evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrovaná optika

Cíl kapitoly

Cílem kapitoly je seznámit se s principy integrace optických zařízení a optických cest. Tato integrace na jeden čip se nazývá integrovaná optika.

Klíčové pojmy

Bistabilní prvky, Integrovaná optika, modulátor, planární podložka, přenos energie, samofokusace, tvary vlnovodů

3. Integrovaná optika

3.1 Úvod

V současné době zahrnuje integrovaná optika problematiky šíření záření v oboru viditelného a infračerveného spektra v různých vlnovodných strukturách, výzkum a konstrukci planárních optických a optoelektronických struktur a součástek. Hlavním cílem integrované optiky je zajištění malých rozměrů, malé hmotnosti, velké spolehlivosti, velké mechanické odolnosti a v neposlední řadě vysokých rychlostí. Základním jevem, který je využíván v integrované optice je vedení optických vln v planárním vlnovodu a ve vlnovodech z těchto vlnovodů odvozených. Využití prvků integrované optiku je zejména v komunikačních technologiích, radiolokaci, výpočetní technice, měřící a řídící technice.

Do integrované optiky patří všechna optická zařízení vytvořená na jednom substrátu včetně jejich vazeb. Tedy integrovaná optika je technologie integrace velkého počtu různých optických a elektrooptických prvků pro generování, fokusování, rozdělování, slučování, izolaci, polarizování, vazbu, přepínání, spínání, modulaci a detekci světla na jedné podložce.

Kromě přenosu signálu musí tyto prvky zajišťovat různé logické funkce, přepínání signálu, rozdělování signálu apod. Tyto funkce jsou vytvářeny přerozdělováním energie přenášené vlnovody.

V integrované optice jsou pro výrobu miniaturních optických prvků a obvodů užívány tenké transparentní (průsvitné) dielektrické nebo polovodičové vrstvy. Tyto vrstvy jsou integrovány na planární (rovinnou) podložku a působí jako optické vlnovody.

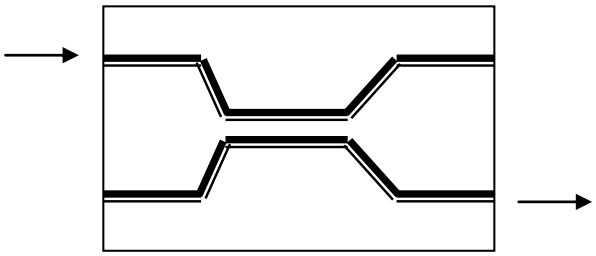
Základem integrované optiky je tedy planární světelný vlnovod, který je tvořen z tenké vrstvy o indexu lomu $\mathbf{n_1}$ vložené mezi podložku a krycí vrstvu o indexech lomu $\mathbf{n_2}$ a $\mathbf{n_3}$, které jsou menší než $\mathbf{n_1}$. Velmi často je krycí vrstvou vzduch.

Světlo v planárních vlnovodech se šíří úplným odrazem a to dokonaleji než u optických vláken. Planární vlnovody vedou světlo jen v přímém směru. Přesný směr šíření je u planární

struktury zabezpečen vytvářením páskových (kanálkových) vlnovodů. Proto směr šíření světla u těchto vlnovodů nelze měnit ohybem tak jako u optických vláken.

3.1 Vazby mezi vlnovody

Jsou-li vlnovody blízko u sebe pak umožňují sdílet v tomto prostoru přenos energie (energie se šíří i v těsné blízkosti vlnovodu), a tedy se může energie z jednoho vlnovodu přelévat do druhého. Tato vlastnost se nazývá vazba mezi vlnovody.
Vazby mezi vlnovody ovlivňují pouze amplitudy nikoli rozložení amplitudy. **Vazbu lze považovat za rozptylový jev.** Energie indukovaná do druhého vlnovodu zpětně ovlivňuje amplitudu v prvním vlnovodu. Toto umožňuje výměnu energie mezi vlnovody, a to jak částečnou tak i úplnou, případně i cyklickou, nebo může být výsledný efekt vazby nulový – tj. nestane přenos energie. Množství převedené energie závisí na délce souběžného vedení obou vlnovodů. Proto změnou délky této pro výměnu aktivní části vlnovodu se mění typ a výsledek vazby. Změnu délky neprovádíme mechanicky, ale změnou parametrů vlnovodu, tedx změnou rychlosti paprsků nebo ztrát.

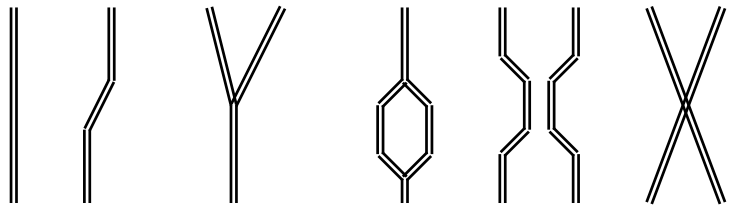


Obvykle se využívá

- přenesení veškeré energie (na druhém vlnovodu vzniká součet)
- přenos části energie (zprůměrování ½ + ½ ; využití u log. součtu)
- energie se nepřenese (spínače)
- výměna energií mezi vlnovody (přepínání)

3.2 Tvary vlnovodů

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny nejběžnější tvary vlnovodů s popisem jejich funkcí.



a) b) c) d) e) f)

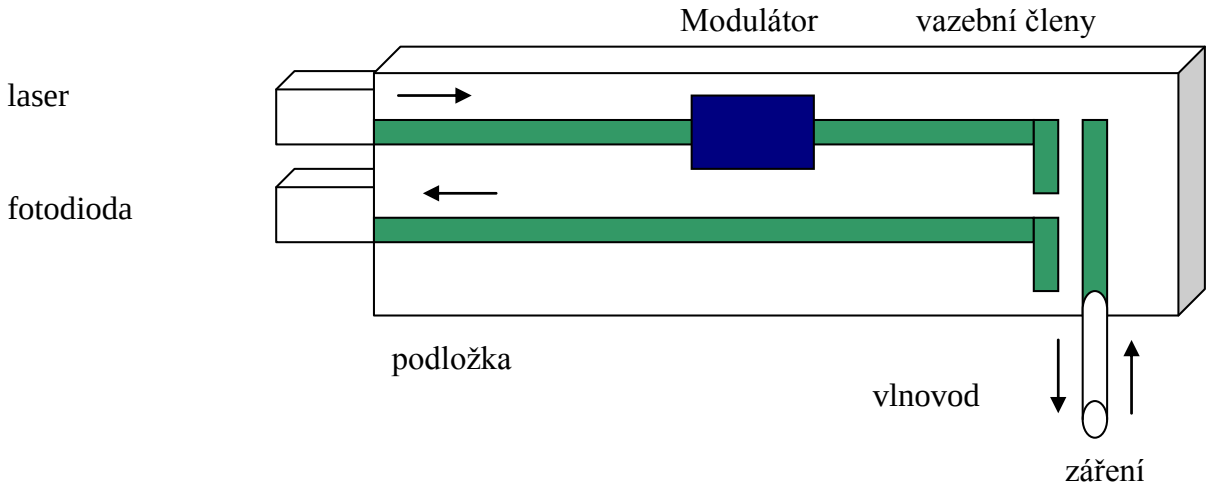
a) přímý vlnovod
b) ohyb
c) člen Y – rozbočení signálu
d) interferometr - modulace, spínání, zpoždění a útlum.
Interferometr rozděluje energii do dvou větví. Délka jednotlivých větví se může elektricky nebo opticky měnit, takže na konci (při spojení) může díky interferenci světla dojít k obnovení signálu, jeho potlačení (pokud větve jsou v protifázi) nebo k jiným efektům.

e) vazební člen – přenos energie mezi vlnovody (množství přenesené energie opět souvisí s délkou blízké části vlnovodu).
f) křížový člen – křížení cest bez vzájemného ovlivnění

Pro lepší vlastnosti přenosu je potřeba soustředit energii do co nejmenšího svazku paprsků. K tomu se používají **samofokusující** vlnovody. Samofokusující vlnovody mají gradientní rozložení indexu lomu. Na okraji jádra je index lomu menší a tedy je rychlost větší a paprsek, který se vychýlí dožene pomalejší paprsek jdoucí přímo. Podrobněji je tento jev popsán u gradientních vláken.
Dalším důležitým jevem, který bude popsán v následujících kapitolách, je závislost indexu lomu na množství přenášené energie. Index lomu se zvětšuje s velikosti energie. Tento efekt je využíván u bistabilních prvků. Bistabilní prvky tvoří základ optických přepisovatelných pamětí (RW memory).

Následující příklad využívá vazební člen a interferometr jako modulátor.

Příklad:
Na následujícím obrázku je znázorněn integrovaný prvek pro buzení a snímání optického kabelu. Tento prvek obsahuje na jedné podložce (substrátu) dva integrované vnořené kanálkové vlnovody a dva vazební prvky
modulátor, který na laserový paprsek namodulovává přenášená data (informaci) a vazební člen na optické vlákno, které se k tomuto prvku připojuje.



Světlo z laseru je fokusováno do integrovaného vlnovodu, kde je v modulátoru modulováno přenosovou funkcí. Vazebním členem je nosná frekvence přenesena do optického kabelu. Při duplexním provozu je vstupní signál z optického kabelu (o jiné frekvenci) dalším vazebním členem přenesen do druhého integrovaného vlnovodu, na jehož konci je signál snímán fotodiodou.

3.3 Otázky

1. Co ovlivňuje vazbu mezi vlnovody?
2. Jaké musí být vzdálenosti vlnovodů, aby se vazba projevila?
3. Jaké jsou magnetické vlastnosti materiálů, z nichž se vyrábí integrovaná optika?
4. Proč je index lomu těchto materiálů větší než 1?

5. Jaké hodnoty ***n*** má jádro a plášť vlnovodu?
6. K čemu slouží plášť vlnovodu? Může být plášť odstraněn?
7. Vysvětlete princip interferometru.
8. Co je to modulace?
9. Co je to modulátor a jak je vytvářen?
10. Vysvětlete princip a důsledky samofokusace.
11. Nese paprsek emitovaný laserem informaci? Proč?
12. Lze ze signálu získaného fotodiodou získat informaci?