

Fotonische lichtmachine

Ir. R. Couwenberg MBA • Sumipro BV

In de wereld van de fotonische lichtmachines is lichtopbrengst een belangrijk onderwerp. Zo worden bijvoorbeeld flitsbuizen toegepast in behandelapparatuur voor huid-aandoeningen. Bij deze behandeling is er een grote hoeveelheid uitgestraald licht nodig. Hiervoor worden Xenon flitsbuizen gebruikt die een grote lichtopbrengst paren aan korte pulsbreedtes.

De lampen hebben een lange dunne cilindervorm en stralen naar alle richtingen licht uit. Het huis waarin de lamp is gemonteerd (de lichtkop) is slechts aan één van de lange zijdes open en van de omgeving afgeschermd door een afdekglas. Het ligt dus voor de hand om een spiegel te gebruiken om het naar achteren gestraald vermogen te reflecteren richting de open zijde. Daarmee wordt het ontwerp van de lichtkop net zo belangrijk als de keuze van de lamp, want er wordt meer licht in de 'verkeerde' richtingen uitgestraald dan direct in de goede richting. Een juist ontworpen spiegel kan dan veel resultaat opleveren.

Sumipro heeft afgelopen jaar enkele van dergelijke lichtmachines optisch mogen optimaliseren en bereikte een forse extra lichtopbrengst. In dit artikel wordt ingegaan op de ontwerpkeuzes die voor dit soort lichtmachines gemaakt zijn.

Lichtkop

Enkele van deze lichtkoppen (als voorbeeld voor dit artikel) zijn afgebeeld in figuur 1.



Figuur 1: enkele voorbeelden van lichtkoppen van een IPL apparaat.

De kop is aan één zijde open en het licht wordt met een diafragma van glas of quartz op de huid gestraald. De hoeveelheid licht die de kop uitstraalt hangt af van de maatvoering en vorm van de opening in het huis en de mate waarin het licht van achterin het huis wordt gereflecteerd. Veelal is de binnenbehuizing van de lampkop van roestvrijstaal, omdat de Xenon flitsbuizen met water moeten worden gekoeld. De reflectiecoëfficiënt van roestvrijstaal is slechts circa 70%. Met een onjuiste spiegelvorm reflecteren stralen meerdere malen in het huis en zullen zij snel uitdoven. Dit betekent voor het huis verdere opwarming en dus is er nog meer koeling nodig.

Spiegelcoating en vorm

Gezien de omgeving waarin de spiegel moet werken -een watergekoelde omgeving, waarin geen vervuilingen mogen optreden- is de materiaalkeuze voor de spiegel belangrijk. Roestvrijstaal wordt door de lampfabrikanten dan ook aanbevolen. Zoals hierboven al is vermeld is de reflectiecoëfficiënt van dit materiaal eigenlijk te laag. Om deze te verhogen is een coating op de spiegel nodig. Afhankelijk van het te reflecteren golflengte gebied dient een geschikte coating gevonden te worden.

Het tweede aspect dat van grote invloed is op het gedrag van de spiegel is uiteraard de spiegelvorm. De optimale



Ir. R. Couwenberg MBA.

Remco is als business developer werkzaam bij de R&D afdeling Optical & Imaging Systems van Sumipro BV, waar de fotonica ontwikkelactiviteiten plaatsvinden. Zijn speciale aandacht gaat uit naar innovatieve ontwerpen die tevens praktisch haalbaar en tegen acceptabele kosten maakbaar zijn. Verder houdt hij zich bezig met het projectmanagement van de ontwikkelopdrachten binnen OIS.

Contactadres:

Sumipro BV

Optical & Imaging Systems

Bedrijvenpark Twente 323

7602 KL Almelo

Tel : +31 (0) 546 815 141

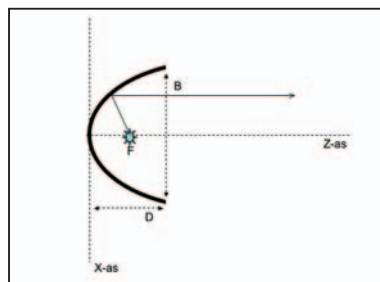
Fax: +31 (0) 546 811 479

www.sumipro.nl

email: info@sumipro.nl

E-mail: a.meijerink@utwente.nl

spiegel om licht vanuit een puntbron parallel terug te kaatsen is de parabool. Zie figuur 2.



Figuur 2: Schematische voorstelling parabolische spiegel.

De stralen die vanuit puntbron F naar achteren stralen worden als een parallel bundel naar voren gekaatsd. Het optische brandpunt F van een parabool wordt hierbij gegeven door: $F = \frac{1}{4a}$. Echter, in de praktijk heeft men vaak te maken met een beperkte diepte (D) en breedte (B). De vraag wordt dan welke parabool en welk brandpunt bij deze geometrische afmetingen het meest ideaal is. Het antwoord is die parabool die exact door de punten (B/2,D) en (-B/2,D) gaat. Dat geldt voor de parabool waarvoor geldt dat: $a = \frac{4D}{B^2}$. Dus het ideale brandpunt bij gegeven afmetingen wordt dan gegeven door: $F = \frac{B^2}{16D}$

In de praktijk heeft deze optimale spiegel twee nadelen:

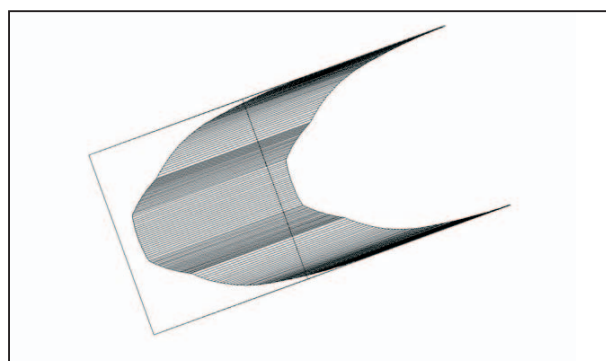
1. De lamp is geen puntbron en kan gezien worden als een grote verzameling puntbronnen die niet in het brandpunt van de parabool staan. Daarom zullen veel stralen niet als gewenst reflecteren. Met name wanneer de lichtbron een diameter heeft die in de orde van 1/10e van B is dan gaat de benadering 'puntbron' niet goed meer op.
2. De lamp heeft een diameter die het soms onmogelijk maakt een parabool te ontwerpen die enerzijds in de lichtkop past en anderzijds ruimte laat om de lichtbron te omvatten.

Praktische alternatieven

Naast de parabool vorm zijn er vele minder optimale spiegelvormen mogelijk die vaak wel passen. Als voorbeeld zijn in onderstaande tabel de simulatie-resultaten van diverse spiegels gegeven met hun extra lichtopbrengst t.o.v. een huis zonder spiegel. Hierbij moet vermeld worden dat het lamphuis zelf van roestvrijstaal is met een reflectiecoëfficiënt van 70% en dat de spiegels een reflectiewaarde hadden van 90%, iets wat met de juiste coating of materialen praktisch haalbaar is. Echter, gezien de bijzondere omstandigheden waaronder de materialen en coatings soms moeten werken (temperatuur en druk), is het niet altijd mogelijk om deze te hoge reflectiecoëfficiënten te halen. In die gevallen wordt de vorm van de spiegel dus nog belangrijker.

Spiegelvorm	Extra lichtopbrengst
Geen spiegel, vierkant rvs-huis	n.v.t.
Rechthoekige plaat als spiegel achter de lamp	11 %
Gebogen cirkelvormige spiegel achter de lamp	11 %

Gezien deze resultaten hebben de engineers van Sumipro naar vormen gezocht die het idee van de parabolische spiegel beter benaderen en die toch in de doorgaans te smalle behuizing passen. Eén van de mogelijkheden is om de parabool te benaderen met delen van parabolen, waarmee in ieder geval een gedeelte van het optimum wordt bereikt. Zie de onderstaande figuur voor een paraboolspiegel die bestaat uit 7 aparte paraboolsegmenten.



Figuur 3: 7-voudige paraboolspiegel en een trapeziumvorm.

De spiegel wordt hierbij ontworpen aan de hand van de toegestane hoeken waaronder het licht nog de spiegel mag verlaten en de lichtbron wordt vervolgens benaderd door een 7-tal puntbronnen. Voor elk van de 7 puntbronnen wordt een segment van de ideale parabool gekozen waaronder het binnen de toegestane hoeken valt. Deze spiegel bleek in de praktijk uitstekend te voldoen. Met een praktisch goed te realiseren benadering van een dergelijke spiegel hebben de engineers van Sumipro een verbetering in de lichtopbrengst van 70% weten te realiseren.

Overigens zij vermeld, eveneens als voorbeeld, dat spiegels niet alleen werken bij zichtbaar licht, maar ook bij UV-straling zijn spiegels door Sumipro in de praktijk succesvol toegepast.

Conclusies

Door toepassing van de juiste spiegelvorm en een hoogwaardige reflectiecoating is de lichtopbrengst van iedere lamp in een bepaalde richting sterk te vergroten. Vorm, materiaal en coating van de spiegel zijn daarbij wel specifiek voor de te gebruiken lamp, het huis waarin het geheel moet passen en de toepassing waarvoor de lichtbron is bedoeld. Indien deze in overeenstemming met elkaar kunnen worden gebracht zijn spectaculaire verbeteringen in de lichtopbrengst haalbaar. ♦