



# Apparecchiature e strumentazioni locate presso la sede di Merate dell'Osservatorio Astronomico di Brera





# Osservatorio Astronomico di Brera



entrato a far parte delle istituzioni scientifiche della Repubblica Italiana e nel 1999 è confluito nell'**Istituto Nazionale di Astrofisica**.



Portale istituzionale  
dell'Osservatorio

L'Osservatorio Astronomico di Brera è **la più antica istituzione scientifica milanese ancora attiva**. L'Osservatorio sorse all'interno del Collegio Gesuitico di Brera; le prime notizie pubbliche di osservazioni risalgono al 1760 e nel 1764, su progetto di padre Ruggero Boscovich, venne costruita la prima specola. Dal 1946 è

riferimento **due sedi**: la sede "storica", sita in Palazzo Brera al centro di Milano e la sede "osservativa" presso Villa San Rocco, a Merate (Lecco), in Brianza, attiva dal 1923 e **dove sono ora collocati importanti laboratori tecnologici**.



L'Osservatorio ha sempre avuto **un forte legame con la città di Milano e con la Lombardia** prendendosi carico

in passato di attività di fondamentale importanza civile che, a secondo del periodo storico, erano considerate costole dell'astronomia, quali: a) la misura e distribuzione dell'ora esatta; b) la determinazione di latitudine e longitudine; c) le campagne geodetiche necessarie alla cartografia; d) la misurazione e l'analisi dei dati meteorologici. Tra gli astronomi che lavorarono all'Osservatorio ricordiamo Barnaba Oriani, Giovanni Virginio Schiaparelli, direttore dal 1862 al 1900, Giovanni Celoria, Emilio Bianchi, Francesco Zagar, Livio Gratton e Margherita Hack.

**L'Osservatorio è attualmente un istituto di ricerca d'eccellenza, riconosciuto a livello mondiale.** Lo staff è costituito da 75 persone (circa 50 dedicate prettamente ad attività di ricerca) a cui si aggiungono una media annuale di quindici giovani collaboratori, tra Post-doc e Assegnisti. L'attività di ricerca, condotta usualmente in stretta collaborazione con istituti nazionali e internazionali è pienamente in vigore in entrambe le sedi, con ricerche di punta che vanno dai pianeti extrasolari alle stelle, dai buchi neri alle galassie, dai lampi di raggi gamma alla struttura su grande scala dell'Universo. L'Osservatorio è inoltre fortemente impegnato nella ricerca tecnologica applicata alla

strumentazione astronomica: è tra i leader mondiali nello sviluppo di ottiche per l'astronomia X ed è coinvolto nella progettazione e realizzazione sia di strumentazione leggera per missioni spaziali che di strumentazione per i più grandi telescopi da terra. La sede di Merate ospita attualmente laboratori tecnologici di rilievo a livello internazionale e uno dei tre centri di gestione scientifica del satellite "Neil Gehrels" Swift, collaborazione tra USA, Italia e Regno Unito, dedicato allo studio dei lampi di raggi gamma (*gamma-ray bursts*), filone di indagine in cui l'istituto è diventato un punto di riferimento internazionale. L'Osservatorio è inoltre attualmente coinvolto, con una posizione di primissimo piano, nell'ideazione, progettazione e costruzione di nuove strutture osservative nelle regioni energetiche estreme per studiare particelle con energie che possono essere più di 100 volte maggiori di quelle raggiungibili con i più grandi acceleratori a terra.

Vi è inoltre un **forte impegno per la valorizzazione del patrimonio storico museale** di strumenti astronomici (visitabile presso il Museo Astronomico di Brera a Palazzo Brera), **librario e archivistico**



Report Attività

nonché per le **attività di divulgazione scientifica**. Il 7 dicembre 2012 il Comune di Milano ha assegnato l'**Ambrogino d'Oro di Civica Benemerenzza** all'Osservatorio Astronomico di Brera per i suoi 250 anni di storia. Analoga onorificenza era stata assegnata nel 2011 dal Comune di Merate. Nel Giugno del 2021

la "World Meteorological Organization" gli ha riconosciuto la **qualifica di "Long Term Observing Station"**, per la sua attività di misurazione e analisi dei dati meteorologici, attività praticamente ininterrotta presso l'Osservatorio dal 1763 fino agli anni 2000 e ora presa poi in carico dall'ARPA. È degno di nota il fatto che l'Osservatorio ospita la più antica stazione meteorologica d'Italia, la terza in Europa e la quarta nel mondo.

## La sede di Merate dell'Osservatorio Astronomico di Brera

### Un excursus storico

Verso la fine del 19° secolo le condizioni di osservazione della sede storica dell'Osservatorio a Milano stavano rapidamente peggiorando tanto che già nel 1838 Francesco Carlini, allora direttore dell'Osservatorio, si era posto il problema di trovare una nuova sede al di fuori della città. Alla fine del secolo Schiaparelli si lamentava del fatto che non era più possibile effettuare le osservazioni con la stessa precisione di vent'anni prima: «*Certo è che la città, in mezzo alla quale la Specola si trova, si estende rapidamente da tutte le parti; il fumo del carbone rende l'atmosfera sempre più opaca, e l'abuso della luce elettrica comincia a toglier molto dell'oscurità della notte*» (Cronaca della Specola di Brera, 1893). Emilio Bianchi, direttore dell'Osservatorio nel 1922 avviò le trattative per l'acquisto di villa San Rocco a Merate (una struttura che era stata adibita a ospedale durante la Prima Guerra Mondiale e che era allora inutilizzata) per costruirvi la sede osservativa dell'Osservatorio Astronomico di Brera. Stanziati i fondi necessari (493.000 lire di allora) fu quindi acquistata la proprietà meratese dal "Consorzio per della Società Italiana per gli Stabilimenti di cure Naturali".

Per recuperare gli altri fondi necessari al progetto fu istituito un Comitato per una raccolta tramite pubblica sottoscrizione. Tra i promotori dell'iniziativa vi erano il celebre medico Prof. Mangiagalli (che fu sindaco di Milano e primo rettore dell'Università del capoluogo lombardo), il Prof. Bianchi (direttore dell'Osservatorio), il sindaco di Merate Sig. Tettamanti e i rappresentanti delle istituzioni coinvolte; anche banche ed industriali contribuirono alle donazioni. La formale consegna della proprietà all'Osservatorio di Brera avvenne l'11 maggio del 1924, quasi un secolo fa. Nel 1926 venne installato a Merate il **primo telescopio: un riflettore Zeiss** con specchio primario di 102 cm (tra i più grandi in Europa ed il quarto nel mondo a quell'epoca) che l'Italia aveva ottenuto dalla Germania in conto di riparazione dei danni di guerra per la Prima Guerra Mondiale. La sede di Merate fu poi ufficialmente inaugurata il 30 maggio 1927, e l'Osservatorio trasferito allo Stato il 1 giugno 1928. Dopo l'installazione nel 1926 del telescopio Zeiss, vi vennero progressivamente trasportati alcuni degli strumenti di osservazione precedentemente installati nella sede milanese dell'OABrera in Palazzo Brera.



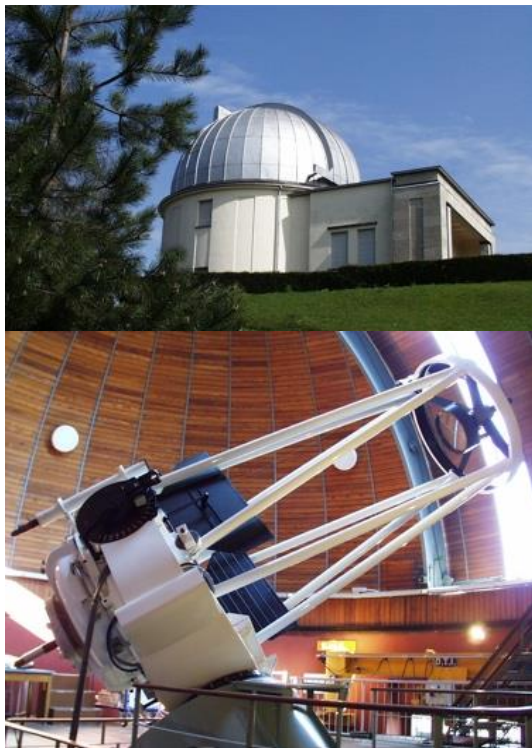
*I telescopi storici  
presso la sede di  
Merate*



*Telescopio Zeiss*

avvenne l'11 maggio del 1924, quasi un secolo fa. Nel 1926 venne installato a Merate il **primo telescopio: un riflettore Zeiss** con specchio primario di 102 cm (tra i più grandi in Europa ed il quarto nel mondo a quell'epoca) che l'Italia aveva ottenuto dalla Germania in conto di riparazione dei danni di guerra per la Prima Guerra Mondiale. La sede di Merate fu poi ufficialmente inaugurata il 30 maggio 1927, e l'Osservatorio trasferito allo Stato il 1 giugno 1928. Dopo l'installazione nel 1926 del telescopio Zeiss, vi vennero progressivamente trasportati alcuni degli strumenti di osservazione precedentemente installati nella sede milanese dell'OABrera in Palazzo Brera.





Telescopio Ruths

Nel 1935 venne realizzata all'interno del parco della sede di Merate un'altra cupola, grazie alla Società EDISON. La cupola "Edison" fu costruita dalla ditta Angelo Bombelli che si è occupata della progettazione di quasi tutte le altre cupole dei principali osservatori italiani (tra cui la **cupola Zeiss** di Merate). La cupola fu realizzata sull'esempio delle cupole dei grandi rifrattori americani di Lick e di Yerkes, ed era (ed è tuttora), l'unica in Italia (ed una delle prime in Europa) ad avere il pavimento mobile, un dispositivo che consente all'astronomo di raggiungere facilmente l'oculare la cui altezza può variare anche di alcuni metri a seconda di dove viene puntato il telescopio. All'interno della cupola all'epoca (1936) venne collocato il rifrattore Merz-Repsold di 49cm proveniente dalla sede milanese dell'Osservatorio (utilizzato da Schiaparelli per migliorare i suoi studi di Marte e ora restaurato ed esposto al Museo della Scienza e della Tecnica "Leonardo da Vinci" di Milano). Successivamente negli anni '60 il telescopio Merz-Repsold fu rimosso e sostituito con il riletto Ruths (da 134 cm) che è tuttora ivi operativo. Questo telescopio, realizzato interamente in Italia, rappresentò negli anni '60 il più grande telescopio italiano e il primo esempio al mondo di utilizzo di uno specchio di alluminio: "...an important milestone in

*the historical development of telescopes...*" (un'importante pietra miliare nello sviluppo storico dei telescopi), come venne definito nel rapporto di una commissione internazionale che fu inviata dall'European Southern Observatory (ESO) a Merate nel 1982 con l'incarico di esaminarne la qualità ottica e le prestazioni, in vista della possibilità di costruire specchi in metallo di grandi dimensioni (gli specchi in metallo rispetto a quelli in puro vetro sono più stabili ed omogenei dal punto di vista delle dilatazioni termiche). Verso la metà degli anni novanta ci si rese conto che la superficie di nichel, sulla quale era depositata l'alluminatura, si stava deteriorando. Grazie a un finanziamento della Fondazione CARIPLO (una apposita targa di ringraziamento è posta vicino alla porta di accesso alla cupola Edison) lo specchio fu sostituito, con ottiche standard realizzate in un particolare materiale, il vetro-ceramica, del tutto insensibile alle variazioni termiche, di dimensioni simili a quelle dello specchio preesistente.

I telescopi operanti a Merate non sono più competitivi dal punto di vista scientifico, se confrontati ora con le grandi infrastrutture internazionali. **Tuttavia, sono strumenti fondamentali per il programma di divulgazione astronomica rivolto al pubblico generico ed alle scuole di ogni ordine e grado in cui l'Osservatorio è impegnato.** Ogni anno circa tremila studenti visitano la sede meratese dell'Osservatorio partecipando ai programmi proposti alle scuole; a questi si aggiungono le circa 2000 persone che accedono al servizio di visite serali con osservazioni. **Inoltre, i telescopi sono di grande importanza per la formazione di giovani astronomi e l'insegnamento delle tecniche astronomiche, nell'ambito di collaborazioni con le Università Lombarde.** Oltre a ciò, i telescopi e le cupole costituiscono una parte del patrimonio storico-scientifico nazionale da salvaguardare.

## Da osservatorio a centro tecnologico sede di importanti laboratori

La sede meratese dell'OAB si occupa da più di trenta anni della progettazione, sviluppo e gestione di strumentazione in campo astronomico. In questo lasso di tempo per svolgere le attività richieste si è dotata

di apparecchiature e strumentazione di laboratorio di elevata qualità. La gran parte di queste apparecchiature e strumentazioni sono state realizzate/acquisite nell'ambito di programmi finanziati con fondi ASI, INAF, ESA, NASA, ed **hanno caratteristiche non standard e/o sono di difficile reperimento anche a livello internazionale**. Le tecnologie costituiscono l'elemento chiave della competitività ed avere strumentazione scientifica all'avanguardia è fondamentale per favorire collaborazioni bilaterali con altri paesi ed in ambito ESA.

Nelle pagine che seguono di questo documento vengono riportate, in maniera succinta ma completa, le apparecchiature e strumentazioni utilizzabili a Merate, di potenziale interesse per lo sviluppo di progetti dell'INAF.

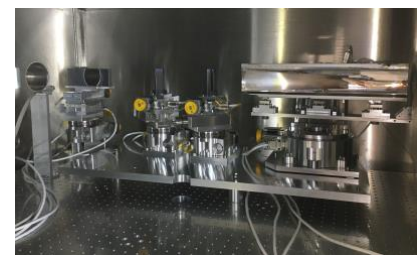
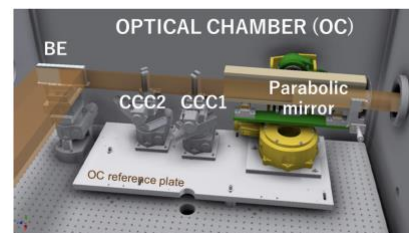
**Facility:** Camera a vuoto per test X “BEaTriX”  
Beam Expander Testing X-ray Facility

**Tipologia:** Camera a vuoto per test X

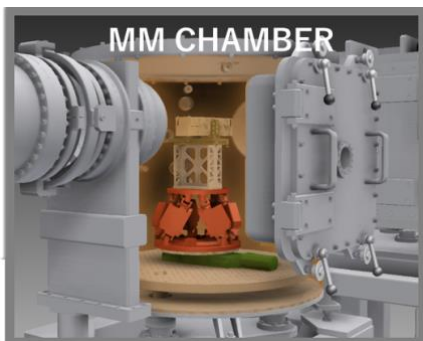
**Luogo:** INAF- Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
V. Bianchi 46, 23807 Merate (Lecco)

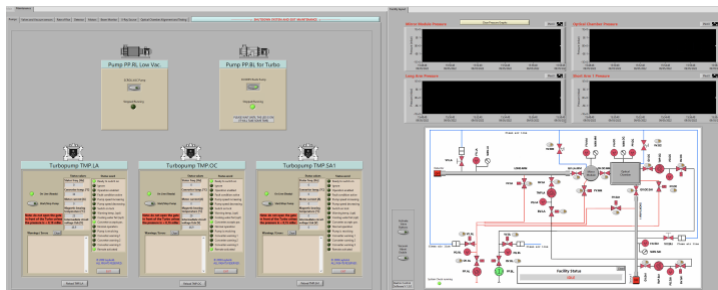
**a. Descrizione Facility**

BEaTriX è una facility unica al mondo, operativa dalla primavera 2022, in grado di creare in un laboratorio di dimensioni contenute un fascio X all’energia di 4.51 keV che approssima quello proveniente da una sorgente astronomica, allo scopo di eseguire i test di accettazione dei Silicon Pore Optics Mirror Modules (SPO MM) di ATHENA.



Il fascio divergente è emesso dall’anodo in Ti di una sorgente a micro-fuoco; si propaga sino alla camera ottica (camera rettangolare qui sopra a sinistra), dove è collimato, reso monocromatico ed espanso da una serie di componenti: uno specchio parabolico (interamente realizzato ad INAF-OAB), quattro cristalli tagliati simmetricamente (CCC1 e CCC2) e un cristallo tagliato asimmetricamente (Beam Expander). Il fascio espanso si propaga, con un angolo di circa 90 deg rispetto alla sorgente, verso la camera sperimentale (MM Chamber qui sotto) dove viene posto il modulo da misurare. A 12m di distanza, una CCD registra le immagini dello spot focale da cui vengono estratte le informazioni di PSF e Area Efficace.





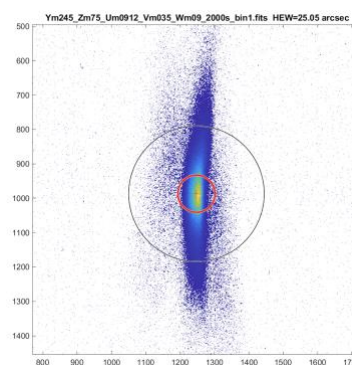
La facility funziona in vuoto, ad un livello di  $10^{-4}$  mbar, facilmente raggiungibile in breve tempo. La presenza di gate valves ad ogni settore garantisce la modularità del sistema da vuoto, in particolare della camera sperimentale. Un software basato sulla piattaforma NI LabVIEW, interamente realizzato in OABrera, gestisce l'operatività di BEaTriX.

La camera sperimentale si apre su una cleantent, per consentire ai campioni di essere caricati e scaricati in un'ambiente pulito.

Durante il commissioning della facility, abbiamo dimostrato, tramite test di Hartmann, che il fascio è collimato entro  $\sim 2-3$  arcsec HEW, con un flusso di  $60 \text{ ph/s/cm}^2$  ed è sufficientemente ampio ( $170 \times 60 \text{ mm}^2$ ) per illuminare interamente la pupilla di ingresso dei MM.

Il primo modulo otticamente rappresentativo è stato misurato nella primavera 2022: i risultati, ottenuti con un'esposizione di circa 30 min, sono in linea con le previsioni e le misure fatte al sincrotrone BESSY di Berlino, con esposizioni di quasi un giorno. BEaTriX permette inoltre di ottenere misure di Area Efficace non ottenibili attualmente al sincrotrone.

Rispetto a facility di test X come la PANTER (MPE), i volumi da evacuare sono molto inferiori, permettono a BEaTriX di eseguire le misure dei MM al ritmo della loro produzione di 2 MM/d.



Attualmente stiamo realizzando i primi componenti per la seconda linea da implementare a Merate a 1.49 keV. Inoltre abbiamo iniziato uno studio di fattibilità per realizzare una "copia" di BEaTriX alle energie di 1.49 e 6.4 keV presso la ditta cosine (NL) che realizza gli SPO MMs: ciò permetterebbe alla ditta olandese di eseguire i test di accettazione su tutti i moduli prima e dopo i test di vibrazione, mentre a Merate verrebbe eseguita la calibrazione dettagliata di solo alcuni moduli.

## b. Caratteristiche Tecniche

Sorgente - energia: 4.51 keV

Sorgente - anodo: Ti, separato da  $100 \mu\text{m}$  Be window

Sorgente - flusso:  $6 \times 10^{11} \text{ ph/sec/sterad}$

Beam monitor - Si-PIN: Amptek, X123 with  $25 \text{ mm}^2$  area /  $500 \mu\text{m}$  thickness /  $25 \mu\text{m}$  Be window

Divergenza fascio:  $\sim 2-3$  arcsec 1.5 arcsec HEW

Dimensioni fascio:  $170 \times 60 \text{ mm}^2$

Vuoto limite:  $10^{-6}$  mbar

Volume camera sperimentale:  $\sim 320$  litri

Tempo evacuazione camera sperimentale:  $\sim 30$  min

Range di controllo temperatura ottica:  $-10 / +50 \text{ }^\circ\text{C}$

Cleantent: ISO5

Rivelatore - CCD: Andor, ikonL SO, sensor: BN back illuminated uncoated, size =  $27.6 \text{ mm} \times 27.6 \text{ mm}$ , pixel =  $13.5 \mu\text{m}$

Distanza focale: 12 m

Range focale: 500 mm



<b>c.</b>	<b>Per cosa è stata usata in passato</b>
La facility è stata realizzata da poco allo scopo di eseguire i test di accettazione (PSF e Aeff) dei componenti ottici del telescopio ATHENA al ritmo di produzione.	

<b>d.</b>	<b>Necessità per il suo funzionamento</b>
La funzionalità di BEaTriX è garantita dal personale a Tempo Indeterminato di INAF-OABrera, sede di Merate.	

<b>e.</b>	<b>Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)</b>
Costruzione e commissioning: 2020-2022	

<b>f.</b>	<b>Eventuali altre informazioni di interesse</b>
<p>BEaTriX è stata progettata con una certa flessibilità per permettere di usarla, oltre al suo scopo primario per il telescopio ATHENA, anche per altre ottiche a raggi X, ovvero ottiche di dimensioni diverse da quelle dei MM di ATHENA e con focali diverse.</p> <p>Il limite in dimensioni delle ottiche da testare è <math>365 \times 365 \times 600</math> mm dato dalla struttura del thermal box; il limite in peso è 5 kg, interfaccia inclusa (per gli SPO di ATHENA, l'interfaccia pesa 2.6 kg), ed è dato dal massimo carico dell'hexapod.</p> <p>Il braccio lungo è composta da 6 tubi e permette, con modifiche sostanziali nel setup, di variare la focale: <math>f_{std} = 12000 \pm 250</math> mm; <math>f_{possible-1} = 10295 \pm 250</math> mm; <math>f_{possible-2} = 8295 \pm 250</math> mm</p>	

### BEaTriX team:

Contributors:	Role	Affiliation
Gianpiero Tagliaferri	Project Leader	INAF-OAB
Giovanni Pareschi	Deputy Project Leader	INAF-OAB
Bianca Salmaso	Program manager & System Engineer	INAF-OAB
Stefano Basso	AIT & AIV Executive Manager	INAF-OAB
Daniele Spiga	Optical Design and calibration	INAF-OAB
Mauro Ghigo	Vacuum System, Polishing and figuring and control software	INAF-OAB
Gabriele Vecchi	Polishing and figuring	INAF-OAB
Giorgia Sironi	Metrology	INAF-OAB
Vincenzo Cotroneo	Figuring	INAF-OAB
Davide Sisana	Graduate student	POLIMI
Andrea Bianco	Clean environment	INAF-OAB
Rachele Millul	Project Controller	INAF-OAB
Roberto Moncalvi	Contracts Officer	INAF-OAB
Claudio Ferrari	Crystals	IMEM-CNR
Andrea Zappettini	Crystals	IMEM-CNR
Vadim Burwitz	Validation	MPE
Manuel Sanchez del Rio	Crystals	ESRF
Michela Uslenghi	Detectors	INAF-IASF
Mauro Fiorini	Electronics	INAF-IASF
Finn Christensen	External advisor	DTU
Desiree Della Monica Ferreira	Coating	DTU
Sonny Massahi	Coating	DTU

**A cura di:** Bianca Salmaso, INAF–OABrera, sede di Merate, Merate (LC)



**Facility:** Ion Beam Figuring per lavorazione di ottiche

**Tipologia:** Lavorazione di Ottiche

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate.  
Via E. Bianchi 46, 23807 Merate (Lecco)

**Responsabile:** Dr. Mauro Ghigo

**a. Descrizione Facility**

La facility per IonBeamFiguring (IBF) è utilizzabile per la correzione finale di superfici ottiche. Un fascio di ioni di Argon è prodotto sotto vuoto ed accelerato facendolo colpire la superficie ottica. Per impatto cinetico il materiale dell'ottica viene rimosso in modo estremamente controllato permettendo di correggere gli errori di forma residui dopo le precedenti fasi di lavorazione ottica.

La Facility è composta da una grande camera a vuoto in acciaio inossidabile con un diametro di due metri e una lunghezza di tre. (Fig. 1). La camera è divisa in due parti. La prima, più piccola, è fissa e ospita i passaggi per quattro pompe turbo, le termocoppie e i collegamenti con le due pompe meccaniche (una pompa rotativa più una pompa Roots). La seconda, più grande, è montata su binari e può scorrere avanti e indietro per aprire la struttura. Internamente in questa parte è montato verticalmente un telaio rettangolare con i carrelli di movimentazione per la testa a ioni. Essa può muoversi lungo l'area definita dal telaio che è di 1,7 m di larghezza e 1,4 m di altezza. Poiché il frame è verticale, il movimento della sorgente a ioni è su un piano verticale. Ciò significa che l'ottica da lavorare deve essere montata verticalmente di fronte alla sorgente. Il movimento della sorgente può essere eseguito su tre assi, xy sull'area verticale e z orizzontalmente, per mantenere costante la distanza ottica-griglie nel caso di ottiche curve. La massima escursione in z è di 70 mm. La sorgente di ioni (Fig.2) è raffreddata ad acqua ed è dotata di due set di griglie di grafite aventi differenti dimensioni: una griglia da 50 mm e una griglia da 15 mm. La prima utilizzata per le correzioni di ampie frequenze spaziali, la seconda per il ritocco di errori più piccoli. La potenza del fascio può essere regolata da 6 a 240 watt a seconda della velocità di rimozione richiesta per il lavoro specifico. Esternamente, posizionato anche sui binari, è situato un rack contenente tutti i controller elettronici, il PC di controllo, monitor, ecc. Il rack ospita:

- 1) il motion controller Galil con i moduli di potenza per i tre stepper-motor;
- 2) il multi gas controller della MKS Instruments che controlla i flussometri che forniscono con elevata precisione il gas Argon alla testa ionica e il neutralizzatore;
- 3) l'alimentatore programmabile Veeco MPS-3000 HC che controlla tutte le tensioni e le correnti verso la sorgente ionica;
- 4) i sensori Pfeiffer (Pirani e Penning) per il monitoraggio del vuoto;
- 5) i controller Pfeiffer per le quattro pompe turbo.

Tutte queste componenti e altre, come ad es. le valvole, sono collegate al computer che controlla il sistema tramite un software proprietario sviluppato in casa. I programmi software che sono stati sviluppati per il processo IBF sono essenzialmente due. Il primo (Fig. 3) calcola la cosiddetta Matrice dei Tempi a partire dalla mappa degli errori della superficie ottica e della funzione di rimozione relativa al materiale di cui è fatta l'ottica. Il secondo controlla la facility (Fig.4) ed utilizza la Matrice dei Tempi come input per controllare il moto della sorgente ionica e monitorare il sistema durante la lavorazione. Questo software si occupa di tutti gli aspetti del processo di correzione, inclusi i movimenti dei motori passo-passo che spostano la sorgente lungo l'ottica. Calcola la velocità con cui far muovere la sorgente in modo continuo, modificandola in tempo reale da un punto all'altro al fine di ottenere il corretto sputtering (rimozione di materiale) in ogni punto della superficie. Il software

controlla anche lo stato del sistema ogni pochi secondi, mantiene il registro degli eventi e può interrompere il processo da solo in caso di problemi, inviando avvisi remoti agli utenti se incustodito. La presenza di una telecamera CCD all'interno della camera del vuoto consente di seguire visivamente il processo in tempo reale dalla stazione di controllo, non solo usando le finestre di vetro situate nelle pareti della camera. È possibile verificare lo stato del processo anche da remoto per monitorare come procede il lavoro.



Fig. 1 Facility per Ion Beam Figuring

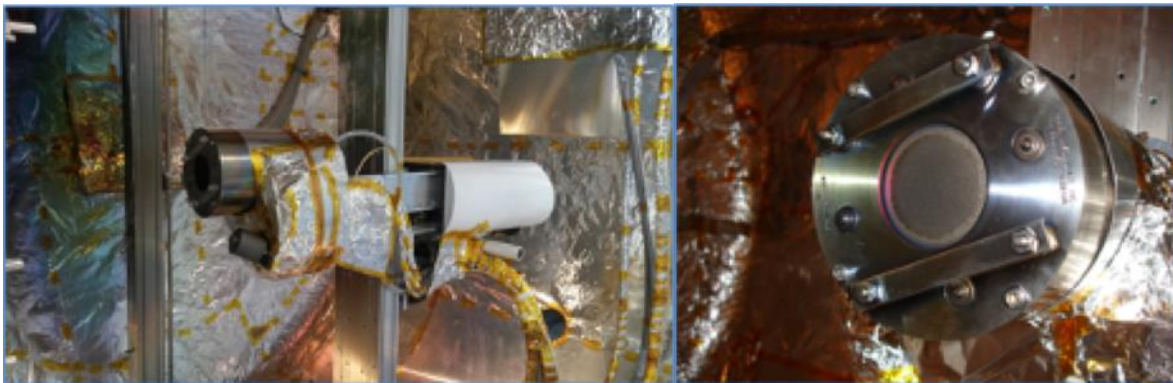


Fig. 2 Testa ionica con neutralizzatore e dettaglio delle griglie da 50 mm

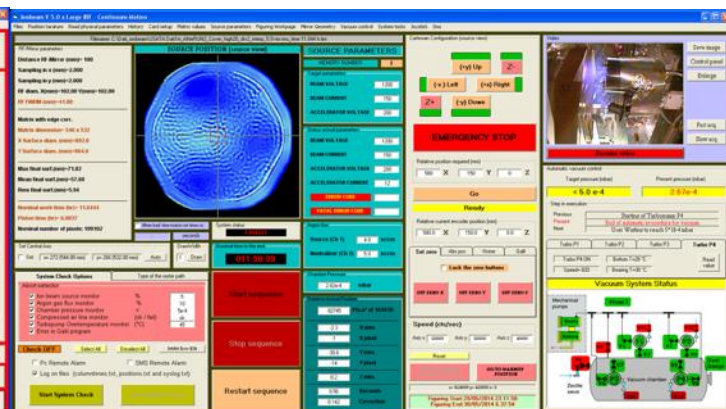
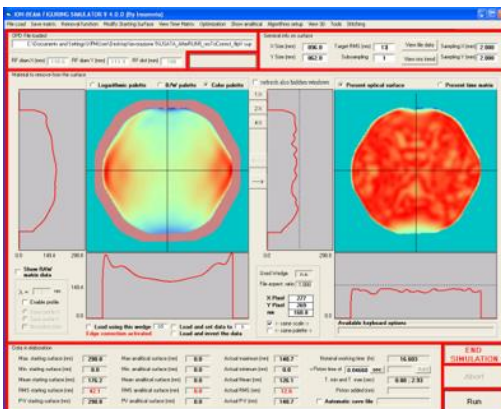


Fig. 3 Calcolo Matrice dei Tempi      Fig. 4 Software di controllo della Facility

**b. Caratteristiche Tecniche**

Grandezza camera da vuoto: 2 m x 3 m.  
 Pompe da vuoto: 2 meccaniche (Rotativa + Roots) + 4 turbopompe

Pressione di lavoro IBF  $2 \times 10^{-4}$  mBar  
 Tempo di svuotamento 4 ore  
 Flussometro Argon della MKS  
 Power Supply e Sorgente Ionica a catodo cavo della Veeco  
 Sistema a 3 assi xyz con 2 set di griglie:

- Collimate da 50 mm
- Focalizzate da 15 mm
- Sistema neutralizzatore a catodocavo
- Potenza del fascio da 6 a 240 watts

Area di lavoro effettiva (massima ottica lavorabile) 1600x1200 mm

**c. Per cosa è stata usata in passato**

La facility ha lavorato svariate ottiche per la Galileo (ora Leonardo), in particolare uno specchio di volo per NIRSPEC montato ora nel JWST. Lavorato specchi per la Medialario Technologies (ad es. specchio di Cosmos), ha lavorato lo specchio da 1200 mm del telescopio Flyeye (Neostel) di ESA, fatto studi sulla lavorazione IBF dei segmenti esagonali per E-ELT. Lavorato ottiche sottili per telescopi X, impiegata per la correzione della parabola per raggi x della facility Beatrix usata per i test delle ottiche del telescopio Athena. In tale ambito sarà usata per la correzione degli specchi X (parabola ed iperbole) della facility VERT-X per l'integrazione delle ottiche di Athena. È previsto il suo uso anche per la correzione di un'ottica X prototipale (shell circolare chiusa) da 600 mm nell'ambito dello studio per le ottiche di Lynx. Altro importante progetto in cui sarà usata è MUSE, un telescopio spaziale USA per l'osservazione del Sole, le cui ottiche hanno una specifica di forma di 2 nm rms.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Per la gestione della facility sono necessarie due unità di personale tecnico a Tempo Indeterminato. In questo momento la facility è supportata ma sarà necessario formare almeno una nuova unità per mantenere il know-how del sistema nei prossimi anni.

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

La facility è stata auto-costruita ed è diventata operativa nel 2010. È perfettamente funzionante ed aggiornata. Recentemente si sono sostituiti i cavi elettrici interni e aggiunta una Faraday Cup per monitorare lo stato della funzione di rimozione durante le lavorazioni. Il suo software di controllo è stato ulteriormente ampliato fornendo nuove modalità di movimentazione in aggiunta alle precedenti.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

A nostra conoscenza questa facility IBF, per le sue grandi dimensioni, è unica in Italia. In Osservatorio è presente anche una precedente facility IBF per ottiche fino a 350 mm di diametro. Attualmente non è funzionante poiché alcune sue componenti sono state utilizzate per i test IBF sulle shell chiuse di Lynx e montate nella facility maggiore. Recentemente ha avuto un adeguato finanziamento al fine di ripristinarne la funzionalità, cosa che sarà fatta entro il 2023. Questa facility di dimensioni ridotte si presta a sviluppo di nuovi processi IBF e di test in quanto è nettamente più agile dell'altra in termine di tempi di vuotamento senza perdere nulla in performance di correzione.

**A cura di:** Mauro Ghigo, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (Lc)



**Facility: ZEEKO IRP1200 per la lavorazione di ottiche**

**Tipologia:** Macchina CNC di polishing e figuring di superfici ottiche

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
Via E. Bianchi 46, 23807, Merate (Lecco)

**a. Descrizione Facility**

La IRP (Intelligent Robotic Polisher) 1200, prodotta da Zeeko Ltd. (UK) è una macchina a controllo numerico che consente la lucidatura (polishing) e la generazione/correzione di forma (figuring) ad alta precisione di ottiche fino a 1200 mm di diametro. La macchina può eseguire lavorazioni su superfici piane, sferiche, asferiche e freeform, ed è installata in una camera pulita dedicata.

L'impianto combina due diverse tecniche di lucidatura, il bonnet polishing ed il fluid jet polishing. Nella tecnica primaria del bonnet polishing il sistema robotico multiasse gestisce il posizionamento dell'utensile (bonnet) a contatto con la superficie in lavorazione. La velocità di rotazione dell'utensile e la pressione applicata alla superficie, combinati all'azione del fluido abrasivo in ricircolo, permettono la rimozione controllata di materiale. Il grado di lucidatura è funzione delle dimensioni delle particelle abrasive in sospensione nel fluido. Modulando la velocità di scansione dell'utensile si rimuove materiale in modo differenziale, permettendo la correzione della forma della superficie. Nella tecnica ausiliaria del fluid jet un liquido abrasivo pressurizzato rimuove materiale dalla superficie per impatto cinetico.

Per soddisfare alla tolleranza richiesta sulla forma della superficie, il processo di figuring necessita di metrologia di adeguata accuratezza. Il processo è guidato dalla metrologia e con questa si alterna e procede in modo iterativo indirizzando particolarmente le basse frequenze spaziali, corrispondenti a lunghezze maggiori di 10-20 mm a seconda delle dimensioni del bonnet usato. Test eseguiti su superfici piane di vetro di diametro 100 mm hanno ridotto l'errore di forma residuo a valori di circa 5-10 nm rms (valutati mediante interferometria sull'apertura di 90 mm).

Come esempio di superficie freeform, si riporta il caso dello specchio parabolico fuori asse realizzato per collimare i raggi X nella facility BEaTriX, costruita presso INAF-OABrera. Mediante alcune iterazioni del processo di bonnet polishing si è ottenuta una accuratezza di forma di circa 50 nm rms (apertura ottica di  $436 \times 60 \text{ mm}^2$  e raggio di curvatura medio di 155 mm). La correzione mediante bonnet polishing delle medie frequenze spaziali, ovvero delle ondulazioni di lunghezza da 10 mm a 1 mm, risulta via via meno efficace a causa delle caratteristiche meccaniche dell'utensile. E' stato quindi sviluppato un processo complementare, basato su utensili realizzati in pece, in grado di smussare le ondulazioni millimetriche. Alle alte frequenze spaziali, la lucidatura della superficie, la cui microrugosità raggiunge mediante bonnet polishing valori (rms) attorno a 1 nm, può procedere applicando la pece ed abrasivi della grana più fine, fino a raggiungere valori di microrugosità di alcuni decimi di nanometro. Tale processo si avvantaggia del controllo di temperatura e pulizia dell'aria garantito dalla camera pulita.

**b. Caratteristiche Tecniche**

- Macchina CNC a 7 assi per lucidatura (polishing) e generazione di forma (figuring) di superfici ottiche.
- Dimensioni: 255 cm x 369 cm x 297 cm (l x p x h). Peso: 12000 Kg.
- Capacità di lavorare ottiche di diametro fino a 1200 mm.
- Corsa asse z (verticale): 50 mm.



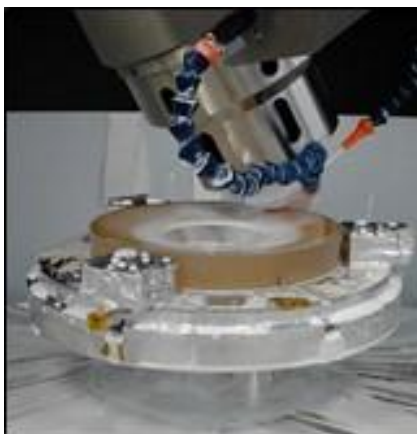


- Velocità massima degli assi x, y, z: 3000 mm/min.
- Raggio di curvatura nominale del bonnet: 20, 40, 80, 160 mm.
- Unità satellite: CNC Console, SMU (Slurry Management Unit), Chiller.
- Camera pulita dedicata (classe ISO7 avente area di 49 m<sup>2</sup>) con adiacenti vestibolo e locale per macchina trattamento aria.

A



B

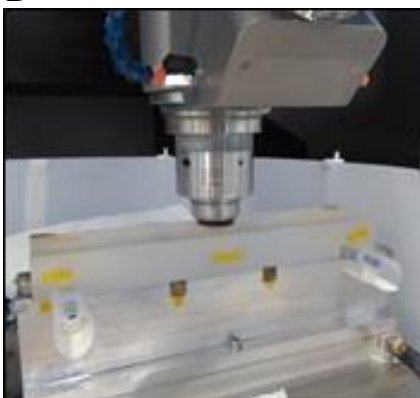


A) Macchina Zeeko IRP1200. B) Lavorazione di specchio asferico (progetto COSMOS, finanziato da Cariplo e Regione Lombardia).

C



D



E



F



C) Prototipo di ottica a shell sottile monolitica in vetro per raggi X (progetto Tecnologie del Vetro per ottiche X finanziato da ASI). D) Specchio collimatore per raggi X sviluppato per la facility BEaTriX (finanziata da ESA, AHEAD, ASI e INAF). E, F) Lavorazione dello specchio collimatore per la seconda linea di BEaTriX in corso di realizzazione.

**c. Per cosa è stata usata in passato**

Dal 2016 la macchina è stata utilizzata nell'ambito di diversi progetti di ricerca e sviluppo e per la realizzazione di prototipi. Per lo sviluppo di ottiche monolitiche sottili in vetro (shells in fused silica) per raggi X, la macchina è stata usata per lucidare la superficie interna di un prototipo di diametro 480 mm circa. Nell'ambito del progetto BEaTriX (Beam Expander Testing X-ray facility), finanziato da ESA, AHEAD, ASI e INAF, la macchina è stata ed è impiegata per la realizzazione degli specchi collimatori in vetro (fused quartz) per raggi X.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Attualmente una unità di personale dedicata. Auspicabile una seconda unità di personale tecnico.

<b>e.</b>	<b>Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernameto)</b>
-----------	---

La macchina è stata installata nel 2015. Lo stato attuale è buono, finora (estate 2022) non ci sono mai stati interventi tecnici e manutentivi da parte del costruttore. Sono prevedibili interventi di sostituzione, manutenzione e calibrazione di parti hardware, e di aggiornamento/ammodernamento dei software proprietari inclusi.

<b>f.</b>	<b>Eventuali altre informazioni di interesse</b>
-----------	--

In generale, sono lavorabili superfici di materiali diversi, come vetri, vetro-ceramici, semiconduttori, metalli. Finora il processo è stato specializzato su vetri e vetro-ceramici (Zerodur).

Altre due macchine Zeeko, una simile, la seconda più piccola, sono installate presso l'azienda Media Lario Srl a Bosisio Parini (LC).

La presenza presso INAF-OABrera di un impianto di ion beam figuring e del relativo know-how costituisce un vantaggio operativo di particolare interesse.

**A cura di:** Gabriele Vecchi, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)

**Facility:** Officina meccanica

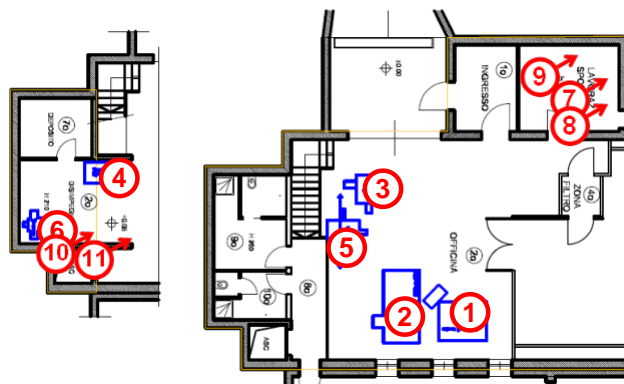
**Tipologia:** Lavorazioni meccaniche

**Luogo:** INAF- Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate  
V. Bianchi 46, 23807 Merate (Lecco)

**a. Descrizione Facility**

L'officina meccanica di Merate è uno spazio di 3 locali adibito a lavorazioni meccaniche di vario genere, foratura, fresatura, tornitura e taglio. Le 2 macchine principali sono a controllo numerico, una fresa DMG ed un tornio Gildemeister. Un carro ponte da 3.2 ton permette la movimentazione nell'area principale di pezzi pesanti. La fresa DMG è inoltre fornita di sistema CAM per la lavorazione di superfici e pezzi complessi. La lista dei macchinari disponibili è:

- 1) Fresa a 3 assi DMG
- 2) Tornio Gildemeister
- 3) Fresa Grazioli
- 4) Tornio Optimum
- 5) Sega a nastro COVEMA
- 6) Trapano a colonna COVEMA
- 7) Mola orizzontale Knuth KS150
- 8) Sega a nastro verticale
- 9) Mola circolare
- 10) Tornietto Schaublin 70
- 11) Trapano da banco LTF



**b. Caratteristiche Tecniche**

CARATTERISTICHE TECNICHE FRESA DMG:

Tipologia: Fresa 3 assi (automatici) + 2 (manuali)  
 Marca: DeckelMaho (DMG)  
 Modello: DMU 50T  
 Anno: 2001  
 Potenza: 13 kW  
 Campo di lavoro: 500 x 400 x 400 mm (l x p x h)  
 Velocità del mandrino: 20-9000 giri/min  
 Peso: 3400 Kg  
 Dimensioni: 305 cm x 200 cm x 247 cm (l x p x h)  
 note: dal 2015 è stato implementato il sistema CAM tramite software FeatureCAM (DELCAM)

CARATTERISTICHE TECNICHE TORNIO GILDEMEISTER:

Tipologia: Tornio CNC  
 Marca: Gildemeister  
 Modello: NEF 520  
 Anno: 2001

Potenza: 12 kW  
 Campo di lavoro:  
 Diametro massimo lavorabile sul bancale: 500 mm  
 Diametro max lavorabile sulla slitta trasversale: 290 mm  
 Diametro autocentrante: 250 mm  
 Percorso trasversale: 180 mm  
 Distanza tra le punte: 850 mm



*Fresa DeckelMaho (DMG)*

*Tornio Gildemeister CNC*

**c. Per cosa è stata usata in passato**

Nel periodo che va dal 2000 al 2020 l'officina è stata utilizzata per la realizzazione di molteplici pezzi per gli esperimenti ed i laboratori di OABrera-Merate (cupole e telescopi, laboratori metrologici, BEATRIX, ...) oltre che a progetti sia in ambito spaziale (Simbol-X, NHXM, IXO, Athena, WFXT, COSMOS, LYNX) e strumentazione per osservazioni da terra (REM, ESPRESSO, DOLORES, BATMAN, FLY-EYE, SOXS, MAGIC, ASTRI).

**d. Necessità per il suo funzionamento**

L'utilizzo dei macchinari è garantito da una unità di personale tecnico a Tempo Indeterminato

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

Costruita nel 2000 nel piano interrato dell'osservatorio per alloggiare le 2 macchine principali acquistate in concomitanza con la costruzione della stessa. Altri macchinari più vecchi presenti nella precedente officina sono stati mantenuti funzionanti. Nel 2007 è stato acquistato un tornio manuale Optimum. Nel 2011 è stata ridotta l'area utile per ampliare la camera pulita adiacente. Lo stato generale dell'officina è discreto.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

Nel 2000 il personale adibito all'uso dei macchinari era di 4 unità. Attualmente il personale tecnico è di solo 2 unità, prossime alla pensione, numero insufficiente a garantire un servizio adeguato, il tornio Gildemeister CNC è pertanto inattivo e si è in attesa di un concorso per l'assunzione di una unità di personale a tempo indeterminato.

**A cura di:** Stefano Basso, INAF–OABrera, sede di Merate, Merate (LC)



<b>Facility:</b> Camera pulita presso officina
<b>Tipologia:</b> Camera Pulita ISO7 test e integrazione
<b>Luogo:</b> INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate, Via E. Bianchi 46, 23807Merate (Lecco)

<b>a. Descrizione Facility</b>	
<p>Si tratta di una camera pulita (ISO7) di elevate dimensioni con all'interno la presenza di un banco ottico isolato meccanicamente, strumentazioni metrologiche (CMM) e spazio libero per l'installazione di nuova strumentazione, integrazioni di componenti optomeccanici. Vi è il controllo della temperatura di +/- 0.5°C.</p> <p>È inoltre presente una campana a vuoto per test criogenici (150 K) e a alte temperature (&gt;150 °C) utilizzata estensivamente per test ottici preliminari e pulizia meccanica in vuoto per i componenti dello spettrografo NIR di SOXS</p>	
<b>b. Caratteristiche Tecniche</b>	
<p><i>Dimensione totale: 98 m<sup>2</sup></i>  <i>Classe: ISO7</i>  <i>Controllo Temperatura 20±0.5°C</i>  <i>Controllo umidità: sì, impostabile un valore massimo</i></p>	
	
<b>c. Per cosa è stata usata in passato</b>	
<p>Metrologia ottica e meccanica di componenti anche di grandi dimensioni e integrazione di sotto-componenti di strumenti. In particolare è stata effettuata l'integrazione ottica e meccanica delle Front End Unit di ESPRESSO, l'accettazione e integrazione di Corotatore, Common Path e ottiche di SOXS oltre all'integrazione di varia strumentazione sviluppata e utilizzata all'interno dell'osservatorio (e.g. macchina CGH). Attualmente è utilizzata per l'integrazione ottica, meccanica e elettronica dello spettrografo NIR di SOXS. In futuro è previsto di utilizzarla intensamente per l'integrazione delle ottiche di MAVIS@VLT e per l'integrazione di CUBES@VLT</p>	
<b>d. Necessità per il suo funzionamento</b>	
<p>Richiede il funzionamento dell'impianto di trattamento aria (UTA)</p>	
<b>e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility</b>	
<p>La camera pulita è in funzione e controllata periodicamente. È utilizzata con continuità per diversi test metrologici e di integrazione.</p>	

**A cura di:** Andrea Bianco

Presentato da: Matteo Aliverti (matteo.aliverti@inaf.it), Sergio Campana (sergio.campana@inaf.it)

Utilizzatori principali: OABr

**Facility:** Laboratorio ottico di olografia

**Tipologia:** Laboratorio Ottico

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
Via E. Bianchi 46, 23807 Merate (Lecco)

**a. Descrizione Facility**

Questo laboratorio ottico è una *facility* per la produzione di elementi ottici olografici. Consiste in un banco ottico smorzato all'interno di una camera bianca, sul quale sono alloggiati 3 dispositivi LASER a diversa lunghezza d'onda (660 nm, 532 nm, 457 nm).

Questi laser possono essere utilizzati singolarmente o combinati per avere un fascio RGB e formare un pattern di interferenza idoneo alla scrittura di elementi olografici su opportuni substrati fotosensibili. Le dimensioni del fascio collimato sono al massimo di 200 mm in diametro.

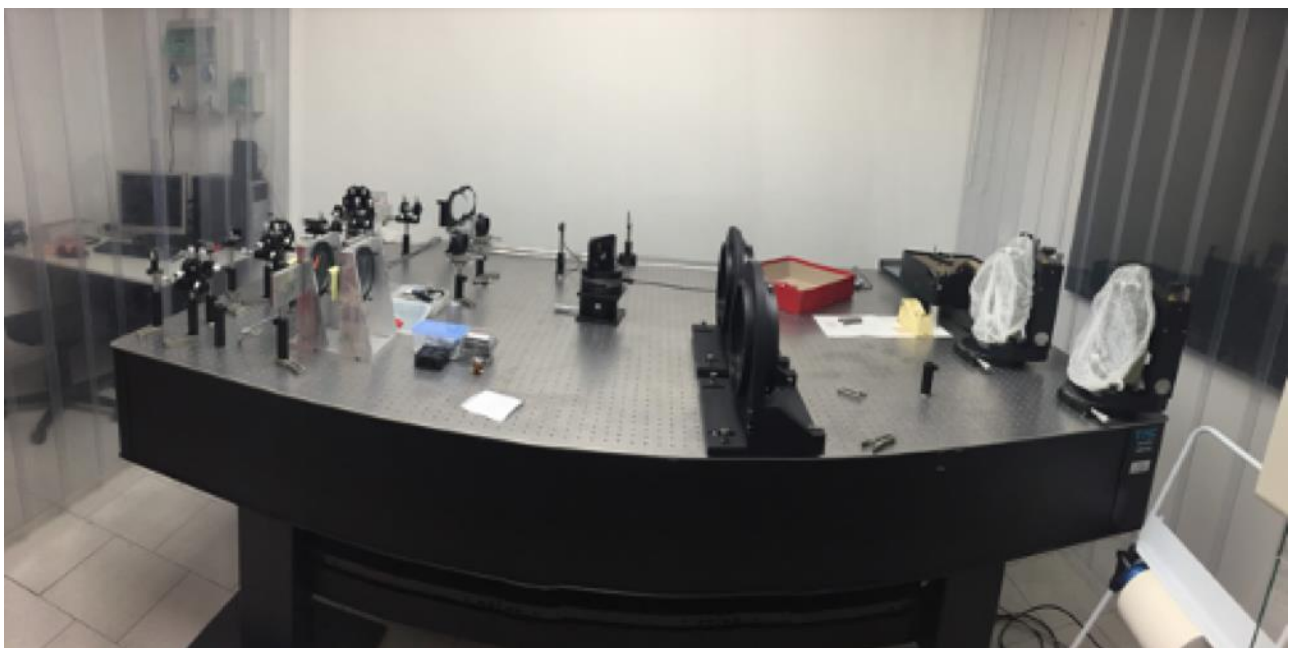
Il laboratorio è corredato da strumenti di illuminazione per il post-processing dei materiali fotosensibili, e da macchinari per la deposizione (laminazione) semi-automatica dei materiali su substrati trasparenti (finestre di vetro, polimeriche, etc..)

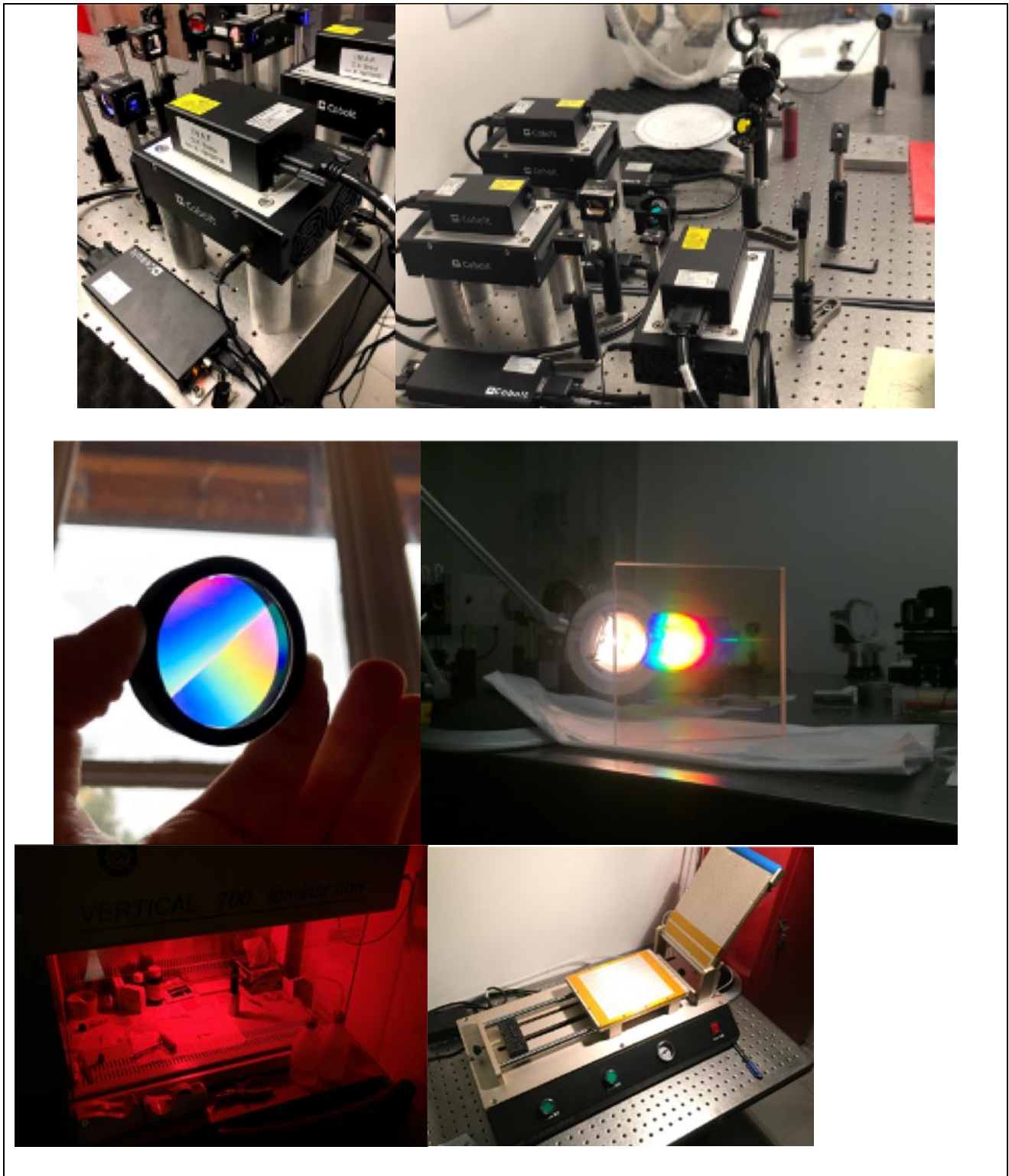
**b. Caratteristiche Tecniche**

Dimensione massima substrati utilizzabili: 250 x 200 mm;

Elementi olografici disperdenti con 100 – 5000 l/mm;

Materiali fotosensibili R, G, B;





**c. Per cosa è stata usata in passato**  
 Vengono condotti esperimenti di scrittura di VPHG con geometrie ed architetture innovative, test di scrittura su nuovi materiali fotosensibili per applicazioni astronomiche.  
 Vengono realizzati reticoli di diffrazione *custom* per applicazioni astronomiche e nuovi strumenti spettrografici.  
 Vengono infine realizzati Ologrammi per *outreach* e didattica.

Sono stati eseguiti studi di prototipazione per conto di aziende e startup in ambito automotive e realtà aumentata.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Il laboratorio richiede un controllo di temperatura per evitare gradienti termici all'interno della stanza. Richiede la presenza di tende oscuranti per maneggiare i materiali fotosensibili nelle fasi prima della scrittura. Richiede la presenza di una camera bianca per preservare le ottiche dal deposito di polveri e dalla presenza di particelle di polvere nell'aria che possono intercettare i fasci laser in funzione e creare luce diffusa.

La gestione di questo laboratorio necessita di personale qualificato su:

- Rischi dovuti all'utilizzo di sorgenti laser;
- Maneggiamento sostanze chimiche;
- Utilizzo e manutenzione di componenti opto-meccanici.

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

Anno di costruzione iniziale 2010

2016: Ampliamento facility per produzione su substrati di grandezza massima ca. 250x200 mm

Continue ottimizzazioni in corso.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Alessio Zanutta, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)



**Facility:** Diffrattometro a raggi X “BEDE-D1

**Tipologia:** Diffrattometro a raggi X

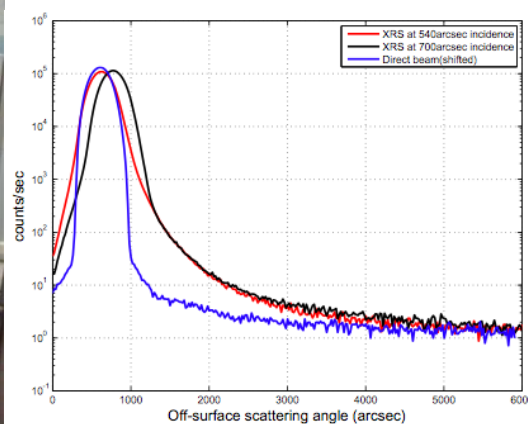
**Luogo:** INAF–Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
via Bianchi 46, 23807 Merate (Lecco)

**a. Descrizione Facility**

Diffrattometro Bede-D1 system, prodotto da Bede company (UK), ora Jordan Valley Semiconductors Ltd. Il sistema, chiuso in un sistema schermante con interruttori di sicurezza, produce un fascio di raggi X che viene successivamente filtrato da dei cristalli di silicio per selezionare l’energia di interesse. Il fascio viene fatto incidere su un campione di specchio o di cristallo, montato su un goniometro a due assi. Il fascio riflesso/diffratto/diffuso viene infine analizzato da uno scintillatore o da un rivelatore a stato solido.

**b. Caratteristiche Tecniche**

- sorgente convenzionale a raggi X, intercambiabile, ad anodo non rotante. Disponibili con anodo a: rame (8.045 keV), molibdeno (17.4 keV), tungsteno (spettro continuo 5 - 50 keV).
- doppi monocromatori a Channel-Cut-Crystal in Silicio per linee di fluorescenza a 8.045 keV e 17.4 keV.
- goniometro porta-campioni di precisione (1 arcsec) a 2 assi.
- detector stage con scintillatore YAP e fotomoltiplicatore ad alta linearità (< 200000 conteggi/sec).
- videocamera con rivelatore al fosforo.
- detector XR-100CR AMPTEK al silicio per misure risolte in energia.
- motori di precisione con encoder ottici.
- interfacce e computer con software di movimentazione e acquisizione dati.
- fenditure di collimazione (larghezze tra 10 μm – 2 mm).
- Circuito ad acqua refrigerata (13 °C) per raffreddamento tubi a raggi X.
- Schermaggio in acciaio e plexiglass piombato con vari interlock di sicurezza.



**c. Per cosa è stata usata in passato**

Dall’acquisto (1994) a oggi il diffrattometro è stato usato per tutti i progetti di ricerca su specchi a raggi X come ad esempio SIMBOL-X/NHXM, IXO, eROSITA, ASI high energy mirror, ESA-multilayer, Athena.

<b>d.</b>	<b>Necessità per il suo funzionamento</b>
Per la sua operatività richiede una unità di personale. La sorgente a raggi X richiede un controllo di sicurezza con cadenza annuale da parte di un esperto qualificato.	

<b>e.</b>	<b>Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)</b>
Lo strumento è stato comprato nel 1994 ed è ancora funzionante e in ottimo stato, però è molto difficile trovare parti di ricambio e quindi in caso di guasti potrebbe essere un problema ripararla.	

<b>f.</b>	<b>Eventuali altre informazioni di interesse</b>

**A cura di:** Daniele Spiga, INAF-OABrera, sede di Merate (LC)

**Facility:** Strumento di metrologia superficiale “MFT - MicroFinishingTopographer

**Tipologia:** Strumento di metrologia superficiale

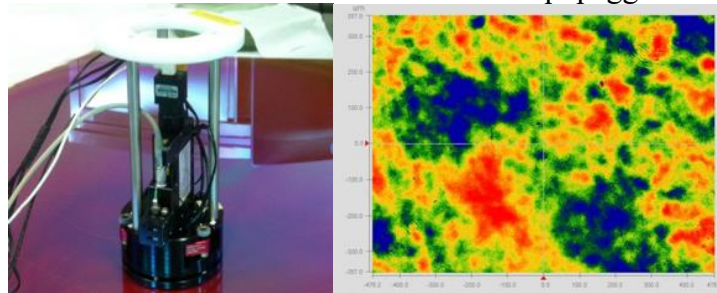
**Luogo:** INAF–Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate, via Bianchi 46, 23807 Merate (Lecco)

**a. Descrizione Facility**

Si tratta di un PSI (Phase Shift Interferometer), ovvero un microscopio ottico equipaggiato di interferometro per le misure di rugosità superficiale. L’obiettivo, opportunamente calibrato, forma un’immagine di una porzione della superficie che interferisce con la luce incidente, formando frange di interferenza da cui poi si risale alla topografia con una risoluzione di qualche angstrom. Lo strumento viene direttamente appoggiato sulla superficie di misura tramite 3 viti calanti di precisione motorizzate e comandate indipendentemente. Questo consente la messa a fuoco e il livellamento della superficie di misura.

**b. Caratteristiche Tecniche**

Esecuzione di misure di mappe 2D di rugosità di campioni di specchi o mandrini nell’intervallo di scale laterali 4–0.02 mm con obiettivi di diversi ingrandimenti (2,5x, 10x, 20x, 50x) intercambiabili e risoluzione laterale massima di 5 nm. Equipaggiato con software 4D per analisi delle immagini.



**c. Per cosa è stata usata in passato**

L’MFT ed è stato usato per la caratterizzazione della rugosità di specchi per raggi X e specchi per il telescopio Cherenkov ASTRI. Attualmente è in uso per misurare la rugosità di specchi e campioni di specchi nel progetto ASI-INAF TAO-X.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Una unità di personale. Non sono previsti materiali di consumo.

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

L’MFT è stato acquistato nel 2014 ed è attualmente funzionante in buono stato, anche se richiederebbe la revisione o la sostituzione dei motori che consentono la messa a fuoco della superficie per un migliore prestazione.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Daniele SPIGA, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)

**Facility:** Strumento di metrologia meccanica “Laser Tracker – Faro

**Tipologia:** Strumento di metrologia meccanica

**Luogo:** INAF – Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
via Bianchi 46, Merate (LC)

**a. Descrizione Facility**

Il Laser Tracker è un sistema di misura portatile basato su raggio laser. Il Tracker può misurare le coordinate tridimensionali in 3 modi diversi: per mezzo di un riflettore (una piccola sfera posizionata manualmente dall’operatore sul punto da rilevare); per mezzo di un tastatore senza fili punto a punto; per mezzo di uno scanner laser ad alta velocità. Il metodo di misura da utilizzare dipende dall’applicazione ed in tutti i casi avviene per “inseguimento” ottico dell’utensile di misura da parte del tracker.

E’ possibile infine effettuare misure di componenti meccaniche estese (decine di metri) o distanti tra loro fino a 80m utilizzando la CMM non cartesiana o laser tracker. Detto strumento è facilmente trasportabile permettendo l’effettuazione delle misure in diverse condizioni e ambienti di lavoro. L’accuratezza di dette misure si attesta attorno a  $\pm 15\mu\text{m}$  entro i 10 m dalla macchina salendo a  $\pm 30\mu\text{m}$  entro i 60m. La macchina è manuale e permette una esecuzione rapida delle misure il suo warm up time è di circa 1 ora.

L’operatore posiziona manualmente la sfera di misura garantendo rapidità e flessibilità alla misura.

**b. Caratteristiche Tecniche**

- Classe IP52 - Resistente all’acqua e alla polvere
- Raggio di lavoro orizzontale: 360° - Rotazione completa
- Raggio di lavoro verticale: 130° (da +77,9° a - 52,1°)
- Distanza max. di funzionamento: 80 m con target selezionati e temperatura da 10 °C a 35 °C 60 m con SMR standard di 1,5” & 7/8” 30 m con SMR standard di 1/2”
- Precisione lineare (MPE):  $16\mu\text{m} + 0,8 \mu\text{m/m}$
- Precisione angolare (MPE):  $20 \mu\text{m} + 5 \mu\text{m/m}$
- Stazione di compensazione di parametri ambientali



**c. Per cosa è stata usata in passato**

Dall’acquisto a oggi, il Laser Tracker è stato usato nell’ambito di moltissimi progetti (VLT telesoche, ESPRESSO, MORFEO/MAORY, BEaTriX, Radome, M4, ANDES...) specialmente allo scopo di:

- Verificare l’allineamento di specchi di classe 1 metro e di componenti optomeccanici.
- Caratterizzare elementi ottici (Radius of curvature, surface alignment)
- Caratterizzare componenti meccanici di grande dimensione
- Monitoraggio dello stato di salute di uno strumento astronomico (vibrazioni e posizione)

**d. Necessità per il suo funzionamento**



Nessun materiale di consumo. Per la sua operatività, richiede una/due unità di personale. Licenza software per l'utilizzo.

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

Lo strumento è stato comprato nel 2013 dalla Cam2 (distributore italiano di Faro), e viene costantemente mantenuto in taratura.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

All'interno dello stesso laboratorio sono presenti sistemi di metrologia meccanica complementari al Laser Tracker (CMM e braccio antropomorfo), per fornire all'utente la possibilità di ottimizzare la misura metrologica in funzione delle necessità.

È un'unità trasportabile in maniera molto agile, e può quindi essere utilizzata per misure in loco.

Durante la visita è stato mostrato come questo strumento può essere utilizzato con diversi profili di misura per il monitoraggio e allineamento di grandi sistemi optomeccanici come MORFEO e BEaTriX. Inoltre, come esso può essere utilizzato per misurare le superfici caratterizzandone la forma.

**A cura di:** Marco Riva, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC).

**Presentato da:** Edoardo Maria Alberto Redaelli, sede di Merate, Merate (LC).

Per maggiori informazioni: [edoardo.redaelli@inaf.it](mailto:edoardo.redaelli@inaf.it) [matteo.aliverti@inaf.it](mailto:matteo.aliverti@inaf.it)  
[marco.riva@inaf.it](mailto:marco.riva@inaf.it)

**Facility:** Strumento di metrologia meccanica “CMM – Coordinate Measuring Machine Coord3

**Tipologia:** Strumento di metrologia meccanica

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate, via Bianchi 46, 23807 Merate (LC)

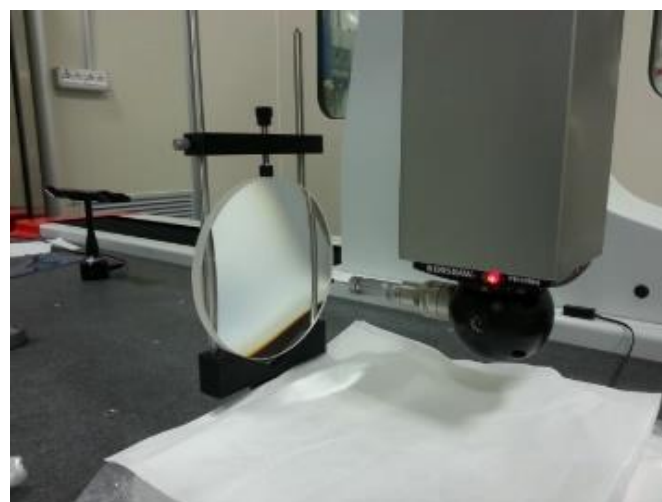
**a. Descrizione Facility**

La Coordinate Measuring machine è un sistema di misura di specchi, mandrini, parti meccaniche, o assemblati di essi, determinandone esattamente la forma e il loro posizionamento nello spazio in 3D. La macchina determina un insieme di punti che descrivono la mappa della superficie della parte da caratterizzare. Lo strumento si basa su tre carrelli ortogonali che posizionano nello spazio un sensore a forma di punta che termina con una sferetta.

E' possibile effettuare misure di componenti meccaniche con dimensioni massime di: 2600mm di profondità, 1050mm di larghezza, 900mm di altezza utilizzando la CMM cartesiana (non trasportabile). L'accuratezza di dette misure va da un minimo di 1.8um ad un massimo di 9.0um se si utilizza il massimo della corsa. La macchina è automatica il che permette la programmazione del percorso di misura per effettuare misure in serie di pezzi simili. L'operatore programma a priori il percorso di misura. Ciò aumenta la precisione ma riduce la flessibilità della macchina.

**b. Caratteristiche Tecniche**

- Volume di misura: 2600 x 1050 x 900mm
- Peso ammissibile sul piano di lavoro: 1.500 Kg
- Precisione di misura volumetrica a norme ISO10360/2 con PH10 e TP200:  $E=(1,8+L/333)\mu\text{m}$
- Il piano di lavoro è isolato pneumaticamente.
- Installata in una cleanroom: Temperatura ambiente stabilizzata  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$
- Umidità < 60%
- Grado di pulizia ambientale: ISO 7 (classe 10000)



<b>c.</b>	<b>Per cosa è stata usata in passato</b>
<p>Dall'acquisto a oggi, la CMM è stata usata nell'ambito di moltissimi progetti (es. IXO, BEaTriX, ESPRESSO, Maory, SOXS...), specialmente allo scopo di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verificare l'allineamento di elementi ottici o di mandrini di integrazione per specchi.</li> <li>• Caratterizzare elementi ottici (Radius of curvatures, syrfacialignment)</li> <li>• Caratterizzare componenti meccanici di alta precisione</li> </ul>	
<b>d.</b>	<b>Necessità per il suo funzionamento</b>
<p>Nessun materiale di consumo. Per la sua operatività, richiede una unità di personale. La CMM va utilizzata in una clean room classe ISO 7 o migliore. Necessità aria compressa a 5 bar minimo 250l/m</p>	
<b>e.</b>	<b>Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)</b>
<p>Lo strumento è stato comprato nel 2015 dalla Coord3 srl, e viene costantemente mantenuto in taratura.</p>	
<b>f.</b>	<b>Eventuali altre informazioni di interesse</b>
<p>All'interno dello stesso laboratorio sono presenti sistemi di metrologia meccanica complementari alla CMM (Laser Tracker e braccio antropomorfo), per fornire all'utente la possibilità di ottimizzare la misura metrologica in funzione delle necessità. (vedansi schede dedicate)</p>	

**A cura di:** Daniele Spiga e Marco Riva, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)

**Facility:** Camera pulita presso biblioteca

**Tipologia:** Camera Pulita ISO7 multifunzione

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
Via E. Bianchi 46, 23807 Merate (LC)

**a. Descrizione Facility**

Si tratta di una camera pulita (ISO7) di piccole dimensioni con all'interno la presenza di un banco ottico isolato meccanicamente, strumentazioni metrologiche (AFM, profilometro) e macchina di litografia ottica. Vi è il controllo della temperatura di +/- 1.0°C.

**b. Caratteristiche Tecniche**

Dimensione totale: 30.4 m<sup>2</sup> (27 m<sup>2</sup> escluso locale ingresso)

Classe: ISO7

Controllo T: Sì (+/- 1% attorno a 20°C)

Controllo umidità: Sì



**c. Per cosa è stata usata in passato**

Metrologia ottica e meccanica di componenti.

Analisi AFM.

Scrittura pattern litografici.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Richiede il funzionamento dell'impianto di trattamento aria (UTA)

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

La camera pulita è perfettamente funzionante e controllata annualmente. Nel 2020 è stato sostituito il gruppo frigorifero.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Andrea Bianco, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)



**Facility:** Camera pulita “Clean Tent Forni

**Tipologia:** Camera Pulita Clean Tent ISO5 per slumping a caldo

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
Via E. Bianchi 46, 23807, Merate (LC)

**a. Descrizione Facility**

Si tratta di un’area con immissione di aria priva di particelle di tipo clean tent (ISO5). Non vi è controllo di temperatura e umidità. È di piccole dimensioni ed è al momento inutilizzata.

**b. Caratteristiche Tecniche**

Dimensione totale: circa 6 m<sup>2</sup>

Classe: ISO5

Controllo T: No

Controllo umidità: No



**c. Per cosa è stata usata in passato**

Supporto allo slumping di vetro a caldo

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Richiede il funzionamento dell’impianto di trattamento aria con filtri

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

2013. La struttura è funzionante anche se al momento non utilizzata

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Andrea Bianco, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)

**Facility:** Strumento di metrologia superficiale “AFM - microscopio a forza atomica- Veeco Explorer

**Tipologia:** Strumento di metrologia superficiale

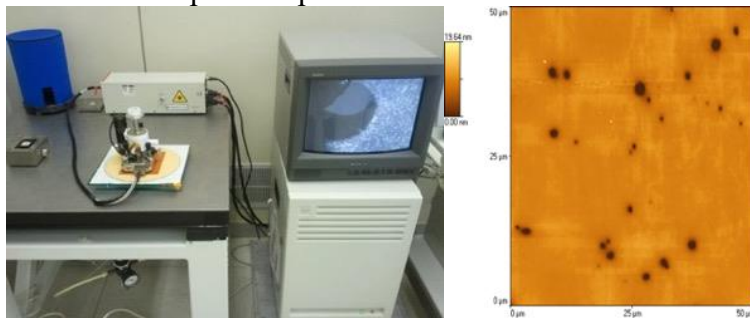
**Luogo:** INAF–Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate, via Bianchi 46, 23807 Merate (LC)

**a. Descrizione Facility**

Lo strumento si basa sulla vibrazione ad alta frequenza di una punta (cantilever) in silicio di pochi micron di dimensioni. L’ampiezza delle vibrazioni varia a seconda della distanza della punta dal campione. Un trasduttore piezoelettrico mantiene costanti l’ampiezza e la distanza durante la scansione. La variazione di tensione durante la scansione consente la ricostruzione della mappa di rugosità degli specchi a raggi X. Lo strumento può funzionare in *contact mode* o *tapping mode* (senza contatto con la superficie).

**b. Caratteristiche Tecniche**

Stand-alone Veeco Explorer, per misure di mappe 2D di rugosità di campioni di specchi o mandrini nell’intervallo di scale laterali 100 µm – 1 µm (tripod scanner) oppure 2 µm – 5 nm (tube scanner). Sensibilità verticale < 1 Å in tapping mode. Software per analisi misure e elaborazione spettri di potenza/analisi frattale.



**c. Per cosa è stata usata in passato**

Nel periodo che va dal 2005 al 2017 l’AFM è stato usato per numerosi progetti di ricerca su specchi a raggi X come SIMBOL-X/NHXM, IXO, eROSITA.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

L’AFM, quando viene usato, richiede una sostituzione periodica dei cantilever che si consumano o raccolgono particelle e perdono in risoluzione spaziale. Per la sua operatività richiede una unità di personale. L’AFM va utilizzato in una clean room classe ISO 7 o migliore.

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

Lo strumento è stato comprato nel 2005. Nonostante sia ancora funzionante, non sono più disponibili parti di ricambio e quindi è a rischio di guastarsi definitivamente.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Daniele Spiga, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)

**Facility:** Strumento di metrologia di forma “ZYGO GPI-XP

**Tipologia:** Interferometro/Strumento di metrologia di forma

**Luogo:** INAF–Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
via Bianchi 46, 23807 Merate (LC)

**a. Descrizione Facility**

Lo strumento è un interferometro del tipo di Fizeau. Un fascio laser del tipo He-Ne con una lunghezza di coerenza di alcune centinaia di metri viene espanso a un diametro circolare di 100 mm e inviato attraverso una finestra trasparente all’elemento riflettente di cui si vuole misurare la forma. Il fronte d’onda riflesso viene fatto interferire con quello incidente ottenendo delle frange di interferenza che costituiscono le curve di livello della superficie da misurare. Il processo di de-fringing avviene tramite oscillazione della finestra, che consente al software di risalire alla topografia 3D dell’elemento da misurare. Questo strumento consente la misura di superfici quasi-piane. Per misurare superfici che deviano poco da una sfera, il fascio viene fatto passare attraverso una lente che rende il fronte d’onda convergente.

**b. Caratteristiche Tecniche**

Interferometro Fizeau ZYGO GPI-XP equipaggiato con due elementi di trasmissione, uno per superfici piane, l’altro sferiche. La sorgente è un laser He-Ne che fornisce un fronte d’onda di 100 mm di diametro. La risoluzione verticale dello strumento è di 5 nm. La risoluzione laterale dipende dall’ingrandimento adottato.

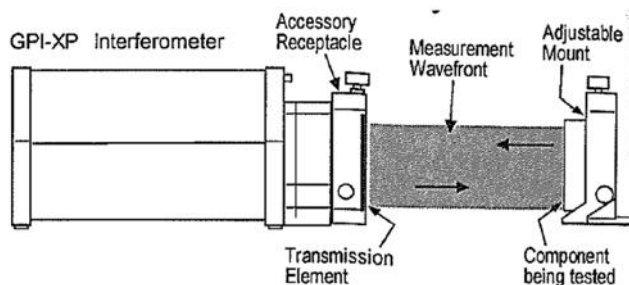


Figure 4.8: : The ZYGO GPI-XP interferometer. Layout (left) and photo (right) of the ZYGO interferometer.

**c. Per cosa è stata usata in passato**

Lo strumento, per la sua versatilità, è stato utilizzato per un numero svariato di progetti tecnologici che spaziano dai raggi X al visibile fino all’infrarosso. Ricordiamo ad esempio il progetto ESA “IXO backup optics with slumped glasses”. Attualmente viene usato, fra gli altri scopi, per la caratterizzazione delle medie frequenze nello specchio collimatore della facility X Beatrix in costruzione. È inoltre lo strumento principale per la caratterizzazione in forma degli specchi e degli altri elementi ottici lavorati nell’attiguo laboratorio di IBF (IonBeamFiguring).

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Per la sua operatività, richiede una unità di personale. Non richiede materiali di consumo ma richiede una pulizia periodica delle ottiche da realizzare in fabbrica.

<b>e.</b>	<b>Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)</b>
-----------	--

<p>Lo strumento è in funzione presso INAF-Brera dal 2002, ed è attualmente in ottimo stato di funzionamento. Sono inoltre stati realizzati in economia componenti aggiuntivi in grado di espandere il fascio a diametri maggiori. Tuttavia, è un modello ormai vecchio e sarebbe bene affiancargli uno strumento più moderno, ad esempio in grado di controllarne la lunghezza di coerenza della radiazione e quindi concentrare la misura su singole interfacce di specchi trasparenti (vetri sottili o plastiche). Oppure modelli in grado di eliminare artefatti dovuti a vibrazioni (ad es. il modello ZYGO Verifire o Dynafiz).</p>	
--	--

<b>f.</b>	<b>Eventuali altre informazioni di interesse</b>
-----------	--

--	--

**A cura di:** Daniele Spiga, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)



**Facility:** Laboratorio chimico e di caratterizzazione spettroscopica

**Tipologia:** Laboratorio

**Luogo:** INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate,  
Via E. Bianchi 46, 23807, Merate LC

**a. Descrizione Facility**

Si tratta di un laboratorio chimico per la preparazione di campioni liquidi e solidi e la realizzazione di semplici reazioni chimiche. Inoltre il laboratorio prevede una sezione di caratterizzazione dei materiali mediante spettroscopia vibrazionale, una sezione di preparazione di film sottili e una sezione di elettronica

**b. Caratteristiche Tecniche**

Il laboratorio è diviso in due, da una parte la cappa chimica e il bancone con tutta la vetreria. Nella seconda parte, vi è uno spettrofotometro UV-Vis-NIR (190 – 2800 nm) con anche sfera integratrice e un FT-IR (2.5 – 25 micron) che può funzionare in modalità ATR. È inoltre presente una cappa a flusso laminare che ospita uno spin coater e un bar coating per la deposizione di film polimeri sottili.

**c. Per cosa è stata usata in passato**

Realizzazione di film sottili fotosensibili e loro caratterizzazione;  
Caratterizzazione di filtri, materiali per ottica.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

- Consumabili chimici,
- Gas inerti

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

Il laboratorio è in ottimo stato, completamente funzionante. Gli strumenti spettroscopici sono stati acquistati nel 2020.

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Andrea Bianco, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)

**Facility:** Strumento di metrologia superficiale “CUP - Characterization Universal Profilometer

**Tipologia:** Strumento di metrologia superficiale

**Luogo:** INAF – Brera, via Bianchi 46, Merate (LC)

**a. Descrizione Facility**

Lo strumento si basa su un sensore ottico di distanza marca Precitec, che misura la distanza della superficie ottica senza contatto. Il sensore viene scandito sulla superficie ottica attraverso dei motori su guide ortogonali. Un terzo motore mantiene il sensore di distanza nel suo range di misura (2 mm), mentre la distanza del sensore da uno specchio di riferimento viene misurata continuamente da un interferometro laser. La forma dello specchio in misura viene ricostruita dalla combinazione delle informazioni fornite dall’interferometro laser, dal sensore di distanza, e dagli encoder delle guide.

**b. Caratteristiche Tecniche**

Capacità di misura ottiche (piane/concave/convesse) fino a 200x200mm/300mm diametro.  
Installata in area clean room con controllo di temperatura a  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .  
Collegata a elettronica e computer di controllo.



**c. Per cosa è stata usata in passato**

Dalla costruzione a oggi, la CUP è stato il principale strumento di topografia superficiale per il progetto ESA “IXO backup optics with slumped glasses”.

**d. Necessità per il suo funzionamento**

Per la sua operatività richiede una unità di personale. Non ci sono materiali di consumo. Lo strumento deve essere utilizzato in una clean room classe ISO 6.

**e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)**

Lo strumento è stato costruito in economia nel 2010. Al momento è previsto un upgrade con base e supporti in granito per garantire una migliore stabilità termica. Lo strumento richiederebbe diversi ammodernamenti (motori e guide di precisione maggiore, altri due interferometri laser e due barre di riferimento).

**f. Eventuali altre informazioni di interesse**

**A cura di:** Daniele Spiga, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC).

<b>Facility:</b> Camera pulita “CleanTent Astri
<b>Tipologia:</b> Clean tent per ottiche Astri
<b>Luogo:</b> INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, sede di Merate, Via E. Bianchi 46, 23807, Merate LC

<b>a. Descrizione Facility</b>
Si tratta di un'area con immissione di aria priva di particelle di tipo cleantent(ISO6). Non vi è controllo di temperatura e umidità. È di piccole dimensioni ed è al momento flessibile nel suo utilizzo. Vi è la presenza del microscopio a contrasto di fase ed è stata utilizzata per la realizzazione di segmenti di specchi per telescopi Cherenkov (c'è ancora parte della strumentazione).

<b>b. Caratteristiche Tecniche</b>
<i>Dimensione totale: 24.5 m<sup>2</sup> (17.6 m<sup>2</sup> escluso locale ingresso)</i> <i>Classe: ISO6</i> <i>Controllo T: No</i> <i>Controllo umidità: No</i>

Clean Tent ASTRI

<b>c. Per cosa è stata usata in passato</b>
Analisi al microscopio ottico. Realizzazione prototipi segmenti di specchi per telescopi Cherenkov (ASTRI)

<b>d. Necessità per il suo funzionamento</b>
Richiede il funzionamento dell'impianto di trattamento aria con filtri

<b>e. Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)</b>
2013. Funzionante anche se al momento utilizzata solo per le analisi al microscopio ottico
<b>f. Eventuali altre informazioni di interesse</b>

**A cura di:** Andrea Bianco, INAF-OABrera, sede di Merate, Merate (LC)