

7. Fijne stof in een 'reversal-' of omkeerinterferometer.

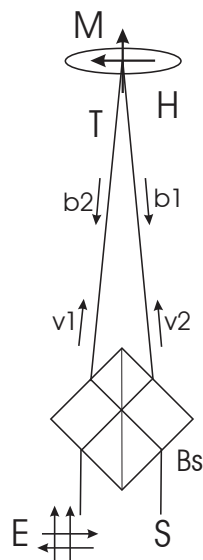
Inhoud

7.1. Een beeld én een links-rechts omkering.....	1
7.2. Een tweede versie van een reversal.....	2
7.3. Een derde versie van een reversal	3
7.4. Gevoeliger, maar daardoor minder stabiel	5
7.5. De reversal-interferometer op de optische bank	6

7.1. Een beeld én een links-rechts omkering

Een reversal-interferometer geeft een beeld, tezamen met het spiegelbeeld. Brengen we b.v. de vinger in de eerste helft van de lichtweg, b.v. in de linkerhelft, dan zien we in de rechterhelft van de spiegel diezelfde vinger verschijnen, maar nu links-rechts omgekeerd.

Kijken we naar de tekening hieronder links. We zien de wijsvinger naar links wijzen. Denken we die vinger in tekening 2 net voor de spiegel M, op de plaats van de letter H (van Hand). Zowel de vinger als de pijl wijzen naar rechts.



Het beeld is rechtopstaand. Volgen we dit beeld via de beeldafstand b_1 via B_s naar E. We merken dat de splitter B_s op zijn ribbe staat. In E blijft het beeld van de vinger rechtopstaand naar links wijzen. Volgen we nu de weg van de vinger via b_2 . In B_s maakt dit beeld op de half doorlaatbare spiegel in B_s een links-rechts beeldomkering. In E zal dit beeld nog steeds rechtopstaand zijn, maar links-rechts omgekeerd. Blijven we met de vinger binnen de rechterhelft van de spiegel, dan zal het beeld dat links-rechts omgekeerd is, binnen de linkerhelft van de spiegel blijven. We zien dan het samengaan van twee beelden, zoals weergegeven in de tekening hierboven rechts.

Bouwen we de opstelling en kijken we wat er zich toont. We zien een aantal interferentielijnen netjes evenwijdig naast elkaar. Brengen we een vinger in de ene helft van de spiegel, dan zien we uiteraard hiervan eveneens het spiegelbeeld, maar we merken dat de vinger de lijnen bij elkaar drukt.

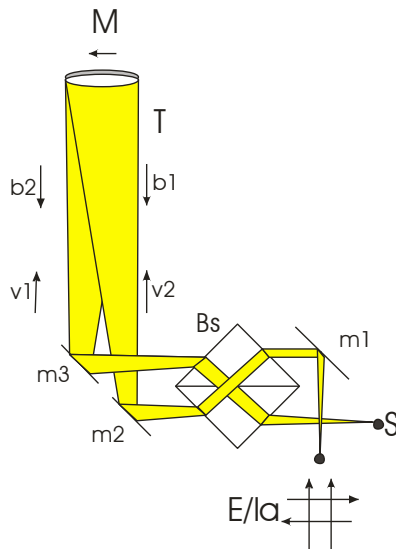
De virtuele lichtbron en het beeld vallen niet samen, maar hebben een kleine scheiding en er worden enkele aberraties geïntroduceerd op het vlak van de uitgang naar het prisma¹. Dit leidt tot beeldfouten.



7.2. Een tweede versie van een reversal

Lossen we dit eenvoudig op door het toevoegen van twee vlakke spiegeltjes m_1 en m_2 . Het laserlicht verlaat evenwijdig de splitter en treedt er na weerkaatsing ook evenwijdig terug in.

¹ The virtual light source and image do not coincide, but have a small separation and some aberrations are introduced on the plane exit face to the prism (Malacara, Optical Shop testing, Wiley and sons, 1978, p.174).



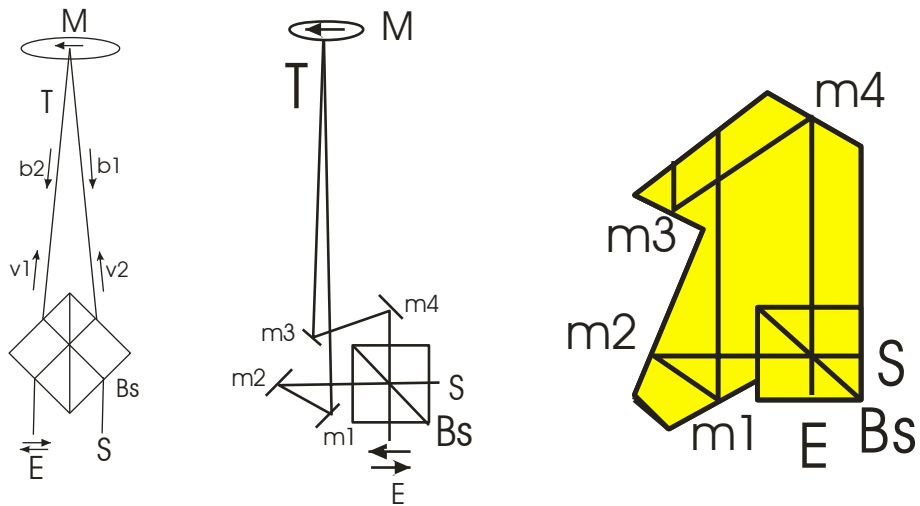
Trachten we met deze laatste opstelling de interferentielijnen te verbreden. Kijken we dan wat er zich toont. Het beeld is bijzonder instabiel. Voortdurend krijgen we een storm van wisselende interferentiekleuren. Daar is een goede uitleg voor. Vergelijken we het met de basisopstelling met ongelijke lichtweg. Beweegt de spiegel er op een minimale wijze, dan bewegen de beelden in E eveneens, maar in dezelfde zin. In een reversal-interferometer bewegen de deelbundels en de beelden uiteraard in tegengestelde zin.

Brengen we de hand in de lichtweg, dan blijft het beeld uiteraard erg labiel, maar trachten we een algemene indruk weer te geven in het fragiele beeld, dan zien we wat hieronder is weergegeven.

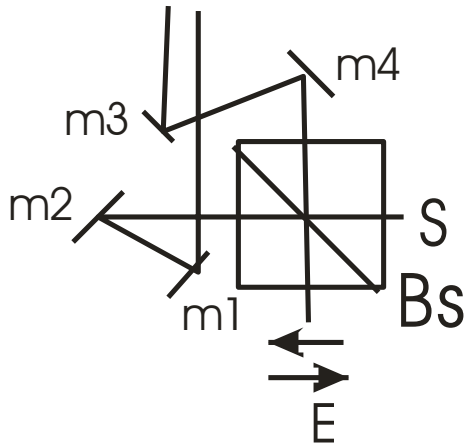
7.3. Een derde versie van een reversal

Om te vermijden dat de lichtstralen schuin invallen op de splitter kunnen we onze reversal ook opstellen als volgt. Op de tekening links zien we de versie met de deelbundels die schuin op de splitter invallen.

Op de tekening in het midden werden de vlakke spiegeltjes m_1 , m_2 , m_3 en m_4 toegevoegd. Men merkt dat in E zowel het beeld als zijn omkering kunnen waargenomen worden. Deze omkering wordt veroorzaakt door de spiegeltjes m_1 en m_2 . Zouden we deze vervangen door slechts één spiegeltje en het licht rechtstreeks naar B_s sturen, dan hadden we, indien goed uitgelijnd, een basisopstelling met gelijke lichtweg. Nu dus niet. Nu hebben we een reversal met gelijke lichtweg. Om de opstelling nauwkeurig te bouwen gebruikten we weer een kaartje als onderlegger voor de splitter, met hierop een nauwkeurig uitgelijnde en voor beide bundels even lange lichtweg, wantegen de verschillende vlakke spiegeltjes kunnen gemonteerd worden.



We zien hieronder het schema van het kaartje, naast een voorbereiding van de opstelling. Letten we het spiegelkje m_4 op de foto in het midden. We zien hierin de weerspiegeling van de uitgetekende lijnen op het kaartje. Zo kunnen we op het zicht als gedeeltelijk afstellen. Het oog ziet al, heel nauwkeurig of een gespiegelde lijn in het verlengde ligt van de originele lijn. We zien in de weerspiegeling dat er nog een kleine fout in de afstelling is.

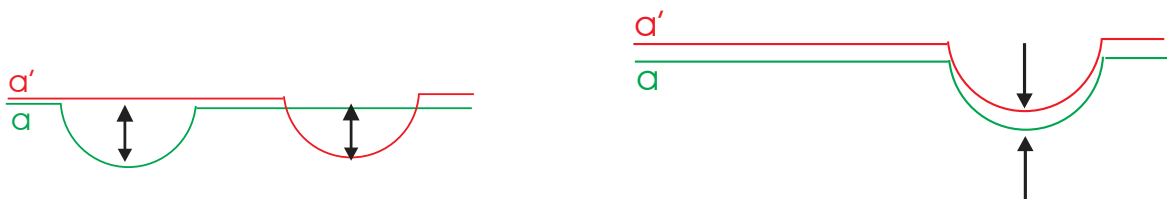


7.4. Gevoeliger, maar daardoor minder stabiel



Naast het feit dat elke trilling zich in een tegengestelde beweging omzet en leidt tot hevige kleurenstormen, is er eveneens wat we een toegenomen gevoeligheid zouden kunnen noemen.

In E krijgen we een samengaan van twee beelden, waarvan in elk beeld slechts één helft werd verstoord. De andere helft beeld ‘onaangeroerd’. Mengen zich twee zulke beelden, dan is de verstoring groter dan de verstoring veroorzaakt door twee golven die eenzelfde verstoring ondergaan. Dat willen de beide tekeningen hieronder illustreren. Links zien we de voorstelling van een verstoring in een reversal-interferometer, rechts een verstoring in b.v. onze basisopstelling. Het gevolg is dat een reversal veel onstabiel is, maar omwille van de grotere vervorming van de resulterende golf, ons heel wat meer details toont.



Dat merken we inderdaad op de tekening hoger op, die de twee ‘brandende vingers’ voorstelt. We zien net boven de vinger blijkbaar twee interferentielijnen, de ene in de andere, de ene ook wat kleiner dan de andere. Wat verbaast is dat ze elk toch enigszins een grens aangeven. Vergelijken we het met de rook van een sigaret. Die wordt geleidelijk ijler. Je kan moeilijk een grens trekken tussen ‘hier is duidelijk nog rook’ en ‘hier is geen rook meer’.

Terug naar de tekening. In werkelijkheid is het dus een statische neerslag van een bijzonder dynamisch gebeuren. Regelmatig openen de lijnen zich even en ontsnappen er, laten we ze warmtebubbels noemen, die recht omhoog stijgen. Ze zorgen telkens voor een caleidoscopisch kleurenspectrum. Men kan er gefascineerd naar blijven kijken.

Het zou des te boeiender zijn, zo de hele opstelling trivrij kon worden gemaakt. Maar het is een amateur nu eenmaal niet gegeven zijn optische bank tot in de orde van nanometers, van miljardsten van een meter, stil te houden. Uiteraard stelt zich hier de vraag wat indien dit alles op een professioneel niveau zou worden gebouwd. Het afstellen van de 18 spiegels van de James-Webb telescoop op elkaar toont aan dat zulks technisch wel mogelijk is.

Wat tot hertoe over de reversal-interferometer werd gezegd, geldt bij volle lichtsterkte. Kijken we tot slot van deze tekst ook nog even in een bijna-duisternis. We draaien de dimmer bijna helemaal dicht en kijken wat er zich toont als we de vinger in de lichtweg houden. Weg zijn de kleuren, weg ook het labiele karakter van de opstelling. We zien de vinger en zijn spiegelbeeld, weer omgeven van een flauw lichtende band zoals we dat zagen bij de foucault-opstelling en de basisopstelling.



7.5. De reversal-interferometer op de optische bank

Hieronder een blik op optische bank in de ‘donkere’ kamer, waar een reversal in aanbouw is. Het is een relatief eenvoudige oplossing. Men ziet de witte ‘punt’-lichtbron S, de beamsplitter Bs en het kleine spiegelkje m1. De waarnemer bevindt zich in E net achter de optische bank. Op de foto is dat dus onderaan.

De laser staat nog wat verder achter de waarnemer, niet in beeld, zodat deze het laserlicht nooit in het oog kan schijnen. De letters ‘vm’ staan voor de vlakke spiegel die zich halverwege de divergerende (of convergerende) lichtbundel bevindt en het licht weerkaatst naar de holle

spiegel M. Deze staat onder de houten plaat net voor de waarnemer in E. Men ziet het laserlicht eronder verdwijnen. Het laserlicht is later op de foto bijgetekend.

De overige spiegels op de achtergrond staan klaar voor andere opstellingen. Alle grote spiegels (155 mm doormeter) staan op wagentjes die via balken vanuit de plaats van E kunnen bewegen volgens de drie assen. Ze kunnen dus dichterbij en verder worden geschoven, draaibewegingen maken en hoger, lager of meer naar links en rechts worden gezet. Dit alles met stelschroeven.

