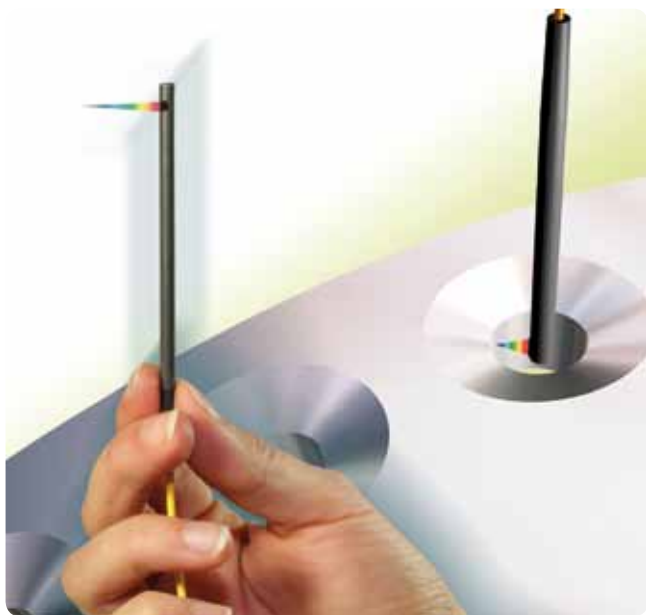


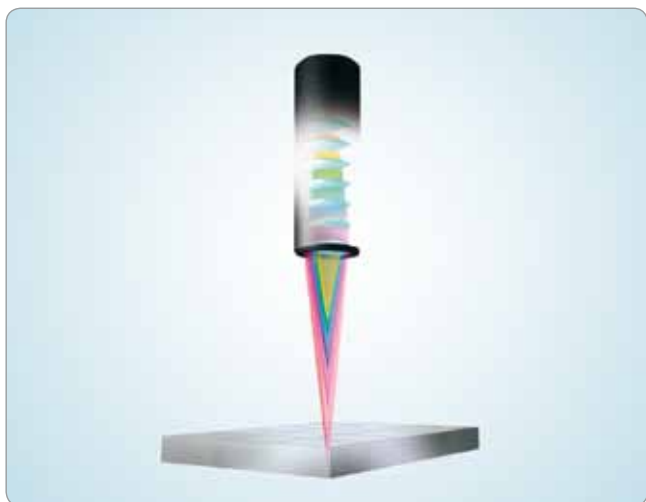
# Porovnanie snímačov posunu (4)

Vo štvrtej časti päťdielného seriálu sa pozrieme bližšie na technológiu merania posunu konfokálnymi snímačmi využívajúcimi rozklad bieleho svetla na zložky farebného spektra vrátane princípu činnosti a príkladu aplikácie.

Meranie posunu s využitím konfokálnych snímačov využívajúcich rozklad bieleho svetla na farebné zložky je známe už viac ako 10 rokov a v súčasnosti sa používa v mnohých aplikáciách. Prvé produkty využívajúce túto technológiu používali snímače, ktoré boli dostupné s priemerom len okolo 50 mm. Odvtedy sa však objavili nové zdroje svetla a v súčasnosti sú už k dispozícii snímače s priemerom od 4 mm. Meranie posunu využívajúce farby svetla má mnoho výhod a umožňuje merať posun v tých najzložitejších aplikáciách.



Každá podoba svetla sa skladá z rozličných vlnových dĺžok (farebného spektra). Biele svetlo pokrýva všetky viditeľné vlnové dĺžky. Rozsah viditeľného svetla pre ľudské oko sa začína od 400 nm (modré) a končí sa na dĺžke 700 nm (červené). Nie všetky vlnové dĺžky možno pomocou šošoviek nasmerovať presne na jeden bod. To sa nazýva chyba chromatickej šošovky alebo aberácia (odchýlka, vybočenie) chromatickej šošovky. Tento jav možno porovnať s hĺbkou ostroty pri použití mikroskopov alebo fotoaparátov. To je presne ten efekt, ktorý používa konfokálna meracia technológia. Rozmazanie ohniska rôznych farieb sa dosahuje špeciálnymi šošovkami. To znamená, že v závislosti od vzdialenosti od šošovky je v ohnisku práve jedna vlnová dĺžka. Len tá sa potom zúčastňuje merania.



Obr. 1 Princíp konfokálneho merania využívajúceho rozklad bieleho svetla. Ohniská vlnových dĺžok svetla sa rozkladajú pozdĺž optickej osi a sú zameriavané na meraný objekt.

Aby sa dosiahla špecifická farebná odchýlka, treba v snímači použiť niekoľko šošoviek, ktoré rozdelia svetlo v závislosti od meracieho rozsahu. Použitím konvergentných (spojných) šošoviek sa farebné spektrum „zviaže“ pozdĺž priamky skôr, ako vyjde zo snímača. Tým sa dosahuje presné zameranie do ohniska. Bez spojných šošoviek by sa svetlo mohlo rozptýliť a meranie by sa nedalo vyhodnotiť.

Biele svetlo dopadá na šošovku cez polopriepustné zrkadlo. Následne sa objaví už opísaná špecifická aberácia. Vlnové dĺžky sa odrážajú od povrchu cieľového objektu a cez šošovku sa vracajú na polopriepustné zrkadlo. Zrkadlo vychýli vlnové dĺžky na perforovaný kryt, ktorý prepustí len najlepšie sústredené vlnové dĺžky s najvyššou intenzitou. Rozmazané spektrá narazia na perforovaný kryt ako zvyšok a nie ako sústredený bod. Sústredené vlnové dĺžky majú dostatočnú intenzitu na vytvorenie výrazného obrusu na CCD snímači. Spektrometer umiestnený za perforovaným krytom vyhodnotí prijatú informáciu o farbe. Ten obsahuje optickú mriežku, ktorá v závislosti od vlnovej dĺžky prijíma jej silnú výchylku na CCD snímači. Každá pozícia na CCD snímači zodpovedá špecifickej vzdialenosti meraného objektu od snímača.

Pre merací rozsah je k dispozícii 30 000 vyhodnocovacích bodov. Na získanie signálu sa vyhodnocuje len vlnová dĺžka ( $\lambda$ ). Vrchol amplitúdy ( $I$ ) sa pri vyhodnocovaní signálu neberie do úvahy. Sila intenzity nehrá žiadnu úlohu. To znamená, že bez ohľadu na to, koľko svetla sa od objektu odrazí, možno informáciu o vzdialenosti získať, pretože výsledkom každého sústredeného odrazu je menšia či väčšia špička za predpokladu, že odrazené svetlo je silnejšie ako vyžarovanie pozadia. Vďaka použitiu konfokálneho princípu merania možno spoľahlivo merať vysoko reflexné materiály vrátane čiernej gumy či prievitných materiálov, ako sklo či kvapaliny.

## Nová technológia, nové možnosti

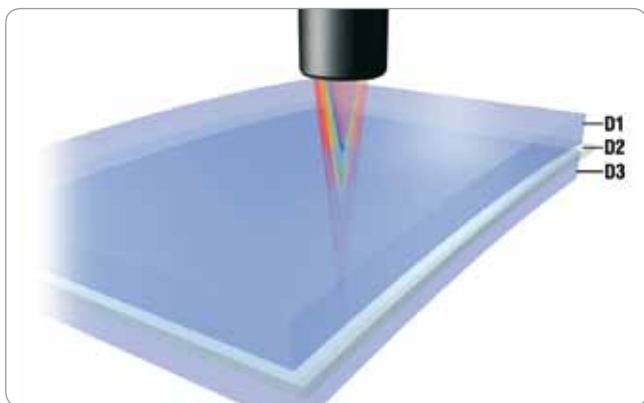
Pri použití konfokálnej technológie využívajúcej rozklad bieleho svetla možno dosiahnuť extrémne vysoké rozlíšenie. Pri rozšírení farebného spektra možno dosiahnuť rozlíšenie v rozsahu nanometrov. Ak sa v ohnisku použije pre informáciu o vzdialenosti farba, majú konfokálne snímače extrémne malý merací bod, čo umožňuje realizovať meranie aj na veľmi malých objektoch. Takto možno spoľahlivo merať aj tie najmenšie trhlinky na povrchu.

Nasmerovanie lúča snímača je kompaktné a sústredené. To napríklad umožňuje vytvoriť systém merania vnútri vrtných dier, ktorý nemožno vôbec alebo len veľmi ťažko vytvoriť s inými optickými metódami, ako sú napr. triangulačné metódy, a to najmä pre vytváranie tieňov. Ideálnou voľbou sú v tomto prípade miniatúrne konfokálne senzory od spoločnosti Micro-Epsilon so značením optoNCDT2402 s priemerom snímača len 4 mm.

Ďalšou potenciálne zaujímavou aplikáciou je meranie hrúbky prievitných filmov, tabúl či vrstiev. Na rozdiel od iných metód vyžaduje konfokálny systém len jeden snímač na meranie tohto typu. Vyhodnocuje sa odraz svetla vpredu a od zadného povrchu. Nakoľko meranie sa realizuje len s využitím bieleho svetla, netreba aplikovať žiadne ochranné metódy ako pri meraní laserom. Snímač možno umiestniť aj v potenciálne výbušnom prostredí a systémoch, ktoré sú citlivé na EMC. Hlava snímača je kompletne pasívna, nie je v nej žiadna elektronika. Regulátor možno tiež umiestniť v bezpečnej vzdialenosti. Vzdialenosť medzi snímačom a regulátorom môže pri použití optických káblov dosiahnuť až 50 m. Treba však poznamenať, že v trase optického lúča sa nesmú objaviť žiadne objekty ani čiastočky. To by mohlo viesť k nepresnému meraniu, prípadne vôbec nemožnosti vykonať meranie. Pretože ide o optickú metódu, môže byť vzdialenosť medzi snímačom a meraným objektom len v určitom rozsahu.

## Preklenutie dvoch brehov

Veľa rokov sa na výrobu okien používaných v automobiloch používalo bezpečnostné sklo. Ako predné sklo možno použiť len laminované bezpečnostné sklo. Tento typ skla sa skladá z dvoch alebo viacerých vrstiev, pričom medzi vrstvami sa nachádza adhezívny plastický film, ktorý pri náraze zabraňuje skleneným črepinám rozletieť sa do priestoru. Pri výrobe sa tento plast natáha ako film medzi jednotlivé vrstvy. Pomocou autoklávy sa plastický film zatavuje pri vysokej teplote a tlaku s dvomi vrstvami skla. Hrúbka plastickej vrstvy nemusí byť počas procesu rovnaká na celej ploche čelného skla. Ak sa čelné sklo roztriešti a spôsobí zranenia, výrobca nesplnil predpísané požiadavky, aby sa črepiny nerozleteli do priestoru a nezranili cestujúcich. Hrúbka plastickej vrstvy musí podliehať náhodnej kontrole vzoriek.



Obr. 2 Konfokálny snímač určuje hrúbku filmu medzi dvomi vrstvami. D1 a D3: Hrúbka sklenených tabúľ; D2: Hrúbka filmu

Pri tabuliach skla možno použiť triangulačné meranie laserovým lúčom len výnimočne. Laserový lúč by mohol preniknúť čelným sklom, čo znemožňuje určiť hrúbku vrstvy vnútri priehľadného

materiálu. Z tohto dôvodu sa pre túto špeciálnu aplikáciu používajú konfokálne snímače s meracím rozsahom 10 mm. Rozlíšenie snímačov je  $0,4 \mu\text{m}$ . S cieľom dodržať konštantnú ofsetovú vzdialenosť snímača bol vytvorený malý kryt okolo snímača, ktorý treba ešte pred začatím merania umiestniť na čelné sklo. Výsledky merania sa cez optické káble prenášajú do regulátora vzdialeného 10 m. Tým sa dosahuje bezpečná pracovná vzdialenosť. Snímač získava vzdialenosť prechodov jednotlivých vrstiev na čelnom skle, ako napr. sklo – plast. Pri každom meraní sa počítajú štyri body. Rozdiel medzi jednotlivými bodmi predstavuje hrúbku plastickeho filmu. Až keď má film konštantnú hrúbku, možno predpokladať, že výroba beží správne a čelné sklo možno dodať zákazníkovi.



V poslednej časti seriálu sa budeme zaoberať komplexnými technológiami laserových profilových skenerov. Ďalší rozmer totiž znamená možnosť realizovať úplne odlišné typy aplikácií.

Autor: Dipl. Wirt.-Ing. (FH) Florian Hofmann,  
MICRO-EPSILON MESSTECHNIK GmbH & Co. KG

**Juraj Devečka**

[juraj.devecka@micro-epsilon.cz](mailto:juraj.devecka@micro-epsilon.cz)