tak, aby později načtené spektrum mělo vhodnou velikost.

3. Kalibrace monochromátoru pomocí Hg výbojky

Nastavíme polohu 17.00 pomocí kurzorových šipek, potvrdíme klávesou **Enter**. Počítač načítá hodnoty světelné intenzity z fotonásobiče. Naměřená data jsou vynášena do grafu. Na závěr jsou data uložena do souboru **HG_LAMPA.DAT** (souřadnice x jsou dílky monochromátoru, y je rel. svět. intenzita 0 – 255).

4. Studium emisních spekter

Načítání jednotlivých spekter dle volby napájecího proudu. Dle odstavce 2 nastavte při proudu 118 mA jednotlivé součásti aparatury. V případě, že intenzita signálu bude pro menší hodnoty napájecího proudu malá, měřte při větším zesílení. Na změnu zesílení nezapomeňte při zpracování. Data se ukládají do souborů **EM.SPXX.DAT** (XX _hodnota proudu)

5. Načtení modové struktury laseru

V poloze již zjištěného spektrálního maxima seřídíme aparaturu dle bodu 2. Pak proměříme modovou strukturu použitého polovodičového laseru (obdobné jako měření emisních spekter). Data nalezneme v souboru **MODY.DAT**. Nemusí měřit posluchači učitelského zaměření.

6. Aktuální graf / Uložení dat

Grafy si lze prohlédnout a uložit hned po jejich naměření nebo je možné touto volbou uložit znova např. na jiný disk.

7. Cíl ukládání

Experimentální data lze ukládat buď na disk **A:** \ (disketa 3,5") nebo na **H:** \ (síťový disk).

5. Pokyny pro vypracování.

Studovaný laser je laser s dvojitou heterostrukturou z materiálu GaAs/GaAlAs a pracuje v kontinuálním (tj. nikoli pulsním) režimu. Laser je výrobcem dodáván s krátkým optickým vláknem vyvádějícím emitované záření pro komunikační účely. Vláknem je pevně napojeno k jednomu čelu laseru. Ke druhému čelu krystalu s $P-N$ přechodem je umístěna a společně s krystalem zapouzdřena fotodioda 1 PP 75 sloužící ke sledování vyzařovaného výkonu. Tento celek je pro účely fyzikálního praktika zabudován (obr. 7.2–4) i s ochranným odporem R_{och} (polovodičový laser nepředstavuje z elektrického hlediska nic jiného nežli polovodičovou diodu pólovanou v propustném směru!) v krabičce, která obsahuje elektrické vývody pro napájení laseru, připojení galvanoměru k monitorující fotodiodě a připojení voltmetru měřícího napětí na laseru. Kromě toho je vyveden konec optického vlákna.

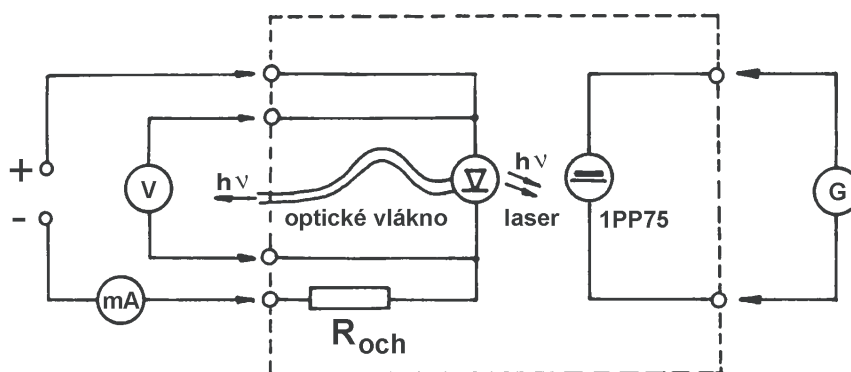
Stimulovaná emise GaAs/GaAlAs laseru leží u $\lambda \sim 810$ nm, tedy mimo viditelnou oblast; krátkovlnná část spontánního spektra však zasahuje až do viditelné oblasti a chceme-li se vizuálně přesvědčit, že laserová dioda svítí, přiložíme bílý list papíru

ke konci optického vlákna (vnější světlo nutno ztlumit, resp. zhasnout). Spatříme temně rudou skvrnu.

! POZOR !
JE NEPŘÍPUSTNÉ HLEDĚT OKEM PŘÍMO
DO VÝSTUPU Z OPTICKÉHO VLÁKNA !
MOHLO BY DOJÍT K VÁŽNÉMU POŠKOZENÍ SÍTNICE !
Chraňte své zdraví !

Postup měření

1. Úkol 1 měřte v zapojení dle obr. 7.2–4. K napájení laseru použijte stabilizovaný ss zdroj. Čerpací proud je řádově 10–100 mA; přesně stanovený proudový rozsah pro měření charakteristik je uveden v pokynech přímo u úlohy.



Obr. 7.2–4 Schéma zapojení laserové diody

Laserová dioda je velmi citlivá na proudové přetížení. Abyste předešli jejímu zničení proudovým nárazem, zapínejte a vypínejte ss zdroj jen při zcela staženém napětí. Při měření *nesmí proud laserem v žádném případě překročit maximální hodnotu uvedenou v pokynech u úlohy!*

Při měření postupujte pomalu a ponechte vždy čas ke stabilizaci teploty laseru - laserová dioda se zahřívá procházejícím proudem a charakteristiky jsou teplotně závislé. K měření proudu poskytovaného monitorující fotodiodou 1 PP 75 použijte galvanoměr MG 5, jako voltmetru a miliampermetru použijte digitální multimetry.

2. Při měření úkolu 3 ponechte zapojení z úkolu 1. Volte napětí na fotonásobiči 800 V, štěrbinu monochromátoru cca $b = 0.2$ mm. Výstup optického vlákna umístěte ke vstupní štěrbině monochromátoru, k případnému zeslabení laserového záření použijte matnici. Začněte s měřením při maximálním doporučeném proudu a postupně jej snižujte na doporučované hodnoty dle pokynů u úlohy.
3. K úkolu 4: Při měření s vyšším spektrálním rozlišením (užší štěrbinou, $b \approx 0,01$ mm) lze zjistit, že emisní spektrum kvalitního polovodičového laseru má namodulovanou jemnou strukturu – podélné módy laserového rezonátoru, viz obr.

7.2–2. Jejím vyhodnocením se můžete pokusit určit délku laserového resonátoru pomocí vztahu (4b). Grupový index lomu aktivní oblasti polovodičového laseru (GaAs) $N_g = 4,5$.

4. K úkolu 5: Výkonovou účinnost stanovíte dle (1) z charakteristik naměřených v úkolu 1, jestliže určíte zářivý tok Φ_e ve wattech pomocí přibližné kalibrace udané výrobcem (v pokynech u úlohy).

Literatura

- [1] J. Mišek, L. Kratěna: Optoelektronika. Populární přednášky o fyzice sv. 29, SNTL, Praha 1979.
- [2] B. E. A. Saleh, M. C. Teich: Základy fotoniky, svazek 3. Matfyzpres 1994.
- [3] J. Mišek, L. Kučera, J. Kortán: Polovodičové zdroje optického záření, SNTL, Praha 1988.