



VLASTNOSTI SESTAVY:

- ✓ Obsáhlý výukový a cvičební manuál
- ✓ Komponenty zapojené do stojanu
- ✓ Bezpečné konektory

URČENO PRO:

- ✓ Technické univerzity
- ✓ Vzdělávací instituce různých stupňů
- ✓ Fyzikální ústavy

Nová generace opticky vláknových přenosových systémů využívající techniku vlnového multiplexování/demultiplexování se objevila v 90. letech 20. století. Podstatou této metody je současný přenos více vlnových délek (kanálů) po jednom optickém vlákně, čímž se docílí zvýšení přenosové kapacity daného přenosového média.

Tato WDM výuková sestava (WDM vlnové multiplexování) ve spojení s EDFA výukovou sestavou (Erbium dotovaný vláknový zesilovač a vláknový laser) poskytuje uživateli experimentální studium chování EDFA zesilovače pracujícího ve vícekanálovém režimu. Připojením optického cirkulátoru a FBG mřížky k sestavě lze vytvořit Add/Drop multiplexer, OADM.

V řadě praktických úloh tak má uživatel možnost se seznámit nejen se základními vlastnostmi komponent potřebných ke složení vícekanálového WDM EDFA zesilovače či Add/Drop multiplexeru, ale může si prohloubit získané znalosti pomocí složitějších a komplexnějších teoretických i praktických úloh.

VÝUKOVÁ SADA OBSAHUJE:

- | | |
|---|---|
| DFB laserové diody @ 1535, 1543, 1550 a | |
| 4 1560 nm, 1 mW, CW nebo analogová modulace (100 kHz) | 6 Patchcord s E2000/APC Diamond konektory |
| 1 Optický izolátor | |
| 1 Optovláknový vazební člen 1x4 | |

NADSTAVBA : K sestavě je možné připojit optický cirkulátor a FBG mřížku k sestavení optického Add/Drop multiplexeru OADM

UŽIVATELSKÝ MANUÁL:

Výukový soubor je doplněn obsáhlým a detailně zpracovaným manuálem pro teoretické i praktické seznámení s danou problematikou.

Každý manuál obsahuje teoretickou část a praktickou část. První část manuálu je zaměřená na detailní teoretický popis dané problematiky s potřebným matematickým aparátem pro náročnější uživatele. Jednotlivé kapitoly jsou rovněž doprovázeny grafickým přílohami pro snazší pochopení daného problému. K ověření a procvičení získaných znalostí daného tématu je určen závěr teoretické části manuálu.

Druhá část se věnuje praktickému využití výukové sestavy prostřednictvím několika experimentálních úloh v návaznosti na jednotlivé kapitoly předchozí odborné části.

STRUKTURA MANUÁLU:

Jelikož je WDM výuková sada určena pro rozšíření funkcí a možností výukové sady pro studium erbiem dotovaného vláknového zesilovače a laseru, je část obsahu obou výukových sestav společná.

- **Teoretická část**
 - Optická vlákna a pasivní komponenty
 - Optické vlastnosti materiálu
 - Spektrální vlastnosti erbia
 - Erbiem dotovaný vláknový zesilovač
 - Superfluorescentní zdroje
 - Erbiem dotovaný vláknový laser
 - Vlnové multiplexování, WDM
 - Teoretická cvičení

- **Praktická část**
 - Praktická cvičení

TEORETICKÁ ČÁST:

Optická vlákna a pasivní komponenty

Tato část manuálu je věnována základním pojmům týkajících se optických vláken. Po stručném popisu optického vlákna, je podán výklad principu přenosu optického záření v optickém vlákne pomocí geometrické optiky. Následuje analýza šíření optického záření v optickém vlákne se skokovou změnou indexu lomu a s gradientní změnou indexu lomu.

Dále zde jsou vysvětleny dva významné fenomény ovlivňující výrazně výkonnost přenosového systému a to útlum a disperze. Na závěr je popsán proces výroby optického vlákna.

V části věnované pasivním komponentám je zdůrazněn popis především těch komponent, které naleznou uplatnění v aplikacích pro telekomunikační průmysl. Nejprve je osvětlena teorie vazby vidů a poté je popis zaměřen na vysvětlení funkce některých pasivních komponent s příklady jejich použití v praxi. Těmito komponentami jsou vláknové vazební členy, vlnové multiplexery, optické izolátory a Braggovské mřížky.

Optické vlastnosti materiálu

V kapitole věnované teoretickému popisu optických vlastností materiálů je nejprve vysvětlena podstata tří základních vlastností a to absorpce, spontánní emise a stimulované emise. Na základě těchto jevů je popsán princip optického zesilování, zesílené spontánní emise a jevů limitující populační inverzi. Závěr kapitoly se soustřeďuje na vysvětlení obecných parametrů zesilovače jako je koeficient zisku či jeho saturace.

Spektrální vlastnosti erbia

V této kapitole je uživatel seznámen se základními spektrálními vlastnostmi iontů erbia, kterými se dotují optická vlákna používaná v optických EDFA zesilovačích. Mezi tyto vlastnosti patří zejména energetické úrovně, emisní a absorpční spektrum iontů erbia.

Erbiem dotovaný vláknový zesilovač

Podstatou této kapitoly teoretické části manuálu je nejenom přiblížit uživateli princip funkce erbiem dotovaného vláknového optického zesilovače, jeho složení, způsoby vnitřního uspořádání, ale i poskytnout mu porovnání teoretických výsledků modelu zesilovače s naměřenými výsledky zesilovače obdobných vlastností.

Superfluorescentní zdroje

Ve výše zmíněné kapitole zaměřené na EDFA se uživatel dozvěděl, že za určitých podmínek se čerpané erbiem dotované vlákno chová jako 1,55 μm signální zesilovač. Je zajímavé, že stejné optické vlákno se v nepřítomnosti externího signálu injektovaného do optického vlákna chová jako světelný zdroj. Tyto zdroje jsou známy pod pojmem superfluorescentní vláknové zdroje.

Tato kapitola detailně popisuje princip takovýchto zdrojů, různá vnitřní uspořádání nutná k jejich realizaci, modely výstupního výkonu v závislosti na parametrech jako čerpací výkon, délka vlákna. Na závěr je uživateli poskytnuto porovnání s křivkami získanými z experimentálních měření.

Erbiem dotovaný vláknový laser

Pokud je stejné obohacené optické vlákno umístěno v rezonanční dutině mezi dvě zrcadla, vytvoří se tak erbiem dotovaný vláknový laser. Ke studiu tohoto typu laseru naleznou uživatel v této kapitole informace o principu laseru, vnitřním uspořádání, spektrálních vlastnostech rezonanční dutiny, aj.

Vlnové multiplexování, WDM

Tato kapitola je zaměřena na studium principu vlnového multiplexování WDM. Seznámí uživatele s požadavky, které jsou kladeny na jednotlivé komponenty optické přenosové trasy využívající WDM techniky a způsoby realizace multiplexeru/demultiplexeru. Zároveň mu poskytne vysvětlení principu a funkce optického OADM multiplexeru a vliv GFF filtru na parametry EDFA zesilovače ve WDM režimu. Závěr kapitoly se zabývá analýzou vlivu počtu současně přenášených vlnových délek (kanálů) na chování optického EDFA zesilovače.

TEORETICKÁ CVIČENÍ:

Závěr teoretické části manuálů je věnován procvičení výše zmíněných kapitol pomocí jednoduchých i komplexních početních úloh. Struktura teoretických úloh umožní uživateli lépe pochopit danou problematiku.

Struktura příkladů a teoretických cvičení

- Zadání úlohy
- Otázky k dané úloze
- Potřebný teoretický aparát
- Výsledky cvičení:
 - Vypočtené výsledky
 - Grafický výstup, je-li vyžadován
 - Odpovědi na položené otázky

Seznam témat teoretických cvičení:

Jelikož je WDM výuková sada určena pro rozšíření funkcí výukové sady pro studium erbiem dotovaného vláknového zesilovače a laseru, je část obsahu obou výukových sestav společná.

Optický zesilovač

- Studium zesilujícího média
- Výpočet vlastností čerpací pumpy
- Výpočet klíčových parametrů zesilovače

PRAKTICKÁ CVIČENÍ:

Druhá část výukového souboru je zaměřena na praktické využití výukové sestavy prostřednictvím několika experimentálních úloh v návaznosti na kapitoly předchozí odborné části. Pomocí návodu k úloze, propojovacích optických kabelů a komponent daného výukového souboru je umožněno uživateli realizovat různé sestavy, zapojení či měření tak, aby si mohl ověřit znalosti získané ze studia teoretické části manuálu dané problematiky.

Uživatel není omezen pouze na experimenty uvedené v manuálu, ale může vzájemně propojovat komponenty i jiných výukových souborů a tím vytvářet složitější celky, na kterých bude provádět měření.

Pro ověření správnosti naměřených a vypočtených dat každé úlohy je součástí praktické části manuálu i kompletní souhrn výsledků a měření. Tyto výsledky uživateli umožní snadno a rychle odhalit chybu zapojení, případně vadnou komponentu.

Struktura úlohy

- Potřebná aparatura pro uskutečnění úlohy
- Cíle experimentu
- Připomenutí, shrnutí základních poznatků k dané úloze, teoretické shrnutí
- Popis nastavení úlohy, postup
- Výsledky úlohy:
 - Naměřené a vypočtené výsledky
 - Grafický výstup, je-li vyžadován
 - Závěr a zhodnocení úlohy

Seznam praktických úloh

1. Charakteristika laserových diod

Úloha je zaměřena na měření a porovnání charakteristik různých DFB laserů.

2. Studium charakteristik pasivních komponent

K realizaci vícekanálového přenosového systému je nutné znát parametry komponent, které tuto funkci zajišťují - multiplexeru/demultiplexeru, optického izolátoru a vazebních členů. Předmětem tohoto experimentu je stanovení klíčových parametrů těchto komponent.

3. Realizace funkce Add/Drop (nadstavba)

Nadstavbou WDM výukové sestavy jsou komponenty umožňující realizaci optického OADM multiplexeru, který je schopen přidat nebo vydělit specifický kanál(y) z celého WDM systému. Uživatel si může díky tomuto experimentu ověřit znalosti získané ze studia teoretické části manuálu. Kromě vlastností celého multiplexeru lze studovat a měřit charakteristiky jednotlivých částí multiplexeru – optického cirkulátoru a FBG mřížky.

4. Studium chování zesilovače v závislosti na počtu vstupních kanálů

Spojením WDM sestavy s EDFA sestavou (erbiem dotovaný vláknový zesilovač) je možné pozorovat chování optického zesilovače v závislosti na různých vstupních vlnových délkách a na jejich počtu. Lze tak studovat chování WDM EDFA zesilovače.