

Kerrův jev v pevné látce - teoretický základ

Kerrův elektrooptický jev - vznik umělého dvojlomu vlivem elektrostatického pole v původně opticky izotropní látce. Tento indukovaný optický dvojlom je úměrný vlnové délce světla a čtverci intenzity elektrického pole.

Monochromatické vertikálně polarizované světlo dopadá (skrz polarizátor) na PLZT vzorek (speciální keramika - materiál ze smíšených krystalů s obsahem olova, zirkonia, titanu a s příměsí lanthanu) natočený vůči vertikálnímu směru o úhel 45° . Na elektrody vzorku je přiloženo příčné elektrické napětí.

PLZT materiál se v elektrostatickém poli stává dvojlomným, světlo se rozštěpí na paprsek řádný a paprsek mimořádný. Dopadající lineárně polarizovaná vlna může být považována za superpozici dvou ve fázi oscilujících vln, které jsou polarizovány jedna kolmo a druhá paralelně k PLZT destičce a k elektrickému poli, které působí na destičku. Tyto dvě světelné vlny procházejí skrz PLZT destičku s různými rychlostmi. Světelná vlna, která osciluje rovnoběžně s elektrickým polem je v destičce zpožděna oproti vlně, která osciluje kolmo k elektrickému poli. Tím vznikne fázový rozdíl mezi dvěma vlnami a světlo, které projde skrz vzorek, bude elipticky polarizováno. Toto světlo dopadá skrz analyzátor (otočený vůči polarizátoru o 90°) na detektor.

Pro případ, kdy fázový rozdíl mezi dvěma světelnými vlnami bude $\lambda/2$, je výsledkem superpozice těchto dvou vln lineárně polarizovaná vlna. Tato lineárně polarizovaná vlna je otočena o 90° vůči směru polarizace světla vstupujícího do destičky a tedy intenzita světla procházející skrz analyzátor (otočený o 90° vůči polarizátoru) vykazuje maximum. V tomto speciálním případě se napětí, přiložené na elektrody vzorku, nazývá půlvlnné napětí.

Světelná vlna, oscilující paralelně s elektrickým polem, se nazývá extraordinární (mimořádná, s indexem lomu n_e). Vlna oscilující kolmo k elektrickému poli je ordinární (řádna, s indexem lomu n_o). Vzdálenost, kterou urazí světlo v destičce, označíme l . Pak rozdíl v optických drahách dvou vln je $l(n_e - n_o)$. To odpovídá fázovému posuvu

$$\Delta = 2\pi \cdot \frac{l}{\lambda} \cdot (n_e - n_o) \quad (1)$$

kde λ je vlnová délka světla ve vakuu.

Lze ukázat že fázový posun je úměrný délce l a čtverci polarizace P . Jestliže předpokládáme, že polarizace je lineární funkcí intenzity elektrického pole E a směrnicí označíme $2\pi K$, pak

$$\Delta = 2\pi \cdot K \cdot l \cdot E^2 \quad (2)$$

kde K je Kerrova konstanta.

Intenzitu elektrického pole můžeme vyjádřit jako poměr napětí U přiloženého na elektrody a vzdálenosti těchto elektrod d :

$$E = \frac{U}{d} \quad (3)$$

Pro intenzitu světla I za analyzátozem platí v případě daného experimentálního uspořádání (polarizátor a analyzátor jsou zkříženy a elektrické pole je vůči destičce v úhlu 45°):

$$I = I_0 \cdot \sin^2 \frac{\Delta}{2} \quad (4)$$

kde I_0 je intenzita světla za analyzátozem v případě, že směry průchodu světla polarizátorem i analyzátozem jsou shodné a napětí přiložené na elektrody je nulové.

Ze vztahů (2), (3) a (4) lze získat následující vztah pro intenzitu světla měřenou detektorem:

$$I = I_0 \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot K \cdot l \cdot U^2}{d^2} \quad (5)$$

Upravíme-li tento vztah do tvaru

$$U^2 = \frac{d^2}{\pi \cdot K \cdot l} \cdot \arcsin \sqrt{\frac{I}{I_0}} \quad (6)$$

lze ze směrnice této závislosti určit Kerrovu konstantu měřeného materiálu.

Náš vzorek má tyto rozměry: $d = 1,4 \text{ mm}$; $l = 1,5 \text{ mm}$.