

Izvještaj s druge laboratorijske vježbe iz
predmeta:

Optički komunikacijski sustavi

**student: Jelena Mirošević
0036414971**

Uvod

U drugoj laboratorijskoj vježbi upoznali smo se sa Erbije dopiranim svjetlovodnim pojačalom (EDFA) i sa svjetlovodnom Braggovom rešetkom (FBG).

Prvi dio vježbe služio je za upoznavanje sa erbije dopiranim svjetlovodnim pojačalom. Upoznali smo se sa principom rada takvog pojačala. Mjerenjem karakteristike izlaza pojačala upoznali smo se sa njegovim parametrima i mogućnostima, kao i sa nedostacima.

Drugi dio vježbe obuhvaćao je rad sa Braggovom rešetkom. Ispitivali smo karakteristike transmisije i refleksije, te smo pri tome uočili kako takvu rešetku možemo poboljšati, te što sve utječe na samu karakteristiku.

1. Erbije dopirano svjetlovodno pojačalo (EDFA)

Princip rada optičkih pojačala

Optička pojačala imaju za zadaću pojačati signal u optičkoj domeni, a s obzirom na primjenu, postoji više načina spajanja istih. U našem slučaju, želimo pojačati snagu odašiljačkog signala iza odašiljača kako bismo postigli predajnik velike snage. Način spajanja koji je povoljan za naš slučaj prikazan je na slici 1.



Slika 1.: Optičko pojačalo prije vlakna – pojačalo snage.

Slika 1. ujedno prikazuje i realnu situaciju kada je signal potrebno pojačati prije nego ga pošaljemo korisniku, budući da je nepraktično postavljati ga negdje duž trase ili neposredno prije korisnika.

Dopirana pojačala su optička pojačala koja koriste dopirani svjetlovod kao aktivno sredstvo u kojem se odvija pojačanje signala. Dopandi određuju valne duljine koje će pojačavati. U našem slučaju koristimo erbije dopirano svjetlovodno pojačalo, a on se koristi za pojačanje na 1550nm, te radi u III. komunikacijskom prozoru. Ideja je da upadni foton pobuđuje molekule koje prelaze iz osnovnog u više energetske stanje, tamo se kratko zadržava i potom prelazi u niže energetske stanje. Prilikom prelaska u niže energetske stanje, dolazi do spontane emisije. Pobuđivanjem iona različitim valnim duljinama ostvarujemo inverziju naseljenosti na određenim energetskim nivoima. Za ostvarivanje pojačala u III. komunikacijskom prozoru pumpa se sa valnim

duljinama 980nm i 1480nm. Pumpanje se može realizirati prema naprijed ili prema natrag. Kako radimo sa malim signalima, zapravo je svejedno koje od pumpanja koristimo, a mi smo se odlučili za pumpanje u naprijed.

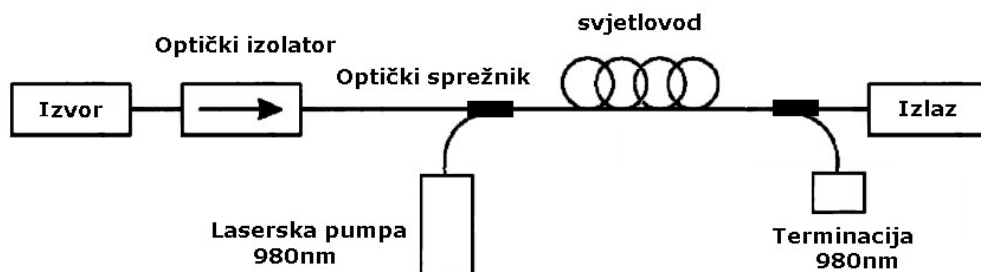
Ideja/zadatak

Koristeći dostupnu opremu potrebno je bilo ispitati pojačalo u radu. Potrebno je bilo složiti svjetlovodno pojačalo s pumpanjem prema naprijed, te pomoću realiziranog pojačala pojačati signal jednomodnog lasera male snage.

Snimili smo spektralnu karakteristiku pojačala u dva slučaja: pumpanje na 20mW i pumpanje sa 60mW.

Korištena oprema

Za prvu vježbu ispitivanja EDFA koristili smo opremu prikazanu na slici 2. Shema je nešto pojednostavljena s obzirom kako se inače koristi, naime između optičkog sprežnika (terminacije) i prijamnika koristi se dodatni optički izolator i optički filter. U našem slučaju s obzirom da imamo jednomodni laser, optički filter nije potreban. Drugi optički izolator nije potreban jer smo naš izvor –laser zaštitili prvim izolatorom, a signal koji se reflektira ne utječe na rad pumpe, a izvoru ne može smetati jer je već zaštićen.

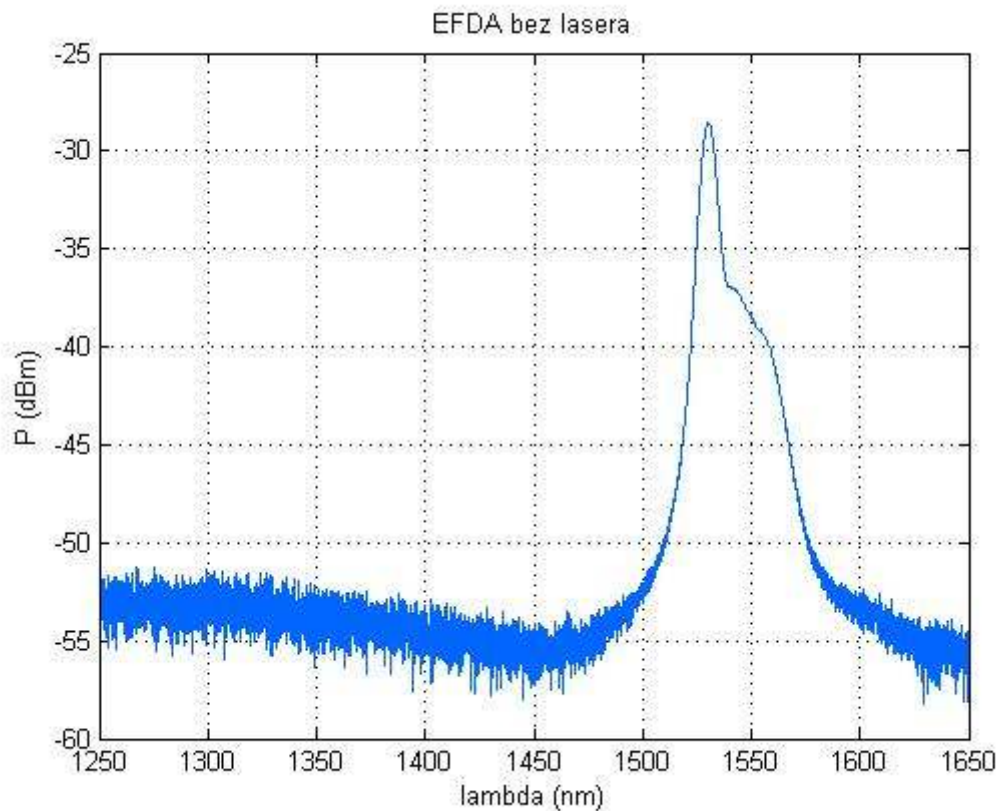


Slika 2.: Shema za rad na vježbi – pumpanje prema naprijed.

Izvor je u našem slučaju bio jednomodni laser na 1550nm. Posljednji blok sa slike 2. –izlaz, spojili smo na spektralni analizator kako bismo mogli snimiti potrebne spektralne karakteristike.

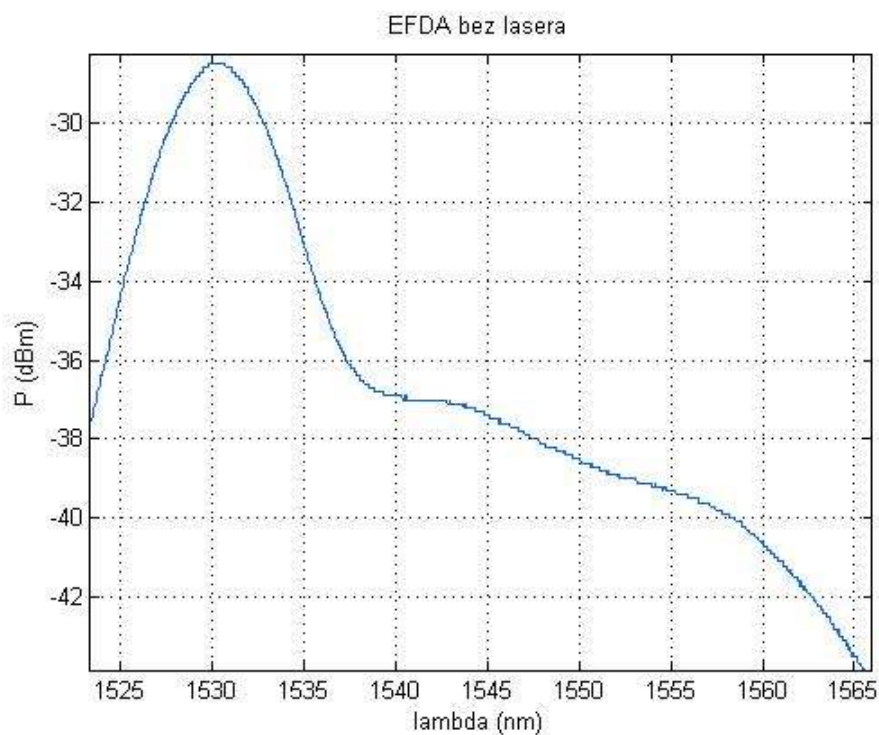
Mjerenja, rezultati i zaključci

Za snimanje karakteristike pojačala nismo koristili laserski izvor. EDFA pojačalo smo direktno spojili na spektralni analizator. Slika 3. prikazuje ono što smo dobili na zaslonu spektralnog analizatora.



Slika 3.: Karakteristika EFDA pojačala, bez lasera.

Iz karakteristike možemo vidjeti kako do 1550nm detektiramo samo šum, a tek nakon tih valnih duljina detektiramo skok, no već oko 1555nm opet imamo samo šum. Zoomiranjem skoka dobijamo iduću sliku na kojoj je bolje prikazana karakteristika.

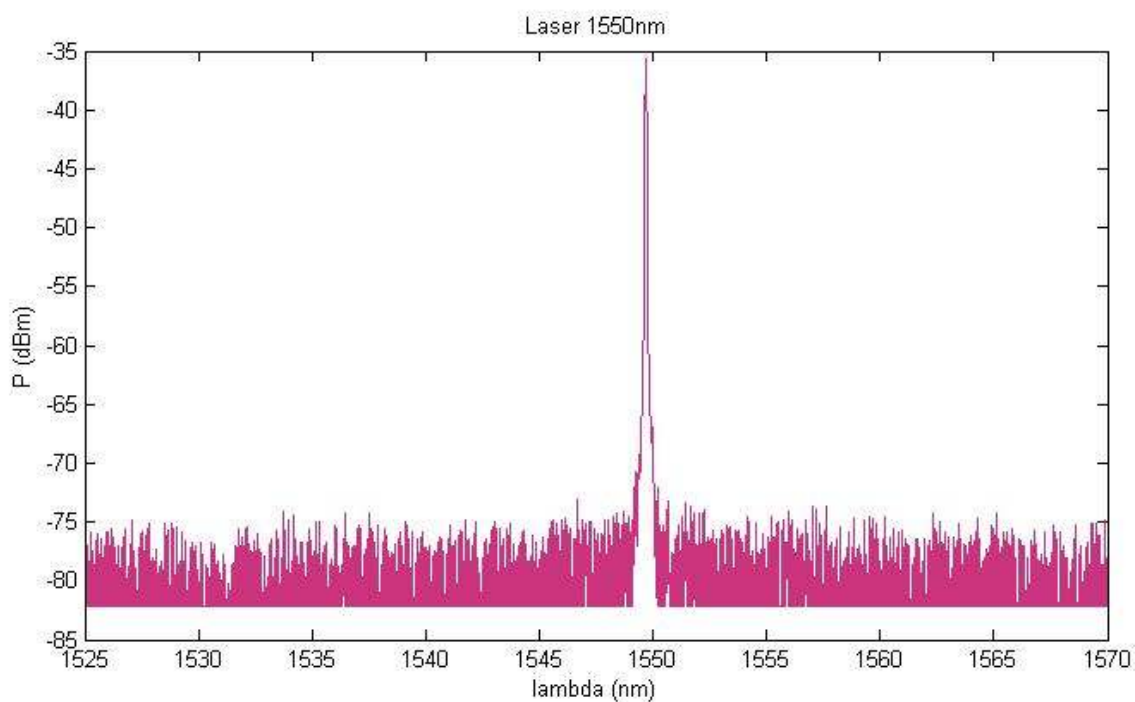


Slika 4.: Zoomirana karakteristika EFDA pojačala.

Iz karakteristike se jasno može očitati maksimalna emisija (maksimalno nadvišenje) na valnoj duljini 1530nm. Taj dio karakteristike se uglavnom izbjegava, jer ne pojačava sve frekvencije jednako. Početni dio karakteristike pojačala koristi se u kombinaciji sa filtrima koji imaju karakteristiku suprotnu prijenosnoj, imaju pad, te se tako osigurava jednoliko pojačanje svih frekvencija. Najčešće se koristi dio karakteristike koji je gotovo linearan (oko 1550nm), jer taj dio jednoliko pojačava sve frekvencije, a to je upravo ono što nam je i potrebno.

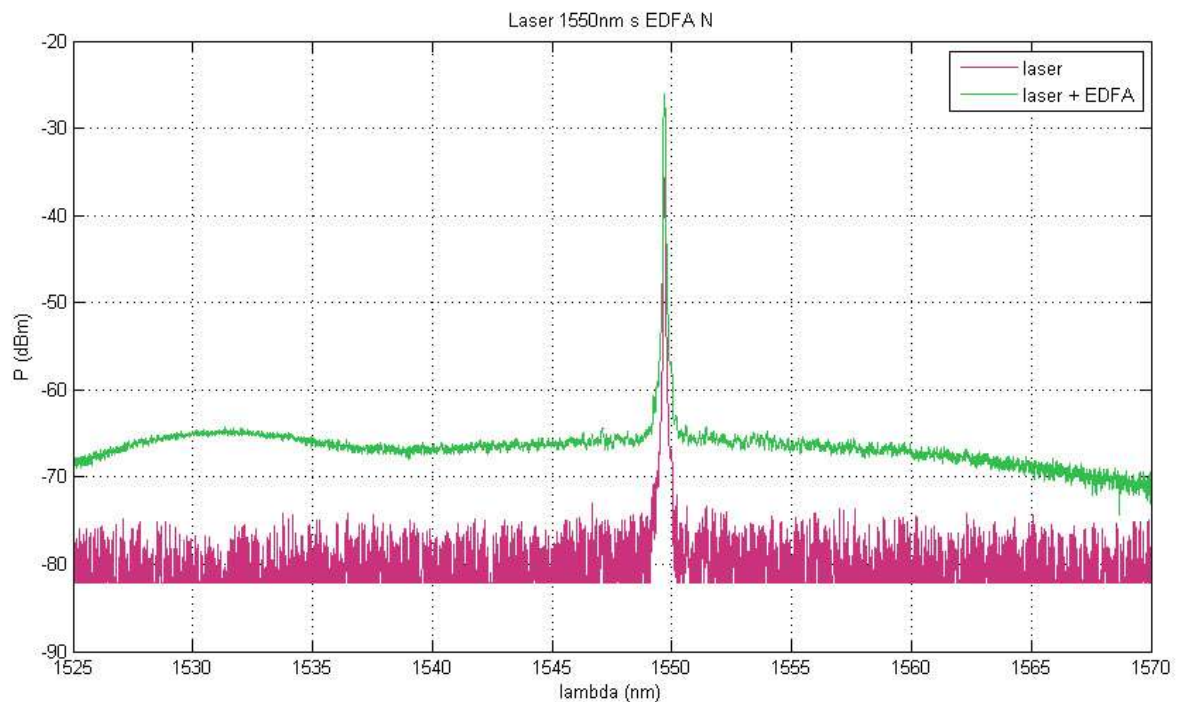
Budući da prilikom ovog mjerenja nismo imali nikakav izvor uključen, zaključujemo kako smo izmjerili samo šum uzrokovan spontanom emisijom. Naš korisni signal koji ćemo kasnije dodati, samom će se "zalijepiti" na ovu karakteristiku.

Nakon snimanja karakteristike, upalili smo naš izvor LD laser koji će nam dati koristan signal. Karakteristika lasera prikazana je na slici 5.



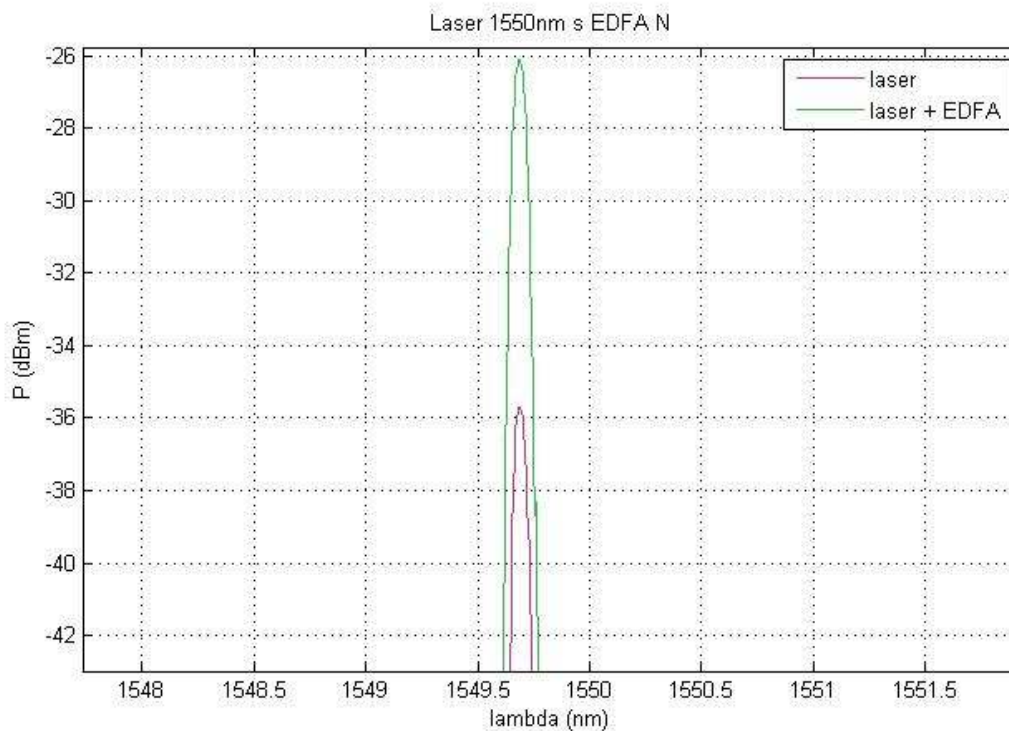
Slika 5.: Karakteristika LD lasera kojeg koristimo kao izvor.

Signal smo propustili kroz naše pojačalo i dobili karakteristiku koja je prikazana na idućoj slici. Na slici 6. prikazane su dvije karakteristike, jedna kao što je već prikazano na slici 5. koja predstavlja laser, dok je druga ono što dobijemo na zaslonu na prijemu, nakon što nas signal prođe kroz pojačalo. Vidimo da se dogodilo upravo ono što je prije spomenuto. Naš signal je "zalijepljen" na signal karakteristike EDFA pojačala.



Slika 6.: Karakteristike samog lasera i prikaz signala na prijamniku, na izlazu iz EDFA.

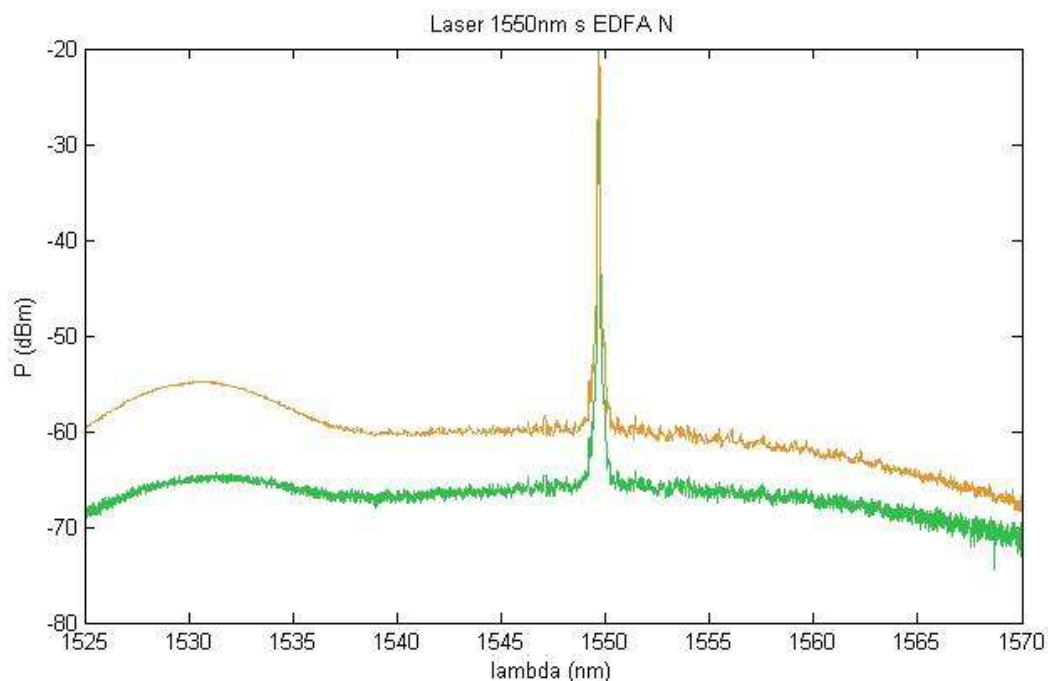
Razlika između ova dva signala predstavlja upravo pojačanje našeg pojačala. Razliku očitavamo u *peaku*, a za to je potrebno graf malo *zoomirati* kako bi smo mogli što točnije to očitati.



Slika 7.: Zoomirana slika 6 radi očitavanja pojačanja.

Kao što se može vidjeti iz slike, jedan *peak* imamo na -26dBm, a drugi u skoro -36dBm, što nam donosi pojačanje od 10dB. Ovo prilično dobro pojačanje možemo zahvaliti spontanoj emisiji koju uzrokuje naša pumpa pa se na tako stvoreni šum superponira naš signal i tako pojača.

Napravili smo dva mjerenja, jedno sa pumpanjem na 20mW, te drugo sa pumpanjem na 60mW, a dvije dobivene karakteristike prikazane su na slici 8.



Slika 8.: Pumpanje na 20mW i na 60mW.

Prednost optičkih pojačala zasigurno je jednostavna i jeftina izvedba, ali i činjenica da u ovakvom slučaju ne postoji optoelektronična pretvorba, što pojednostavljuje izvedbu i uklanja mogućnost stvaranja neželjenih šumova.

Glavni nedostatak EDFA pojačala je činjenica da radi samo u tom prozoru, a za rad na nekoj drugoj valnoj duljini potrebno je koristiti optička pojačala dopirana nekim drugim elementima. Za korištenje Ramanovog efekta pumpa treba veliku snagu, možemo čak reći preveliku, što za konektore može biti kritično. Uslijed velike snage, dolazi do zagrijavanja, pa konektor može izgoriti.

2. Svjetlovodne Braggove rešetke (FBG)

Princip rada Braggove rešetke

Braggova rešetka koristi se kao spektralni filter, a radi na principu refleksije. Braggova rešetka ima periodičku promjenu indeksa loma jezgre svjetlovoda, te određene valne duljine reflektira, a sve ostale prenosi bez promjene. Indeks loma ponavlja se na udaljenosti λ . Prilikom obasjavanja svjetlovoda širokopoljnim izvorom, zrake reflektirane od slojeve različitog indeksa loma međusobno interferiraju. Pozitivnu interferenciju ćemo imati u koliko su reflektirane zrake u fazi. Rešetke tipično imaju sinusoidne modulacije indeksa loma.

Teoretski, reflektirani spektar Braggove rešetke sastoji se od samo jedne valne duljine, no u praksi (kao što ćemo i prikazati) sastoji se od uskog spektra oko Braggove valne duljine. Širina tog spektra ovisi o parametrima same rešetke.

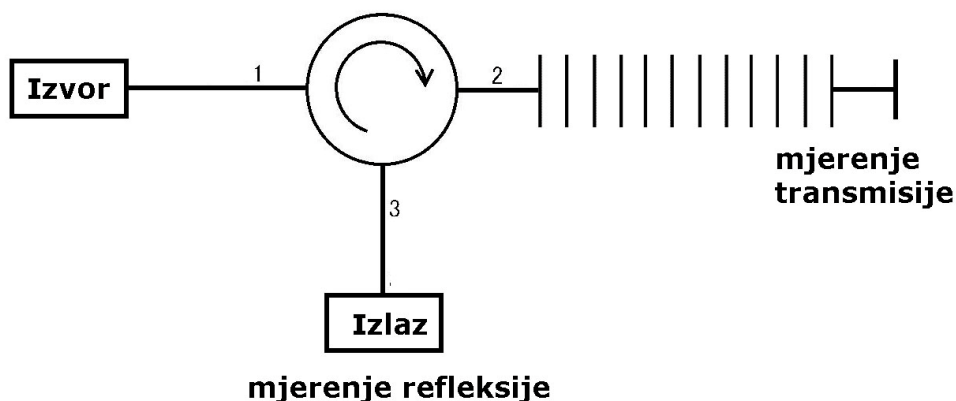
Ideja/zadatak

U drugoj vježbi potrebno je bilo osmisliti način spajanja cirkulatora sa Braggovom rešetkom, te na kojem kraju cirkulatora treba smjestiti ulaz, rešetku, te gdje ćemo vršiti mjerenja transmisije, a gdje refleksije.

Korištena oprema

U ovom mjerenju koristit ćemo dva izvora, jedan za dobivanje karakteristike rešetke, te drugi kako bi izmjerili refleksiju. Bitno je da nam za dobivanje karakteristike treba širokopoljasi signal.

Shema opreme korištene u ovoj vježbi prikazana je na slici 9.

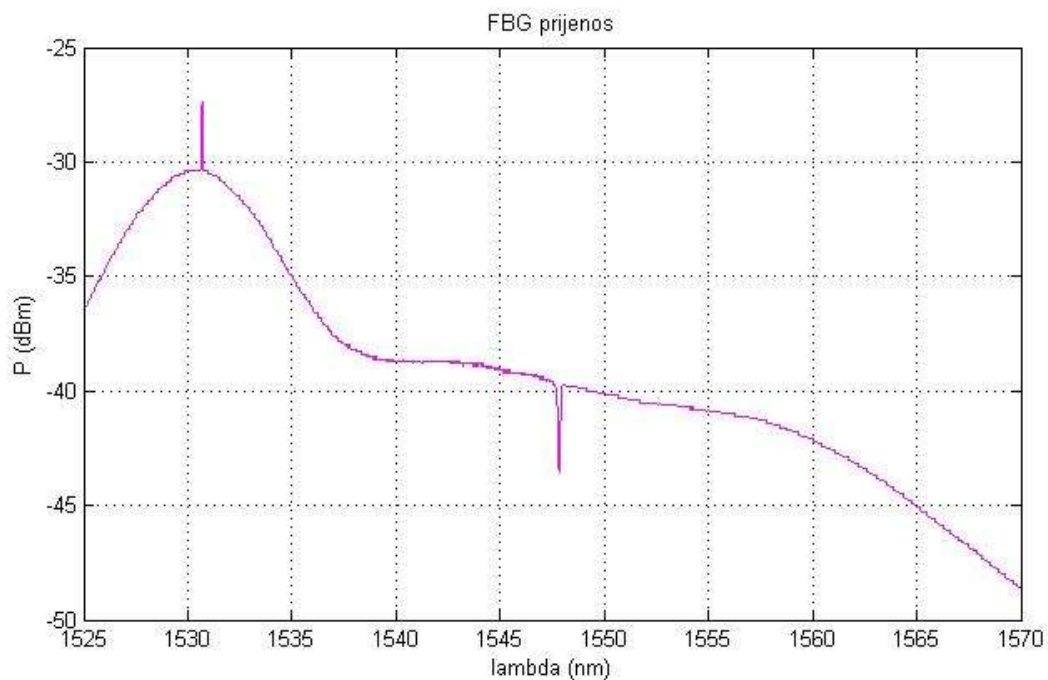


Slika 9.: Shema spajanja opreme u drugoj vježbi.

Na prvu granu cirkulatora spajamo izvor (prvo jedan, pa kasnije drugi). Taj signal putuje iz prve grane u drugu, gdje smo smjestili FBG. Iza FBG mjerimo transmisiju, a reflektirani signal putuje natrag do cirkulatora, te potom u treću granu gdje je konačno mjerimo refleksiju.

Mjerenja, rezultati i zaključci

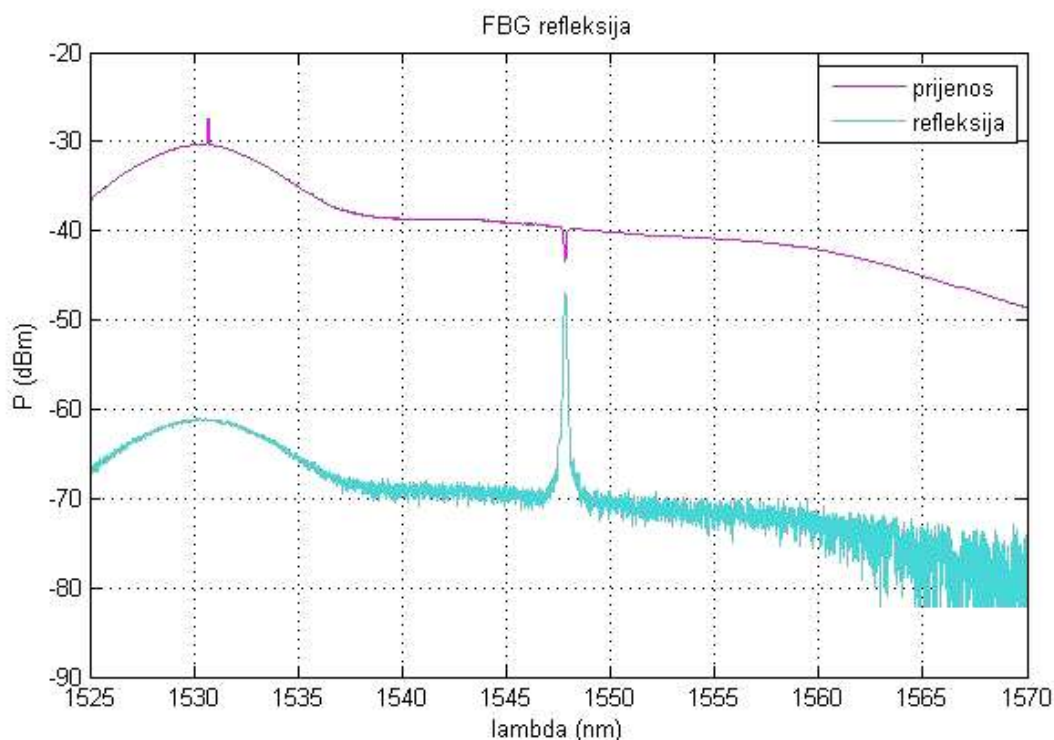
Za dobivanje karakteristike rešetke potrebno je koristiti širokopojasni izvor. Jednomodni laser nam ne koristi jer se može dogoditi da rešetka ništa ne propusti, također ista stvar vrijedi i za višemodni laser. Zbog toga ćemo za početno mjerenje koristiti šum kao širokopojasni izvor, šum ćemo dobiti od EDFA tj. spontane emisije. Ovakvim mjerenjem izmjerili smo prijenos.



Slika 10.: Prikaz FBG prijenosa.

Na grafu uočavamo jedan propad, što upućuje na to da na tom dijelu nije prenesen signal. Točnije nije prenesena valna duljina oko 1548nm. Većina signala ipak je prenesena.

Snimili smo karakteristiku i na kraju treće grane, tj refleksiju.



Slika 11.: Prikaz prijenosa i refleksije.

Na gornjoj slici prikazani su prijenos i refleksija na jednom grafu kako bi se moglo bolje uočiti stanje na spomenutoj valnoj duljini. Dok na prijenosnoj karakteristici tu imamo propad, jer ta valna duljina nije prenesena, na karakteristici koja prikazuje refleksiju, logično imamo skok, jer je ona utjecala na pojačanje amplitude reflektiranog vala.

Propad nam je oko 3dB što upućuje na to da se radi o senzorskoj rešetki. To je rijetka rešetka sa malom periodom, za komunikacijske svrhe ona nam nije korisna jer nam je potrebna vrijednost od 10 ili 20 dB. Što više perioda imamo u rešetki, dobivamo veći faktor refleksije.

Primjećujemo kako je većina signala ipak prošla. Također možemo uočiti kako je refleksija bolje izražena jer je na manjim snagama, pa je lakše uočiva.

Zagrijavanjem rešetke dolazi do promjene u karakteristici, ona se pomiče u lijevo. Do toga dolazi uslijed naprezanja, dolazi do promjene λ koju reflektira. Zahvaljujući tome možemo izračunati koliko je naprezanje, pa Breggova rešetka tu također nalazi primjenu; u mjerenjima za naprezanje npr mostova.

Zadatak

Pomoću podataka dobivenih mjerenjem spektralne karakteristike refleksije Braggove rešetke približno odrediti širinu spektra Braggove rešetke (3dB širinu i 20dB širinu). Ako bi se zbog zagrijavanja centralna valna duljina Braggove rešetke pomaknula za 0.2 nm, za koliko puta bi se pritom promijenila konstanta rešetke (L). Podaci za izmjerene spektralne karakteristike nalaze se u repozitoriju u pripadnim ASCII datotekama.