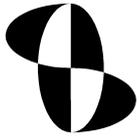


DISPENSE DI

PROGETTAZIONE OTTICA
PROGETTAZIONE DI STRUMENTI OTTICI

Cap.7 – INTERFACCE OTTICHE

Ing. Fabrizio Liberati



Cap. 7 INTERFACCE OTTICHE

7.1 Accoppiamento di sistemi ottici

Accoppiare tra loro due sistemi ottici significa unirli in modo che costituiscano un nuovo sistema ottico. Affinché questa operazione, apparentemente semplice, sia corretta e non risulti inaspettatamente priva di successo, occorre seguire delle regole semplici ma piuttosto rigide.

Innanzitutto, anche se può sembrare banale, è bene ricordare che è necessario che le bande spettrali di funzionamento coincidano o almeno siano compatibili: un sistema che pretenda di utilizzare un beam expander per un laser come moltiplicatore di ingrandimenti di fronte ad un sistema ottico funzionante nel visibile avrà per lo meno problemi di tipo cromatico.

In secondo luogo occorre che la pupilla di uscita del primo sistema, cioè quello attraversato per primo dalla luce, coincida con la pupilla di ingresso del secondo sistema. La coincidenza deve essere di posizione e, se vogliamo che il sistema risultante abbia un comportamento ottimale, di dimensioni, altrimenti uno dei due sistemi ottici risulterà sovradimensionato.

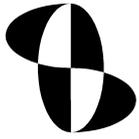
Occorre infine che l'immagine del primo sistema ottico, eventualmente l'immagine virtuale, costituisca l'oggetto del secondo sistema: in altre parole deve essere possibile aggiustare il fuoco di uno dei due sistemi perché l'immagine finale risulti nitida.

L'occhio che guarda attraverso uno strumento ben progettato e realizzato costituisce un riuscito esempio di accoppiamento tra due sistemi ottici. Le regole date sopra sono rispettate se lo strumento è corretto per tutto lo spettro visibile, la pupilla di uscita coincide con la pupilla dell'occhio e l'aggiustamento diottrico consente una visione rilassata.

7.2 Boresight e allineamento

I sistemi ottici sono utilizzati spesso nel campo delle misure angolari o come dispositivi di mira. Abbiamo visto che un reticolo posto sul piano immagine di un telescopio può consentire direttamente la misura angolare; allo stesso modo ciascun punto del reticolo, ed in particolare il centro, materializza una direzione nello spazio osservato. L'allineamento è la regolazione angolare che consente di portare la direzione individuata dal sistema ottico a coincidere con un'altra direzione. L'allineamento non è mai una regolazione assolutamente precisa, ma ogni volta occorre tener conto di un errore residuo; tale errore nel tempo può essere soggetto a variazione per le mutate condizioni ambientali, per deriva, urti accidentali o per altri motivi. Pertanto è bene periodicamente verificare che non siano intervenute variazioni significative nell'allineamento ed eventualmente apportare le azioni correttive.

Nel caso in cui il sistema ottico sia provvisto di reticolo, l'allineamento si può effettuare muovendo il reticolo entro il piano focale dell'obiettivo o analogamente muovendo l'obiettivo ortogonalmente all'asse ottico, in modo che il reticolo ne continui ad occupare il piano focale: in entrambi i casi si ottiene una variazione della



direzione che il sistema individua nello spazio oggetto. Due sistemi ottici vicini possono essere allineati tra loro secondo quanto detto sopra, ma per non commettere l'errore di parallasse, è necessario che lo spazio osservato sia a distanza molto superiore alla distanza trasversale tra gli assi ottici dei due sistemi. Se così non fosse, le due direzioni non sarebbero parallele ma convergerebbero verso un unico punto con un angolo non trascurabile. In qualche caso la parallasse è necessaria poiché i due sistemi piuttosto che essere paralleli devono per qualche motivo convergere su un oggetto ad una certa distanza. Occorre tener presente però che appena cambia la distanza dall'oggetto osservato si ripresenta un errore angolare.

7.3 Interfaccia opto-meccanica ed interfacce per laser

Ogni volta che occorre posizionare un sistema ottico in relazione ad altri elementi o sistemi, è necessario definire un'interfaccia ottico-meccanica. Con questo termine indichiamo sia le grandezze ottiche necessarie per l'accoppiamento di sistemi ottici, come ad esempio la posizione e le dimensioni della pupilla di cui si è già detto, sia le modalità per ottenerlo dal punto di vista geometrico e del fissaggio meccanico.

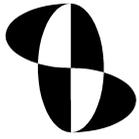
Esistono tipi di interfaccia che, se non proprio standard, sono un riferimento noto nel campo dell'ottica e della meccanica fine. L'interfaccia meccanica ideale è un collegamento solido e sicuro, in grado di mantenere un allineamento nel tempo, indeformabile, facile da montare e riproducibile, ossia che se smontato e rimontato, faccia tornare il sistema nella stessa posizione o comunque in una equivalente da un punto di vista ottico.

Nella scelta di un'interfaccia occorre tener conto di costi, precisioni, tecnologie, condizioni operative, necessità o meno di smontaggi frequenti; va considerata la geometria e la meccanica, le masse, la resistenza dei materiali e l'usura, la scienza delle costruzioni e la perizia dell'utente e l'effetto della gravità o di altre sollecitazioni; occorre evitare fissaggi iperstatici o quelli che potrebbero deformare una o entrambe le parti. In alcuni casi è importante materializzare una direzione per avere un riscontro da utilizzare in fase di collaudo o come ulteriore riferimento.

Vediamo ora brevemente le caratteristiche di alcune delle interfacce più utilizzate.

Piano

Un piano può definire la direzione a cui l'asse ottico può essere ortogonale. E' l'interfaccia più semplice da definire e materializzare, ma può dar luogo ad ambiguità se la superficie che lo rappresenta non è di qualità adeguata, in particolare se presenta deformazioni localizzate. Per questo in generale conviene definire il piano non come una superficie fisica, ma piuttosto come la superficie geometrica che passa per tre punti, che normalmente si approssimano con tre piccole aree. Per materializzarla basterà poggiare una superficie riflettente sulle tre le aree e, ad esempio, posizionare un autocollimatore con l'asse ottico ortogonale allo specchio. Lo specchio dovrà avere la superficie riflettente parallela all'altra entro un angolo molto minore della precisione con cui si intende individuare la direzione. Poggiare



OPTO SERVICE srl

uno specchio su una superficie estesa non perfettamente piana può causare errori di allineamento che dipendono dalla posizione occupata dallo specchio.

Tre appoggi e due spine

Utilizzare un piano come riferimento comporta l'indeterminatezza della posizione che l'asse ottico occupa sulla superficie piana. In qualche caso questo non è importante, ma spesso occorre determinare anche la posizione trasversale di un asse ottico sul piano. Questo si ottiene mediante l'uso di spine: tre appoggi definiscono un comune piano di interfaccia e mentre la posizione di due punti meccanici di riferimento ne fissano le coordinate x y . Le spine sono dei cilindretti di acciaio di diametro molto preciso fissati su una delle due superfici, mentre sull'altra sono previsti i fori che li ospiteranno. In particolare un foro sarà cilindrico, mentre l'altro sarà asolato nella direzione che congiunge le due spine, in modo da evitare un accoppiamento iperstatico, e cioè che i pezzi non si possano montare, si deformino o si incastrino. Di questo fissaggio è possibile realizzare diverse varianti, ma il principio rimane lo stesso.

Coda di rondine

L'accoppiamento a coda di rondine è realizzato mediante la costruzione di due piccole superfici, la cui retta di intersezione è l'asse ottico o dista dall'asse ottico di una quantità nota: le due superfici, che sono entrambe presenti sui due pezzi da accoppiare, ne rappresentano la materializzazione. L'interfaccia si realizza fissando una contro l'altra le superfici da accoppiare.

Cilindro e V

In questo accoppiamento l'asse del cilindro rappresenta l'asse ottico che è parallelo alla retta di intersezione tra i due piani che costituiscono la V e da questa dista una quantità nota. Il fissaggio può avvenire per gravità o può essere più fermo assicurando i pezzi l'uno contro l'altro mediante una spinta data ad esempio da una fascia che fissi il cilindro al corpo della V. Anche in questo caso, per evitare incertezze di posizionamento, è opportuno che i piani costituenti la V siano di piccole dimensioni.