Polarizace světla a její využití

Č. Zach, M. Sloboda
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
Břehová 7, 115 19 Praha 1
c.zach@email.cz, mito@inmail.sk

Abstrakt

Naší prací jsme se vám snažili objasnit historii, fyzikální význam a praktické využití polarizace světla v dnešní době.

1 Úvod

Většina z nás už jistě slyšela o polarizaci světla. Problematikou polarizace světla se zabývala cela řada významných fyziků, kteří pak vypracovali kompletní teorii od podstaty světla a jeho šíření prostředím až po experimenty, které dokázali různé vlastnosti světla a umožnili jejich využití v námi používaných věcech.

2 Historie

Vikingové (kolem roku 700)
Předpokládá se že, Vikingové využívali polarizaci oblohy k navigaci. Objevili také islandský vápenec který, sehrál významnou roli v následujícím objevování zákonů polarizace.

Bartholius (1669)
Dánsky matematik působící na univerzitě v Kodani objevil jev polarizace světla a to už neznámém islandském vápenci. Zjistil, že krystal islandského vápence (Calciumcarbonat) může rozložit dopadající světelný paprsek na dva podružné paprsky, které se rozdílně lámou (Pozorujeme-li tímto krystalem jeden předmět, vidíme jeho obraz dvojitě). A vypracoval první seriózní práci na téma polarizace pod názvem "Experimenta" ve které tento jev na přibližně šedesáti stranách podrobně zdokumentoval.

Huygens a Newton (1672)
Oba tito významní fyzici se zasloužili o nové poznatky o polarizaci světla i když měli rozdílné názory na šíření světla. Newton zastával teorii že, světlo je soubor rychle letících částic, které se při pohybu řídí zákony mechaniky, a Huygens zastával vlnovou teorii, že se světlo šíří se zdroje ve vlnách. Z každého bodu vlnoplochy se šíří všemi směry elementárními vlnami. Huygens vysvětlil pomocí své teorie zákon odrazu a lomu světla a vznik dvojlomu.

Thomas Young (1801)
Tento mimořádně všestranně nadaný člověk vysvětlil mnohé jevy interference na základě Huygensovho principu. Objevil vlnovou délku a její souvislost s barvou. Známý je jeho experiment s dvojitou štěrbinou, kterým dokázal vlnovou podstatu světla. Na základě tohoto pokusu Young vysvětlil některé jevy (např. Newtonovy kruhy). Později definitivně dokázal příčinu polarizace – světlo je příčné vlnění.

Etienne Louis Malus (1808)
Malus se zabýval studiem světla odraženého skleněnou deskou. Zjistil, že v závislosti na úhlu, pod kterým světlo na desku dopadá, je odražené světlo více nebo méně polarizované ve směru rovnoběžném s deskou, od které se odrazilo, zatímco světlo, které deskou projde, je částečně polarizované ve směru kolmém. Dopadá-li nepolarizované světlo na desku kolmo, jak odražené, tak propuštěné světlo je nepolarizované. S tím, jak se ale světlo od kolmice více a více odchyluje, stává se odražené a propuštěné světlo stále více polarizovaným, až nakonec při jistém úhlu od kolmice je odražené světlo zcela polarizované. Propuštěné světlo je i tehdy polarizované pouze částečně. Tento úhel je známý jako Brewsterův úhel (viz David Brewster) a je pro každý materiál jiný.

David Brewster (1812)
Skotský fyzik, objevil, že stlačení isotropní látky může vést ke vzniku optického dvojlomu. Dále experimentálně zjistil, že svírá-li odražený a lomený paprsek pravý úhel, je odražený paprsek lineárně polarizovaný (Brewsterův jev). Úhel dopadu se při této situaci nazývá Brewsterův úhel. Brewster studoval dvouosé krystaly a ukázal, že dvě optické osy nemusí nutně vést k dvojlomu. Vynalezl kaleidoskop. Na základe těchto výsledků vypracoval roku 1815 tabulku, v který jsou uvedené hodnoty Brewsterových úhlů pro různé materiály.

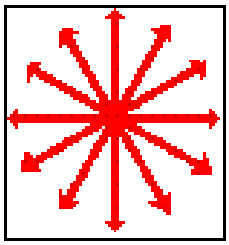
Francois Arago a Jean-Baptiste Biot (1811)
Objevili interferenční barvy a experimentálně dokázali, že i obloha i duha jsou polarizováné. Taktéž se jim připisuje objev kruhově polarizovaného světla.

Augustin Fresnel (1821)
Provedl podobný pokus s ohybem světla na štěrbinách jako Young a dokázal, že světlo je vlnění. Zasloužil se tak o definitivní konec částicové teorie. Fresnel na základě interference vysvětlil přímočaré šíření světla spolu s Youngem. Youngova a Fresnelova teorie byla schopna v podstatě vysvětlit všechny do té doby známé světelné jevy (interferenci, ohyb, polarizaci i dvojlom), což korpuskulární teorie nedokázala. Taktéž se zaobíral i nepolarizovaným světlem a dokázal, že jen příčné vlnění světla může být zodpovědné za dvojlom.

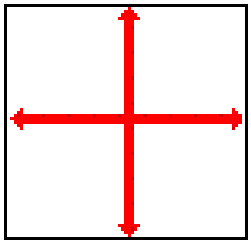
3 Teorie

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění, které kmitá ve všech směrech, kolmých na směr šíření (viz obr. 1). Můžeme si ho pro názornost zjednodušit, tak aby kmitalo jen ve dvou, navzájem kolmých, směrech (viz obr. 2). Polarizace, a teď mám na mysli lineární, spočívá v odstranění jedné složky tohoto zjednodušeného vlnění, tzn. že elektromagnetická vlna bude po lineární polarizaci kmitat pouze v jedné rovině (viz obr. 3). Intenzita světla se tak sníží na polovinu. K polarizaci slouží tzv. polarizátory. Takových polarizátorů je mnoho typů.

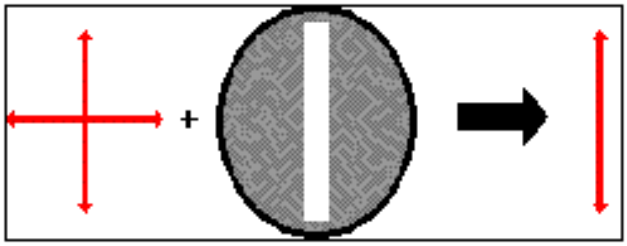
Jedním z nich je polarizační filtr, který je většinou složen z dlouhých molekul těsně u sebe uspořádaných. Jak to funguje je vidět na obr. 3. Jako polarizátor může také sloužit dvojlomný krystal, který rozloží vstupující paprsek na dva paprsky které jdou jiným směrem, kde jeden z nich je lineárně polarizovaný. Třetí "základní" způsob je polarizace odrazem. Při přechodu světelného paprsku z jednoho prostředí do druhého se paprsek částečně zlomí a částečně odrazí. Pokud paprsek nedopadá kolmo, vždy jsou obě části více či méně lineárně polarizované, směr polarizace odraženého paprsku je rovnoběžný s rovinou dopadu, u lomeného je to naopak. Úplné polarizace může dosáhnout pouze odražený paprsek a to pouze v případě že je kolmý na paprsek lomený. Úhlu dopadu takového paprsku se říká Brewsterův úhel.



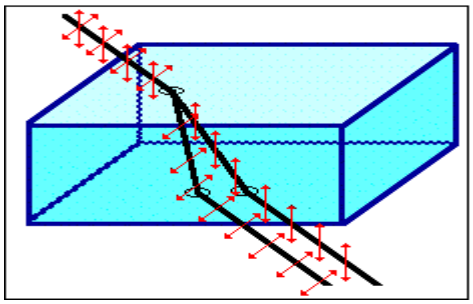
Obr. 1: Obecná vlna



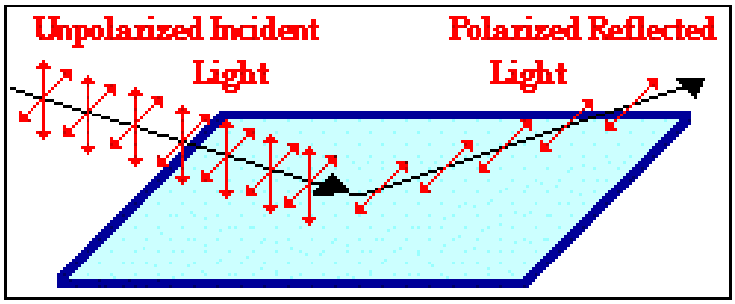
Obr. 2: Zjednodušeně



Obr. 3: Aplikace polarizačního filtru



Obr. 4: Polarizace dvojlomem



Obr. 5: Polarizace odrazem

4 Využití

Vyžití polarizace je opravdu široké. Prvním z nich by mohli být sluneční brýle na vodu. Světlo odražené od vodní hladiny je částečně lineárně polarizované. Brýle v sobě mají takový polarizátor, aby odstranil horizontální složku vlnění. Tím výrazně sníží intenzitu světla odraženého od vodní hladiny. Na polarizaci je také založen princip LCD (liquid krystal

dispaly). Např. display kalkulačky je tvořen dvěma polarizačními filtry tak, že při vypnuté kalkulačce světlo bez problémů prochází. Když na určité místo přivedeme napětí tekuté krystaly se natočí a světlo přestane procházet - na kalkulačce pak vidíme černou plošku. Polarizační filtry se používají i v kamerách a fotoaparátech k snížení odlesků od oken, zrcadel apod. Využívá se také fakt, že některé látky otáčí rovinu polarizovaného světla. Jsou to látky s asymetrickým uhlíkem a říká se jim opticky aktivní. Pomocí polarizace se pak dá měřit např. koncentrace roztoků.

5 Shrnutí

Celkové využití polarizace je však mnohem a mnohem rozsáhlejší než jsme zde uvedli. Doufáme, že se nám podařilo poskytnout vám alespoň nějaké nové poznatky z oblasti polarizace a jejího využití a že to pro vás nebyla jen ztráta času.

Reference:

[1] J. Alfou,Polarizace, http://www.polarization.com/history/history.html

[2] J. J. O'Connor, E. F. Robertson, François Arago, http://wikipedia.infostar.cz/f/fr/francois_arago.html

[3] K. Kvapilíková,Vlastnosti světla, http://www.optics.cz/history/2-2003/texty/vlast_svetla.htm