

I sistemi ottici di ArNICa

S. Gennari¹

n. 2/97

¹ Osservatorio Astrofisico di Arcetri,
Largo E. Fermi 5, I-50125 Firenze (Italy) —

La camera ArNica (acronimo di ARcetri Near Infrared CAmera), sviluppata dal gruppo strumentazione infrarossa dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri (Lisi et Al. 1996) e operativa al telescopio TIRGO (Telescopio InfraRosso del GOrnergrat) fino dal 1992, è stata poi impiegata, grazie alle sue buone prestazioni e alla sua relativa facilità di trasporto, ad altri telescopi già dal Dicembre 1993, con ottimi risultati, sia dal punto tecnologico che scientifico.

Il gruppo strumentazione infrarossa, per permettere questa versatilità, ha dovuto affrontare e risolvere una certa quantità di problemi fra i quali il progetto e la realizzazione di alcuni sistemi ottici che adattassero le caratteristiche ottico-meccaniche dello strumento ai vari telescopi.

Scopo di questo breve rapporto è quello di offrire una panoramica sul lavoro svolto in questa direzione e di confrontare le caratteristiche ottiche dei vari sistemi progettati, in modo da riassumere una grande parte di esperienza acquisita dal gruppo strumentazione infrarossa in questi ultimi anni.

1. Ottica per TIRGO

L'ottica per il TIRGO nacque con lo strumento stesso e fu sviluppata da D. Bonaccini intorno al 1990. Le richieste fondamentali per questa ottica furono quella di usare un rivelatore, allora appena entrato in disponibilità, NICMOS3, che ha 256x256 pixels con un passo di 40 μm , ed una scala di 1 arcsec/pixel. Il sistema doveva inoltre avere una lunghezza tale da poter essere racchiuso in un dewar standard prodoto dalla Infrared Laboratories Inc., la ditta che poi avrebbe realizzato lo strumento, sia per limitare il costo di produzione che gli ingombri dello strumento stesso.

Essa prevede due doppietti staccati di Silice Fusa e Solfuro di Zinco con una immagine della pupilla non parallela. La prima lente di Solfuro di Zinco risulta avere una superficie asferica e la lunghezza totale del sistema, misurato tra il piano focale del telescopio e quello dello strumento, risulta di 209.77 mm. Il sistema è descritto nella figura 1; le prestazioni del sistema sono riassunte, insieme a quelle degli altri sistemi ottici, nella tabella 1.

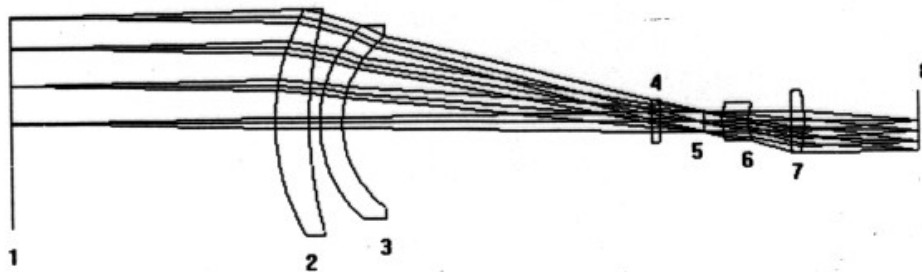


FIGURA 1 - Sistema ottico per il TIRGO

Nella figura 1 sono rappresentati tutti gli elementi ottici essenziali del sistema: si ha il piano focale del telescopio (1), il primo doppietto costituito dalla lente asferica di Solfuro di Zinco (2) e da una lente di Silice Fusa (3). Segue un filtro (4), il piano dell'immagine della pupilla (5), che risulta di 5 mm. Infine il secondo doppietto, costituito ancora da una lente di Silice Fusa (6) e da una di Solfuro di Zinco (7) forma l'immagine sul piano focale dello strumento (8) sul quale viene posto il rivelatore. Tutte le lenti sono trattate con rivestimenti anti-riflesso che assicurano una trasparenza (nell'intervallo $0.95 \mu\text{m} - 2.50 \mu\text{m}$) migliore del 98% a superficie.

Essendo la prima ottica prodotta questa ha condizionato pesantemente il progetto delle altre, in quanto ha definito alcuni parametri ottico-meccanici, quali la distanza tra il piano focale del telescopio e quello dello strumento o la posizione della ruota dei filtri con i relativi ingombri meccanici, che i successivi sistemi ottici hanno dovuto rispettare.

Recentemente è stata studiata la possibilità di aggiungere a questa ottica una certa capacità spettroscopica, mediante l'inserimento di grismi vicino al piano del filtro (Ferruzzi, 1996). Mediante l'inserimento di tre grismi (uno per banda spettrale) nella ruota porta-filtri, si ottiene la dispersione delle tre bande fotometriche sulla parte centrale del rivelatore, con una risoluzione di circa 150 (usando una fenditura da 2 arcsec). Il sistema ottico, con l'inserimento di una lente correttiva di Seleniuro di Zinco vicino al grisma, risulta funzionare ancora bene, proiettando l'80% dell'energia di una sorgente puntiforme in una circonferenza di diametro inferiore ai due pixels.

2. Ottica per WHT

La prima campagna osservativa che ArNiCa svolse al di fuori del TIRGO fu al William Herschel Telescope (WHT) localizzato a La palma (isole Canarie) nel Dicembre 1993. Per questo fu sviluppata, da A. Caruso e D. Bonaccini, un'ottica che si adattasse al diverso rapporto focale del WHT (F/11) rispetto a quello del TIRGO (F/20) mantenendo la stessa

struttura meccanica. La scala richiesta per questo secondo sistema ottico era di 0.35"/pixel per meglio sfruttare la qualità ottica del sito e del WHT. Sulla base delle esperienze acquisite con l'utilizzo dell'ottica TIRGO si aggiunsero anche le richieste di avere un'immagine della pupilla d'ingresso di circa 10 mm, che poteva risolvere alcuni problemi di disomogeneità fotometrica della prima ottica, e quella di portare la distanza della pupilla di uscita oltre i 200 mm, ovvero in una condizione di quasi-telecentricità, per limitare il più possibile i problemi di calibrazione fotometrica derivanti dall'utilizzo di un'ottica non-telecentrica (per una distanza della pupilla d'uscita di 200 mm si ha, nel caso del nostro rivelatore, una riduzione dell'illuminanza di circa 1% tra il centro e l'angolo estremo del campo).

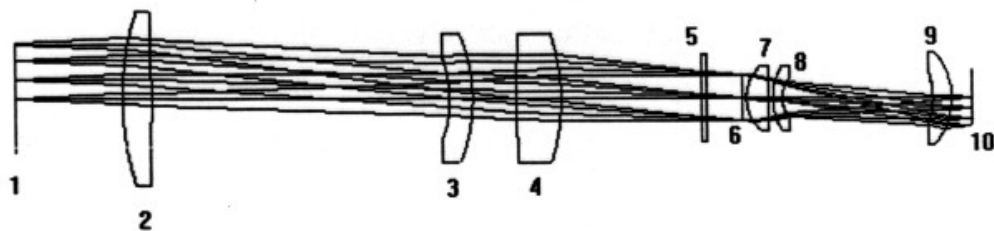


FIGURA 2 - Sistema ottico per WHT

Il sistema ottico è schematizzato in figura 2, dove si nota come in questo caso si sia adottato lo schema con due triplette per il collimatore e per la camera. Con riferimento alla figura 2 gli elementi ottici essenziali del sistema sono: il piano focale del telescopio (1), il primo tripletto costituito da due lenti di Fluoruro di Bario (2 e 4) e da una lente di Silice Fusa (3); la superficie rivolta verso il filtro dell'ultima lente del tripletto (4) è di forma asferica. Segue il filtro (5), che, per il rispetto dei vincoli meccanici, risulta nella stessa posizione del sistema ottico precedente. Anche il piano dell'immagine della pupilla (6), che risulta di 10 mm è nella stessa posizione del sistema ottico per il TIRGO. Segue infine il secondo tripletto, costituito da una lente di Fluoruro di Calcio (7), la cui superficie rivolta verso l'immagine della pupilla è di forma asferica, una lente di Silice Fusa (8) e da una di Seleniuro di Zinco (9) che forma l'immagine sul piano focale dello strumento (10). Tutte le lenti sono trattate con rivestimenti anti-riflesso che assicurano una trasparenza (nell'intervallo 0.95 μm - 2.50 μm) migliore del 98% a superficie. In questo sistema ottico il fascio all'immagine della pupilla d'ingresso risulta parallelo, evitando quindi eventuali problemi di rifuoccheggiamto dovuti al diverso spessore ottico dei filtri impiegati.

3. Ottica per NOT

L'ottica progettata per WHT è stata impiegata con successo anche in una campagna osservativa nell'estate 1995 al Nordic Optical Telescope (NOT), situato a La palma (isole Canarie), che ha lo stesso rapporto focale del WHT. Le prestazioni dell'ottica WHT usata al NOT rimangono sostanzialmente le stesse per quanto riguarda la qualità dell'immagine, ma si ha la variazione della dimensione dell'immagine della pupilla d'ingresso (che da 10 mm passa a 6.1 mm) e la scala che diventa 0.57 arcsec/pixel.

Per riportare questi parametri ai valori precedenti si studiò quindi un opportuno sistema ottico (Caruso e Gennari, 1996), che, al fine di renderne economica la realizzazione, prevede solamente la modifica del collimatore dell'ottica WHT e aggiunge, a tutte le specifiche di quel sistema, la caratteristica della bassa distorsione (inferiore al 2% in tutto il campo), che può risultare utile nel caso di misure astrometriche. Le ottiche del nuovo collimatore, inoltre, sono prive di superfici asferiche ma sempre costituite da Fluoruro di Bario e Silice Fusa, come nel caso precedente. Anche le prestazioni di questo sistema sono elencate in tabella 1.

Il sistema non è ancora stato realizzato; per una seconda campagna osservativa al NOT, nell'estate 1996, infatti, è stata ancora usata l'ottica WHT.

4. Ottica per VATT

Nel corso dell'anno 1996 si prospettò la possibilità (poi effettivamente realizzata nei mesi di Dicembre 1996 - Gennaio 1997) di effettuare una campagna osservativa al Vatican Advanced Technology Telescope situato su Mt. Graham (Arizona). L'ottica che adatta lo strumento a tale telescopio, studiata da S. Gennari, prevede un tripletto collimatore, che forma un fascio parallelo ed una immagine della pupilla d'ingresso di 8 mm, e un tripletto di camera, che porta la scala sul piano focale dello strumento a 0.5 arcsec/pixel. Tutte le lenti sono prive di superfici asferiche.

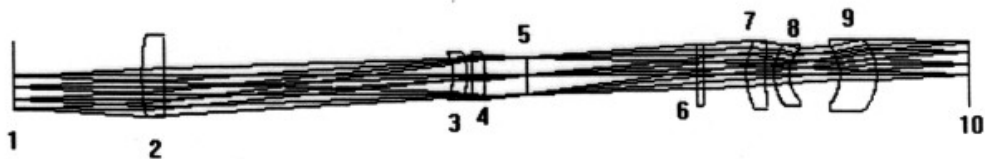


FIGURA 3 - Sistema ottico per VATT

Il sistema ottico viene riportato in figura 3, dove si ha: il piano focale del telescopio (1), il primo tripletto costituito da due lenti di Fluoruro di Bario (2 e 4) e da una lente di Silice Fusa (3), il piano dell'immagine della pupilla (5), il filtro (6), che è sempre nella stessa posizione per tutti i sistemi ottici, il secondo tripletto, costituito ancora da due lenti di Fluoruro di Bario (7 e 9) e da una lente di Silice Fusa (8) e, infine, il piano focale dello strumento (10). Anche in questo caso tutte le lenti sono trattate con rivestimenti anti-riflesso che assicurano una trasparenza migliore del 98% a superficie, nell'intervallo tra 0.95 μm e 2.50 μm .

In quest'ultimo sistema ottico la posizione dello stop di pupilla è variata rispetto agli altri, tuttavia risulta sempre in una posizione accessibile in quanto sufficientemente lontana dalla ruota porta filtri da non interferire con la struttura di protezione e sostegno di quest'ultima. La condizione di quasi-telecentricità è, inoltre, rispettata, in quanto la distanza della pupilla di uscita risulta maggiore di 200 mm.

5. Prestazioni ottiche dei vari sistemi

Si riportano, infine, per confronto, alcuni dei parametri dei vari sistemi ottici sopra descritti, aggiungendo, come valutazione delle prestazioni, il diametro del cerchio che racchiude l'80% dell'energia di una sorgente puntiforme, situata in quattro punti del campo.

TABELLA 1 - Parametri e prestazioni ottiche dei vari sistemi

tipo di ottica	scala	diametro stop	distanza pup. uscita	diam. del cerchio che racchiude l'80% dell'energia			
				asse	1/2 array	lato array	angolo array
TIRGO	1"/pix	5 mm	99 mm	35 μm	28 μm	27 μm	48 μm
WHT	0.35"/pix	10 mm	inf.	12 μm	13 μm	19 μm	30 μm
NOT	0.35"/pix	10 mm	inf.	20 μm	32 μm	28 μm	37 μm
VATT	0.50"/pix	8 mm	220 mm	11 μm	11 μm	11 μm	14 μm

Bibliografia

Caruso A., Gennari S. (1996) "Progettazione ottica di una camera per il vicino infrarosso per il Nordic Optical Telescope", Rapporto interno dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri n. 1/96

Ferruzzi D., (1996) "Progettazione di grismi per osservazioni astronomiche nel vicino infrarosso", Tesi di Laurea in Fisica.

Lisi F., Baffa C., Biliotti, V., Bonaccini, D., Del Vecchio, C., Gennari, S., Hunt, L.K., Marcucci, G., Stanga, S. (1996) PASP (108) p364 "ARNICA, the Arcetri Near-Infrared Camera"