

Optika, fotonika a optoelektronika představují vysoce progresivní oblasti vědy a techniky, kde dochází k velmi rapidnímu technologickému rozvoji, který umožňuje současné moderní aplikace bez nichž bychom si již asi těžko mohli představit dnešní technologickou úroveň (lasery a jejich aplikace, displeje, mikroelektronika, počítačová technika, mobilní technologie, telekomunikace, moderní průmyslová výroba, vysoce sofistikované vědecké a průmyslové aplikace v oblasti mikro a nanotechnologií, ...). Obrovský rozvoj této problematiky způsobil vynález laseru, od kterého uplynulo v roce 2010 již 50 let a v současné době si již nelze prakticky běžný život bez laseru a moderních optoelektronických součástí představit.

Cílem předmětu je podrobné seznámení se základními principy optiky a optoelektroniky a s aplikacemi optických a optoelektronických prvků a systémů ve vědecké a technické praxi. Získané znalosti umožní získat především praktickou představu o jednotlivých fyzikálních jevech, vlastnostech optických a optoelektronických prvků, zdrojů a detektorů záření a aplikacích těchto jevů a prvků ve vědě, průmyslu, stavebnictví a geodézii.

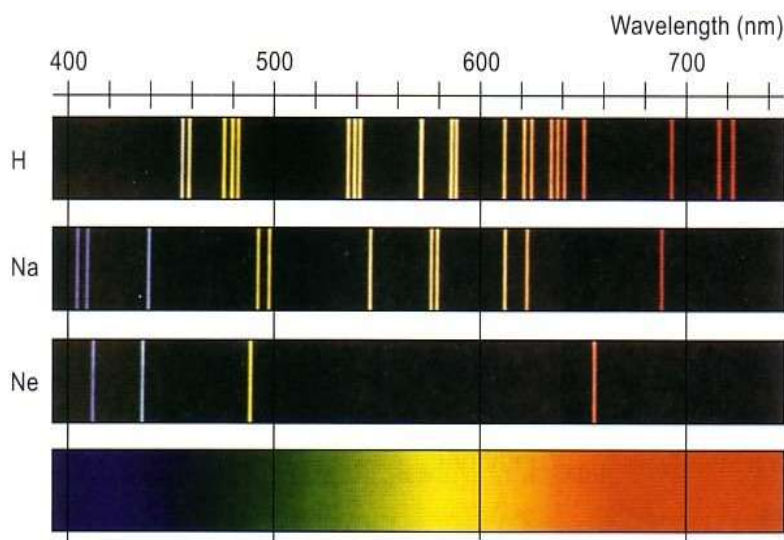
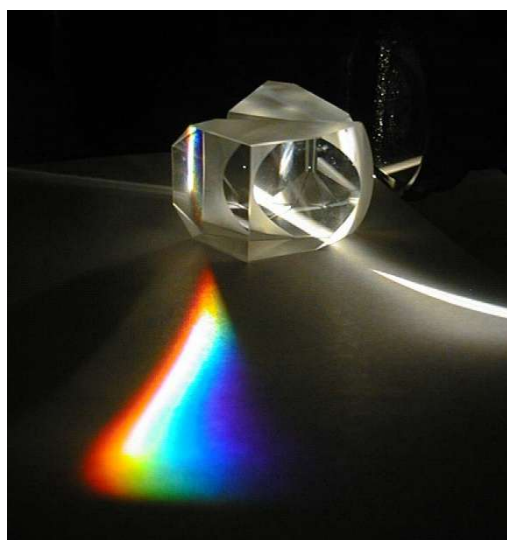
Předmět je velmi vhodný jako základ pro studium doktorského předmětu [Bezkontaktní metody v experimentální mechanice](#).

Optika a optoelektronika představují velmi perspektivní oblast vědy a techniky, která se stále rozvíjí a kde lze i do budoucna očekávat mnohé pokroky (např. využití metamateriálů, optická komunikace ve volném prostoru, kvantové počítače, apod.). V současné době se optické a optoelektronické prvky a systémy využívají jak pro konstrukci tak pro průmyslovou výrobu obrovského množství výrobků (např. optická litografie, laserové obrábění, apod.). V rámci předmětu **Optika a optoelektronika** studenti získají základní informace - např. o následující problematice:

Optické záření a jeho vlastnosti

Optickým zářením se obvykle nazývá spektrální oblast EM vlnění od 100 nm po 1 mikrometr. Nicméně v současnosti se pojem optika rozšiřuje i za tuto oblast a začíná se hovořit např. o UV optice, rentgenovské optice, terahertzové optice, kdy se jedná o popis šíření EM vlnění o dané frekvenci prostředím, což je analogické s oblastí optického záření. Optické záření lze principiálně popsat pomocí fenomenologické elektromagnetické teorie, která uvažuje světlo jako elmag.vlnění, resp. kvantové

(fotonové) teorie, jež upřednostňuje čističovou (kvantovou) povahu záření. Oba tyto způsoby popisu jsou správné a umožňují popsat optické jevy a interakci optického záření s látkou. Často se též používá jako aproximace tzv. geometrické optiky (např. při optickém zobrazování), která zanedbává jak vlnovou tak kvantovou povahu záření. Materiály se poté v souvislosti s šířením optického záření dají popsat různými charakteristikami, které je odlišují, např. indexem lomu, disperzí, odrazivostí, propustností a absorpcí.



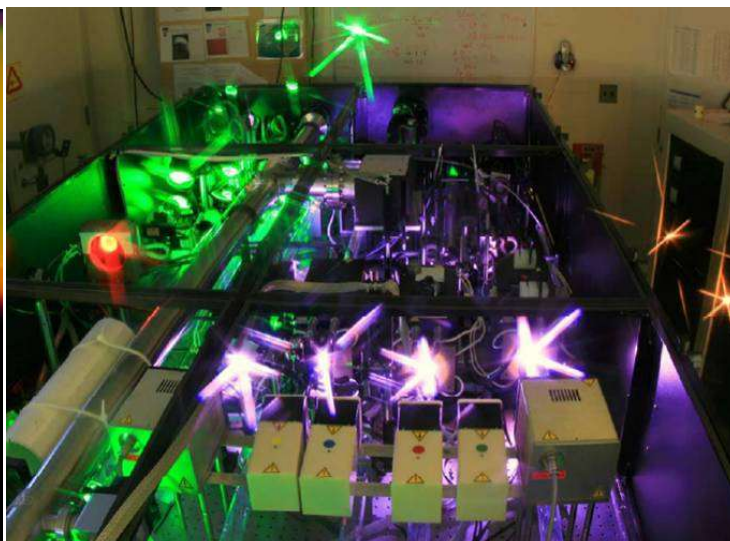
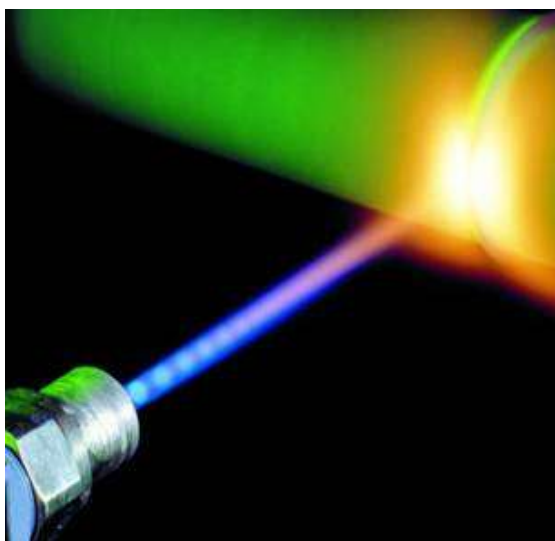
Zdroje optického záření

Vyzařování optického záření je založeno na různých fyzikálních principech. K vyzařování (emisi fotonů) dochází v látkách při všech formách skupenství (pevné, kapalné, plynné, plazma) pomocí různých fyzikálních procesů. Přírodním zdrojem optického záření je tzv. teplotní záření, tj. záření vysílané atomy a molekulami látky za podmínky tepelné rovnováhy (v důsledku náhodných přechodů mezi různými energetickými hladinami) a nepřítomnosti externích zdrojů. Dalším typem jsou tzv. luminiscenční zdroje záření, kdy vnější zdroje energie mohou vyvolat přechody atomárního nebo molekulárního systému na vyšší energetické hladiny a v průběhu spontánních přechodů na nižší energetické hladiny potom dochází k emisi záření – luminiscenci. Výbojové zdroje světla jsou založené na vytvoření elektrického výboje v ionizovaném plynu a využívají transformace elektrické energie na kinetickou energii elektronů, které se pohybují ve výbojovém prostoru. Odlišným typem zdrojů jsou tzv. laserové zdroje optického záření, které využívají zesilování záření při průchodu optického záření aktivním prostředím vlivem procesu stimulované emise.



Lasery, jejich vlastnosti a aplikace

Lasery jsou speciální zdroje optického záření, které využívají stimulované emise v tzv. aktivním prostředí pro generování zesíleného záření. Jsou charakteristické vysokou koherencí záření a vysokým optickým výkonem, který mohou generovat. Od vynálezu prvního rubínového laseru uplynulo v roce 2010 již 50 let a tento vynález je zcela jistě možno považovat za jeden z nejvýznamnějších technologických milníků ve vývoji lidstva. Vynález laseru odstartoval nesčetné aplikace, bez kterých by nebylo možno dosáhnout současné úrovně technického pokroku prakticky ve všech oblastech (např. laserové obrábění a opracování, měřicí a diagnostické metody ve vědě technice a lékařství, optické vláknové komunikace, komerční optoelektronika, atd.).



Detektory optického záření.

Detektory optického záření (fotodetektory) představují senzory elektromagnetické energie, které měří fotonový tok nebo optický výkon transformací energie absorbovaných fotonů do měřitelné formy. Jejich konstrukce závisí na charakteru detekovaného záření (rozsah vlnových délek, optický výkon, apod.). Můžeme tak např. rozlišovat fotochemické, tepelné a fotoelektrické detektory optického záření. Fotodetektory jsou základním prvkem jakýchkoliv optických měřicích a zobrazovacích systémů.



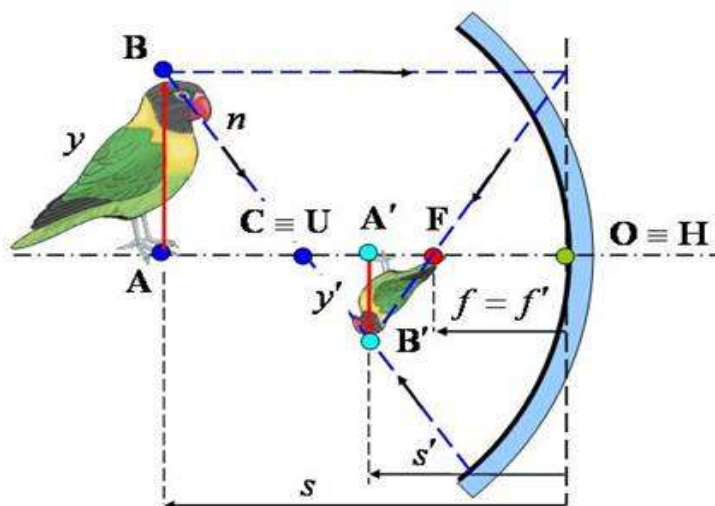
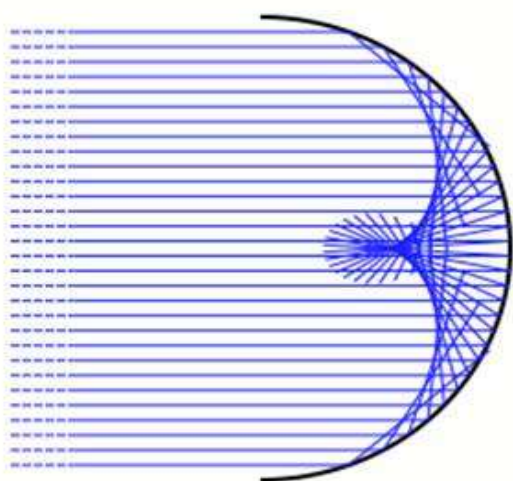
Základy fotovoltaiky

Velice důležitou a vysoce progresivní oblastí optoelektroniky je oblast fotovoltaiky, tj. transformace energie slunečního záření na energii elektrickou. K tomu se využívají různé typy tzv. fotovoltaických článků. Transformace energie probíhá na základě fotovoltaického jevu v solárních článcích. Pro konstrukci solárních článků se využívá především křemíku, ale i jiných polovodičů, tenkých vrstev na bázi organických polymerů a nanokrystalů křemíku.



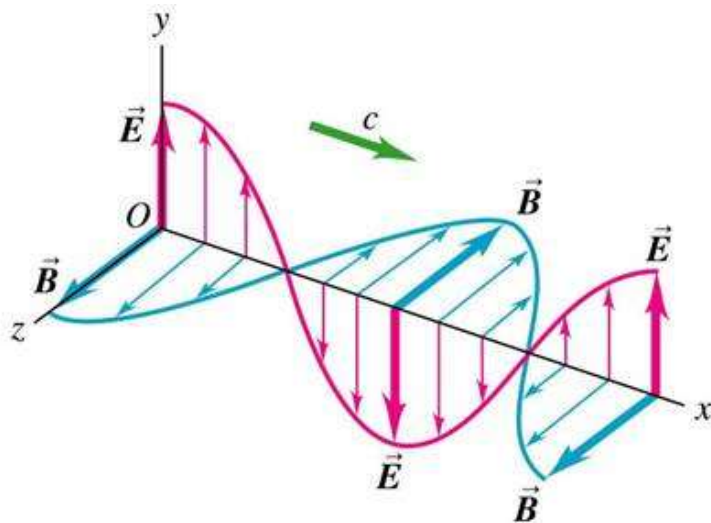
Základy geometrické optiky

Geometrická optika je zjednodušenou teorií šíření optického záření, kterou lze odvodit např. z elektromagnetické teorie při aproximaci pro velmi krátké vlnové délky. Tato teorie nepřihlíží k vlnovým ani čističovým vlastnostem optického záření, ale uvažuje pouze s geometrickými představami. Tato významná zjednodušení neumožňují popsat reálné šíření energie záření, nicméně v oblasti optiky je plně vyhovující pro popis optického zobrazování a výpočty a návrhy optických soustav.



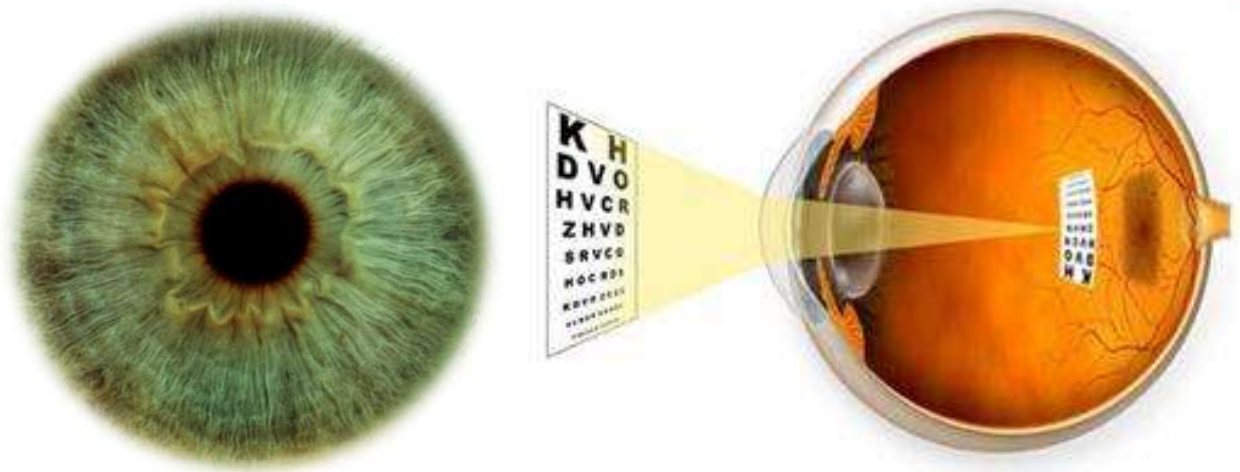
Základy vlnové optiky

Vlnová optika považuje světlo za elektromagnetické vlnění a vysvětluje jevy (odraz a lom, absorpce, disperze, rozptyl, difrakce, interference, polarizace, atd.) spojené se šířením světla na základě fenomenologické teorie elektromagnetického pole. Tato teorie umožňuje velmi dobře popsat např. interferenci a difrakci světla, ovšem neumožňuje vysvětlit některé optické jevy (např. fotoelektrický jev, Comptonův jev, apod.), které se naopak dají vysvětlit pomocí částicové teorie světla.



Oko a jeho vlastnosti

Oko tvoří velmi důležitou optickou soustavu, jež umožňuje zobrazovat pozorované vnější okolí na sítnici, která slouží jako maticový fotodetektor světla a jejíž fotoreceptory (tyčinky a čípky) zprostředkovávají nervové impulzy přenášené do zrakového centra mozku. Optická soustava oka je tvořena primárně rohovkou, přední komorou, oční čočkou a sklivcem, přičemž duhovka slouží jako aperturní clona. Oko je adaptivní optickou soustavou, jejíž optická mohutnost se může v důsledku akomodačního procesu plynule měnit a oka tak může zaostřovat na různě vzdálené předměty. Optická soustava oka společně se sítnicí a nervovým systémem hraje zásadní roli v tom, jaké lze dosáhnout rozlišovací schopnosti při pozorování.



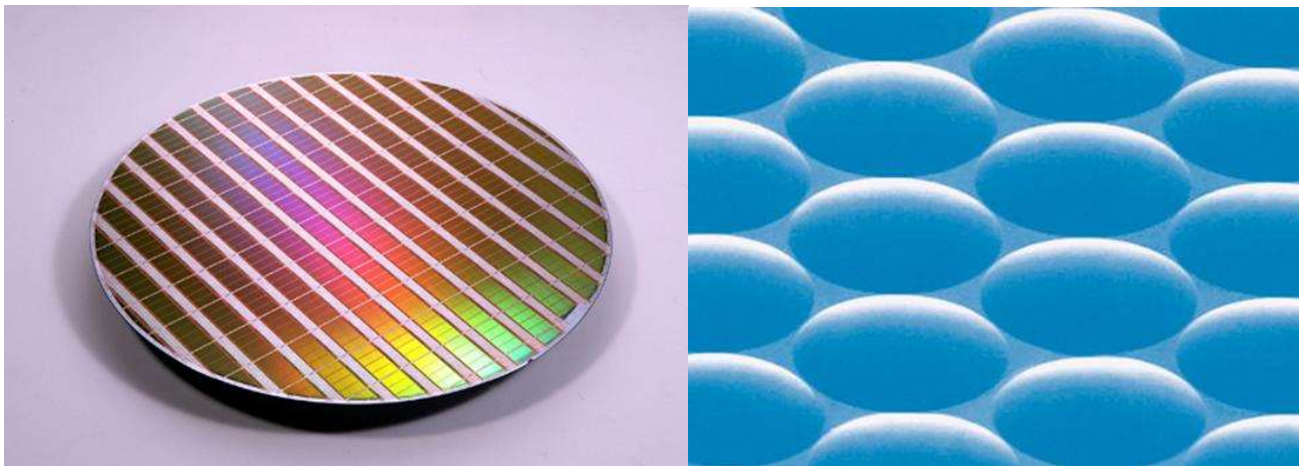
Vlastnosti optických přístrojů

Optické přístroje a soustavy jsou založeny převážně na interakci světelného pole s látkou nebo s jiným fyzikálním polem. Při této interakci dochází zejména ke změně vlastností světelného pole (amplituda, fáze, polarizace, frekvence), ke změně vlastností a stavu látky (např. změna skupenství, fluorescence, apod.) a k silovému působení světla na látku (např. tlak světla – optická mikromanipulace). Optické přístroje lze rozčlenit v zásadě na dvě velké skupiny: přístroje zobrazovací (např. mikroskopy, fotografické přístroje, dalekohledy, brýle, promítací přístroje, atd.) a přístroje měřicí (např. interferometry, spektrometry, goniometry, autokolimátory, radiometry, elipsometry, refraktometry, polarimetry, apod.).



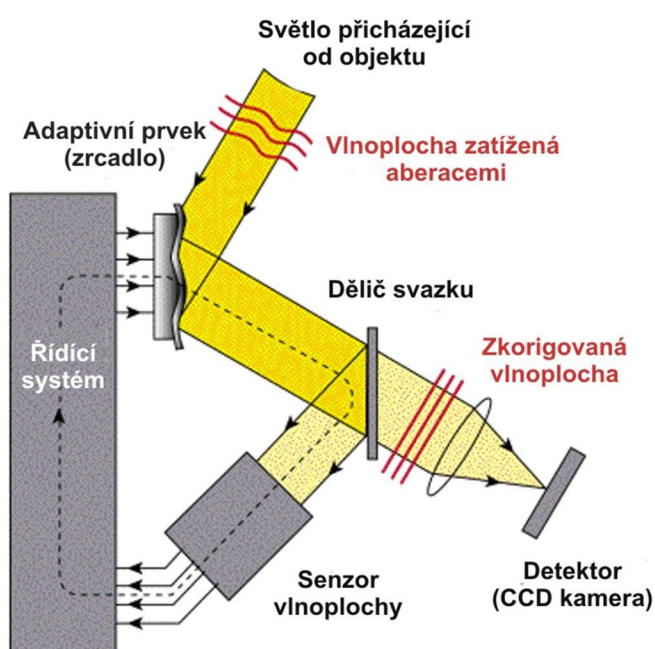
Moderní optoelektronické prvky, jejich výroba a aplikace

U moderních aplikací je snaha miniaturizace a integrování jednotlivých systémů, což umožňují současné rozvíjející se mikro a nanotechnologie. I u optických a optoelektronických prvků je snaha zmenšovat rozměry a integrovat společně s elektronickými obvody a mechanickými prvky do kompaktních miniaturních čipů. Jedním z příkladů jsou tzv. technologie MOEMS (Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems) – tedy. mikro opticko-elektro-mechanické systémy s integrovanými mechanickými, analogovými, digitálními i optickými prvky na jednom čipu. Tyto prvky se dnes již běžně vyrábějí pomocí specializovaných metod mikro a nano výroby (např. fotolitografie) a aplikují se do komerčně vyráběné optoelektroniky



Základy adaptivní optiky

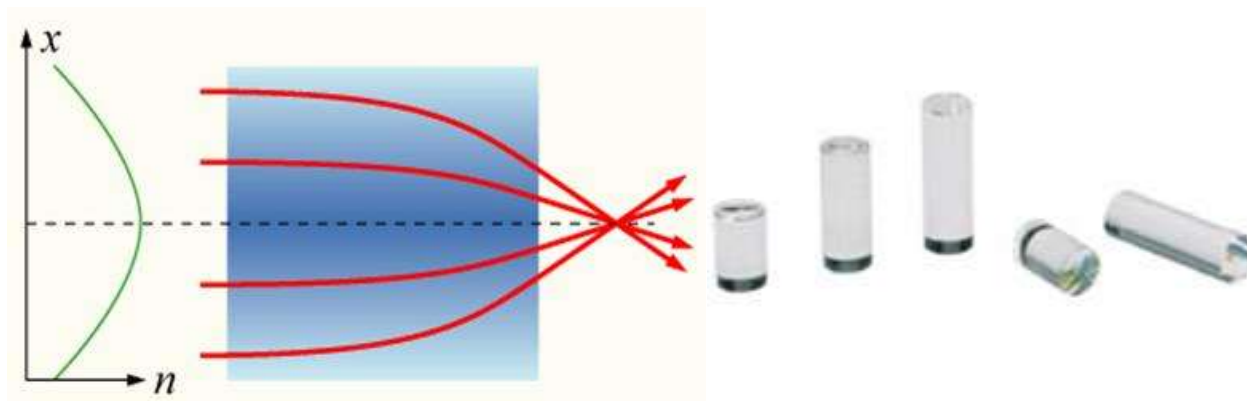
Adaptivní optika je oblast optiky, kdy je využívána adaptivní korekce tvaru vlnoplochy na základě jejího měření v reálném čase. Tento princip byl navržen v padesátých letech 20.století, nicméně se prakticky dal realizovat až v 80.letech 20.století v oblasti astronomie, kdy jsou u velkých astronomických teleskopů korigovány aberace způsobené průchodem světla atmosférou a tím je významně zlepšena kvalita obrazu. V současné době nastává rapidní rozvoj této problematiky a aplikace adaptivní optiky se stále rozšiřují do přístrojové techniky i spotřební elektroniky (diagnostické přístroje v oftalmologii a optometrii, systémy optické metrologie, adaptivní korekce laserových svazků, DVD přehrávače, atd.)



Základy gradientní optiky

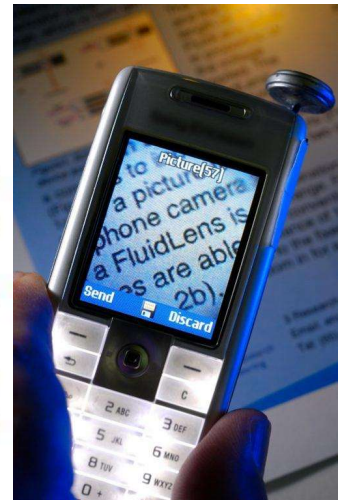
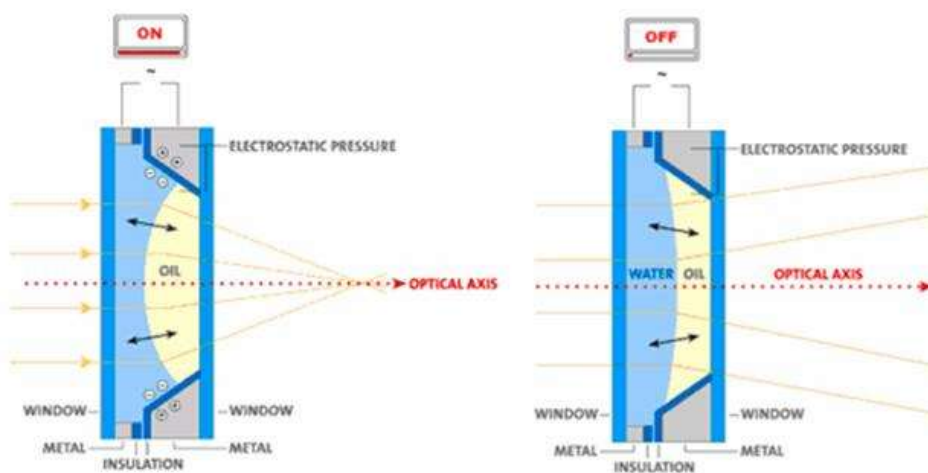
Gradientní optika je oblast optiky, která se zabývá a prakticky využívá nehomogenního optického prostředí (prostředí s prostorovou závislostí indexu lomu). V takovémto prostředí se paprskové svazky nešíří po přímce jako je tomu v homogenním prostředí, ale obecně po prostorové křivce. Asi nejznámějším gradientním prostředím je vzduch – s jeho nehomogenitami jsou potom spojeny různé atmosférické jevy – fata morgana, atmosférická refrakce, apod. Technologický rozvoj v posledních dvou desítkách let

umožnil praktickou výrobu materiálů s řízenou prostorovou závislostí indexu lomu. Tyto gradientní materiály mají oproti klasickým homogenním materiálům leckteré výhodné vlastnosti, které umožňují konstruovat optické prvky a soustavy (např. čočky, optická vlákna, apod.), které mají lepší vlastnosti, umožňují lepší miniaturizaci a robustnost celkového optického návrhu. Tyto materiály se již běžně využívají v praxi.



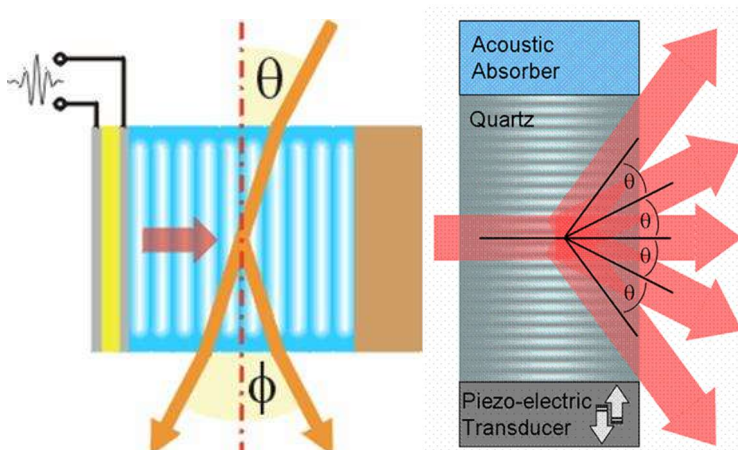
Optické prvky na bázi tekutin

Klasické optické prvky jsou obvykle vyráběny z různých typů optických skel, plastů, kovů a krystalických látek. V posledních letech se prudce začíná rozvíjet oblast tzv. optofluidiky, kdy je využíváno kapalin pro konstrukci optických prvků. Nejedná se pouze o často využívané prvky na bázi tekutých krystalů, ale např. o kapalinové čočky s elektrostatickým ovládáním jejich optické mohutnosti nebo mikrooptická zařízení využívající výhodných fyzikálních vlastností kapalin. Použití kapalinových optických prvků umožňuje konstruovat optické soustavy a zařízení, která by nemohla být pomocí „klasických“ optických prvků realizována. Takovéto prvky a systémy jsou charakterizované vysokou mírou adaptability, možností velmi rychlé změny optických vlastností a možností spojení s mikrotechnologiemi. Je nasnadě, že v budoucnu budou tyto perspektivní technologie čím dál více využívány.



Základy akustooptiky

Oblast akustooptiky se zabývá působení zvuku na optické záření. Je známo, že při průchodu zvuku prostředím dochází vlivem dynamické deformace prostředí v důsledku kmitání molekul ke změnám indexu lomu tohoto prostředí. Obvykle se využívají periodické změny indexu lomu prostředí v důsledku průchodu harmonické akustické vlny, na kterých při dopadu světelné vlny nastává jev, jemuž se říká Braggova difrakce. Akustooptického jevu se využívá v mnoha užitečných zařízeních v praxi, např. v optických modulátorech, spínačích, akustooptických reflektorech svazku, filtrech, frekvenčních měničích, apod.



Základy elektrooptiky, magnetooptiky a krystaloptiky

Je známo, že mnohé materiály pod vlivem vnějšího elektrického nebo magnetického pole mění svoje optické vlastnosti (index lomu), což je způsobeno elektromagnetickými silami, které ovlivňují polohu, orientaci a tvar molekul v látce. Elektrooptický jev je změna indexu lomu vzniklá působením stejnosměrného nízkofrekvenčního elektrického pole na anizotropní látku (krystal). Magnetooptické jevy ovlivňují optické vlastnosti prostředí vlivem kvazistatického magnetického pole. Příkladem je např. Faradayův jev, kdy vlivem magnetického pole dochází ke stáčení roviny polarizace. Tyto jevy jsou široce využitelné pro komplexní ovládání parametrů (amplitudy, fáze, frekvence a polarizačního stavu) optického záření, které takovým prostředím prochází, a mají mnohé praktické aplikace (LC displeje, prostorové modulátory světla, polarizátory, elektrostaticky a magnetostaticky řízené optické prvky, magnetooptické disky, apod.).



Základy nelineární optiky

Do relativně nedávné doby byla všechna optická prostředí považována za lineární, což předpokládá platnost principu superpozice, nezávislost optických vlastností na intenzitě záření, neměnnost frekvence při šíření a nemožnost vzájemné interakce záření se zářením. Ve skutečnosti jsou všechna prostředí nelineární, nicméně nelinearita se pozorovatelně projevuje jen ve speciálních materiálech za použití vysokých intenzit záření (srovnatelných s intenzitou elektromagnetického pole uvnitř látky), což umožnil prakticky až vynález laseru. Procházející optické záření v nelineárním optickém prostředí modifikuje vlastnosti tohoto prostředí a zpětně může ovlivňovat i původní záření. V důsledku nelinearity prostředí vznikají vysoce zajímavé optické jevy (generování vyšších harmonických, fázová konjugace, samofokusace laserového svazku, apod.), které lze výhodně prakticky využít v různých oblastech (např. mikroskopii, apod.).

