

# Curriculum Vitae

## INFORMAZIONI PERSONALI

**Nome** MARCO  
**Cognome** BARBERA  
**Recapiti** Dipartimento di Fisica e Chimica, Via Archirafi 36, 90123 Palermo  
**Telefono** 334-6399413  
091-7571113  
**Fax** 091-7571129  
**E-mail** marco.barbera@unipa.it

## FORMAZIONE TITOLI

1991 - Laurea in Fisica, Università degli Studi di Palermo

1995 - Dottorato di Ricerca in Fisica, Università degli Studi di Palermo

1995 - Vincitore del concorso pubblico ad un posto di Astronomo Ricercatore presso l'INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana. Presa di servizio 04/07/1995

1997 - Vincitore di una borsa di ricerca annuale NATO-CNR presso l'High Energy Astrophysics Division dell'Harvard-Smithsonian Center For Astrophysics, Cambridge, MA, USA. Periodo di fruizione della borsa 01/10/1997-30/09/1998.

2004 - Idoneo nella valutazione comparativa per il reclutamento di un posto di professore di seconda fascia dell'Università degli Studi di Palermo per il SSD FIS/05 Astronomia e Astrofisica. Nominato nel ruolo di P.A. presso la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'UNIPA il 30/12/2004.

## ATTIVITA' DIDATTICA

### INSEGNAMENTI

Titolare dell'insegnamento Laboratorio di Fisica (2 CFU), LT in Scienze e Tecnologie per i Beni Culturali, UNIPA, dall'A.A. 2002-2003 fino al 2007-2008.

Titolare dell'insegnamento Fisica Generale (4 CFU), LT in Scienze e Tecnologie per i Beni Culturali, UNIPA, dall'A.A. 2003-2004 fino al 2007-2008.

Titolare dell'insegnamento Fisica (8 CFU). LT in Scienze Naturali, UNIPA, A.A. 2008-2009.

Titolare dell'insegnamento Laboratorio di Astrofisica (6 CFU), LM in Fisica, UNIPA, a partire dall'A.A. 2004-2005.

Titolare dell'insegnamento Fisica 1 (7 CFU), LT in Chimica, UNIPA, a partire dall'A.A. 2009-2010.

## COMMISSIONI DI LAUREA e DOTTORATO

Membro di commissioni di LT in Scienze e Tecnologie per i Beni Culturali, LT e LM in Fisica, UNIPA, sessioni di laurea dall'A.A. 2004-2005.

Membro della commissione giudicatrice degli esami finali del dottorato di ricerca in Fisica, Università di Ferrara, ciclo XVIII (2005).

Membro della commissione giudicatrice degli esami finali del dottorato di ricerca in Astronomia e Astrofisica, Università degli Studi dell'Insubria, ciclo XXIV. (2012).

## **RELATORE DI TESI DI LAUREA**

A.A. 2005-2006, laurea di V.O. in Fisica, studente Giovanna Tancredi, Titolo della tesi "Caratterizzazione sperimentale di microcalorimetri per raggi X con sensore di Ge NTD: processi fisici di termalizzazione",

A.A. 2006-2007, laurea triennale in Fisica, studente Nunzio Gabriele Galli, Titolo della tesi: "Elettronica di Front-End per un telescopio Cherenkov a grande campo"

A.A. 2010-2011, laurea triennale in Fisica, studente Luigi Cordaro, Titolo della tesi: "Configurazione di un apparato sperimentale per la caratterizzazione di elementi diffrattori di un monocromatore di raggi X. Misure preliminari di caratterizzazione di un cristallo di grafite pirolitica mosaicizzata"

A.A. 2010-2011, laurea triennale in Fisica, studente Antonino Buttacavoli, Titolo della tesi: "Configurazione di un apparato sperimentale per la caratterizzazione di elementi diffrattori di un monocromatore di raggi X. Misure preliminari di caratterizzazione di un cristallo di silicio mosaicizzato"

## **CORRELATORE DI TESI DI LAUREA**

A.A. 1995-1996, laurea di vecchio ordinamento (V.O.) in Fisica, studente Alessandro Dara, Titolo della tesi: "Trasmissività nei raggi X ed UV di film plastici metallizzati per Astronomia a raggi X: un contributo allo sviluppo di filtri per la camera ad alta risoluzione di AXAF".

A.A. 1998-1999, laurea di V.O. in Fisica, studente Antonella Cavadi, Titolo della tesi: "Proprietà ottiche di film plastici sottili per impiego in Astronomia X: misure UV/VIS dell'indice di rifrazione".

A.A. 2001-2002, laurea di V.O. in Fisica, studente M. Matranga, Titolo della tesi: "Spettroscopia X di stati di alta ionizzazione del Neon all'Electron Beam Ion Trap".

A.A. 2002-2003, laurea di V.O. in Ingegneria Elettronica, studente Manlio Serio. Titolo della tesi: "Amplificatore a basso rumore per Spettroscopia X ad alta risoluzione: implementazione in un criostato ADR e prove preliminari".

A.A. 2005-2006, laurea di V.O. in Ingegneria Elettronica, studente Giovanni Chianetta, Titolo della tesi: "Microcalorimetri al Germanio per rivelatori X".

A.A. 2011-2012, laurea magistrale in Ingegneria Elettronica, studente Giuseppe Messina, Titolo della tesi: "Realizzazione di un

sistema basato su FPGA per l'acquisizione ed elaborazione di segnali generati da microcalorimetri per la rivelazione di raggi X".

## **CORRELATORE DI TESI DI DOTTORATO DI RICERCA**

A.A. 2001-2002, dottorato di ricerca in Fisica – Ciclo XIII, studente Emanuele Perinati, Titolo della tesi: "Absorption of X-ray photons in a superconductor: study of the physical processes responsible for thermalization of the energy and application to model a microcalorimeter for high resolution spectroscopy"

A.A. 2011-2012, dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni – Ciclo XXII, studente Ugo Lo Cicero, Titolo della tesi: "Rivelatori per radiazione X in tecnologia planare"

## **ATTIVITA' DI TUTORAGGIO**

Tutor universitario nel periodo 2004-2012 di n. 8 tirocini svolti da studenti del corso di laurea in Fisica presso il laboratorio XACT dell'INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana.

Tutor universitario nel periodo 2004-2012 di n. 3 tirocini svolti da studenti universitari francesi presso il laboratorio XACT dell'INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana.

Tutor universitario di un assegno di ricerca annuale rinnovabile (decorrenza Maggio 2012) dal titolo "Progettazione e realizzazione di sistemi per la concentrazione della radiazione solare sul fotovoltaico ad alta efficienza", a gravare sui fondi del progetto "Fotovoltaico ad Alta Efficienza- FAE", PO FESR 2007-2013, linea 4.1.1.1.

## **RICERCHE FINANZIATE**

FP7-SPACE-2010-1, Cryogenic electronics for space applications and research, 36 mesi, Responsabile scientifico

POR-FESR 2007-2013, linea 4.1.1.1, Fotovoltaico ad Alta Efficienza, 30 mesi, Partecipante

PON 2000-2006 "Ricerca Scientifica, Sviluppo Tecnologico ed Alta Formazione", Asse II, Misura II.1 - azione a, Laboratorio per lo sviluppo e calibrazione di strumentazione per Astronomia a raggi X, durata 24 mesi, Responsabile scientifico

PRIN-MIUR 2004: Sviluppo e caratterizzazione di ottiche con coperture riflettenti singole ed a multistrato per astronomia in raggi X, 24 mesi, Responsabile di Udr

PRIN-MIUR 2001: Sviluppo ed applicazioni di Microcalorimetri a raggi X per lo studio di plasmi astrofisici e di laboratorio, 24 mesi, Partecipante

PRIN-MIUR 1999: Sviluppo e calibrazione di Microcalorimetri a raggi X per applicazioni in astronomia, 24 mesi, Partecipante

TECNO-INAF 2009, Read-out electronics for NTD germanium X-ray microcalorimeter arrays, 24 mesi, responsabile di UdR

ASI 1998-RS-90: Sviluppo e Calibrazione di strumentazione per Astronomia a raggi X: filtri, rivelatori, specchi, 12 mesi, Responsabile scientifico

ASI 1999-RS-53: Sviluppo e Calibrazione di Strumentazione per Astronomia a Raggi X: Filtri, Rivelatori, Specchi, 12 mesi, Responsabile scientifico

ASI I/R/099/00: Sviluppo e Calibrazione di Strumentazione per Astronomia a Raggi X: Filtri, Rivelatori, Specchi, 12 mesi, Responsabile scientifico

ASI I/R/111/01: Sviluppo e Calibrazione di Strumentazione per Astronomia a Raggi X: Filtri, Rivelatori, Specchi, 12 mesi, Responsabile scientifico

ASI I/R/134/02: Sviluppo e Calibrazione di Strumentazione per Astronomia a Raggi X: Filtri, Rivelatori, Specchi, 12 mesi, Responsabile scientifico

ASI I/067/06/0: Microcalorimetri a transizione di fase superconduttiva (TES) per Astrofisica in raggi X, 9 mesi, Responsabile di UdR

ASI I/032/10/0: Supporto allo strumento EPIC in orbita a bordo della missione XMM, 36 mesi, Responsabile di UdR

#### **INCARICHI / CONSULENZE**

2013 - - Membro della giunta del Consiglio di Dipartimento di Fisica e Chimica

- 2012 - - Membro del collegio di dottorato di ricerca in Fisica dell'UNIPA.
- 2011 - 2012 - Membro dell'osservatorio permanente della didattica (OPD) per il corso di laurea magistrale in Fisica dell'UNIPA.
- 2010 - - Membro della commissione laboratori didattici della Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'UNIPA.
- 2009 - 2012 - Membro di N. 2 commissioni di conferma in ruolo per P.A. del SSD FIS/05.
- 2008 - 2009 - Membro di una commissione di concorso pubblico a n. 3 posti di Tecnologo, III livello, con contratto di lavoro a tempo indeterminato per l'area scientifica "Tecnologie avanzate e strumentazione" presso l'Istituto Nazionale di Astrofisica (G.U. 4a Serie speciale – Concorsi ed esami - n. 20 dell'11 marzo 2008).
- 2007 - 2010 - Componente della commissione per la ricerca di Ateneo - Area 02 Scienze Fisiche dell'UNIPA.
- 2007 - 2010 - Membro della giunta del dipartimento di Scienze Fisiche ed Astronomiche dell'UNIPA
- 2007 - 2009 - Membro della giunta del consiglio di corso di laurea triennale in Scienze e Tecnologie per i Beni Culturali dell'UNIPA.
- 2005 - - Associato all'Istituto Nazionale di AstroFisica con incarico gratuito di ricerca presso l'Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana.
- 2003 - 2004 - Componente del consiglio dell'INAF Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana.
- 2002 - 2003 - Componente del comitato tecnico-scientifico del Dipartimento III dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) per la gestione delle strutture e servizi nazionali.

## **PUBBLICAZIONE**

### **Journal articles**

- 1. Revèret, V. , de la Broise X. , Fermon C., Pannetier-Lecoeur M. , Pigot C. , Rodriguez L., Sauvageot, J.L., Jin Y., Marnieros S. , Bouchier D., Putzeys, J., Long Y. , Kiss C., Kiraly S., Barbera M., Lo Cicero U. , Brown P., Carr C., Whiteside, B., (2013). CESAR: Cryogenic Electronics for Space Applications, Journal of Low Temperature Physics, in press., doi = 10.1007/s10909-013-1021-4.**

1. [D. Barret, J. W. den Herder, L. Piro, L. Ravera, R. Den Hartog, C. Macculi, X. Barcons, M. Page, S. Paltani, G. Rauw, J. Wilms, M. Ceballos, L. Duband, L. Gottardi, S. Lotti, J. de Plaa, E. Pointecouteau, C. Schmid, H. Akamatsu, D. Bagliani, S. Bandler, M. Barbera, P. Bastia, M. Biasotti, M. Branco, A. Camon, C. Cara, B. Cobo, L. Colasanti, J.L. Costa-Kramer, L. Corcione, W. Doriese, J.M. Duval, L. Fabrega, F. Gatti, M. de Gerone, P. Guttridge, R. Kelley, C. Kilbourne, J. van der Kuur, T. Mineo, K. Mitsuda, L. Natalucci, T. Ohashi, P. Peille, E. Perinati, C. Pigot, G. Pizzigoni, C. Pobes, F. Porter, E. Renotte, J. L. Sauvageot, S. Sciortino, G. Torrioli, L. Valenziano, D. Willingale, C. de Vries, H. van Weers](#), (2013). The Hot and Energetic Universe: The X-ray Integral Field Unit (X-IFU) for Athena+. eprint arXiv:1308.6784.
  
1. Lo Cicero U, Arnone C, Barbera M, Collura A, Lullo G (2012). Electroplated Indium Bumps as Thermal and Electrical Connections of NTD-Ge Sensors for the Fabrication of Microcalorimeter Arrays. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, vol. 167, p. 535-540, ISSN: 0022-2291, doi: 10.1007/s10909-012-0560-4
  
1. Lo Cicero U, Arnone C, Barbera M, Collura A, Lullo G (2012). Fabrication of Electrical Contacts on Pyramid-Shaped NTD-Ge Microcalorimeters Using Free-Standing Shadow Masks. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, vol. 167, p. 541-546, ISSN: 0022-2291, doi: 10.1007/s10909-011-0418-1
  
1. Ciaravella A, Jimenez-Escobar A, Caro GMM, Cecchi-Pestellini C, Candia R, Giarrusso S, Barbera M, Collura A (2012). SOFT X-RAY IRRADIATION OF PURE CARBON MONOXIDE INTERSTELLAR ICE ANALOGUES. THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, vol. 746, issue 1, ISSN: 2041-8205, doi: 10.1088/2041-8205/746/1/L1
  
1. Macculi C, Colasanti L, Lotti S, Natalucci L, Piro L, Bagliani D, Biasotti M, Gatti F, Torrioli G, Barbera M, La Rosa G, Mineo T, Perinati E (2012). The Cryogenic Anticoincidence Detector for ATHENA-XMS. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS, vol. 167, p. 783-794, ISSN: 0022-2291, doi: 10.1007/s10909-012-0504-z
  
1. Miceli M, Reale F, Gburek S, Terzo S, Barbera M, Collura A, Sylwester J, Kowalinski M, Podgorski P, Gryciuk M (2012). X-ray emitting hot plasma in solar active regions observed by the SphinX spectrometer. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, vol. 544, p. 1-6, ISSN: 0004-6361, doi: 10.1051/0004-6361/201219670
  
1. den Herder J.W, ..., Barbera M, ..., et al. (2011). ORIGIN: metal creation and evolution from the cosmic dawn. EXPERIMENTAL ASTRONOMY, vol. 34, Issue 2, p. 519-549, ISSN: 0922-6435, doi: 10.1007/s10686-011-9224-7
  
1. Tichy V, Barbera M, Collura A, Hromcik M, Hudec R, Inneman A, Jakubek J, Marsik J, Marsikova V, Pina L, Varisco S (2011). Tests of lobster eye optics for small space X-ray telescope. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION A, ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, vol. 633, p. S169-S171, ISSN: 0168-9002, doi: 10.1016/j.nima.2010.06.157
  
1. Feroci M, ..., Barbera M, .... et al. (2011). The Large Observatory for X-ray Timing (LOFT). EXPERIMENTAL ASTRONOMY, Volume 34, Issue 2, p. 415-444, ISSN: 0922-6435, doi: 10.1007/s10686-011-9237-2
  
1. Ciaravella A, Bongiorno D, Cecchi-Pestellini C, Testa ML, Indelicato S, Barbera M, Collura A, La Barbera A, Mingoia F (2011). The young hard active Sun: soft X-ray irradiation of tryptophan in water solutions. INTERNATIONAL JOURNAL OF ASTROBIOLOGY, vol. 10, p. 67-75, ISSN: 1473-5504, doi: 10.1017/S1473550410000248
  
1. Ciaravella A, Caro GM, Escobar AJ, Cecchi-Pestellini C, Giarrusso S, Barbera M, Collura A (2010). Soft x-ray irradiation of methanol ice: implication for h2co formation in interstellar regions. THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, vol. 722, p. L45-L48, ISSN: 2041-8205, doi: 10.1088/2041-8205/722/1/L45

1. Piro L, den Herder J, Ohashi T, Amati L, Atteia JL, Barthelmy S, Barbera M, Barret D, Basso S, Boer M, Borgani S, Boyarskiy O, Branchini E, Branduardi-Raymont G, Briggs M, Brunetti G, Budtz-Jorgensen C, Burrows D, Campana S, Caroli E, Chincarini G, Christensen F, Cocchi M, Comastri A, Corsi A, Cotroneo V, Conconi P, Colasanti L, Cusumano G, de Rosa A, Del Santo M, Etori S, Ezoe Y, Ferrari L, Feroci M, Finger M, Fishman G, Fujimoto R, Galeazzi M, Galli A, Gatti F, Gehrels N, Gendre B, Ghirlanda G, Ghisellini G, Giommi P, Girardi M, Guzzo L, Haardt F, Hepburn I, Hermsen W, Hoevers H, Holland A, in't Zand J, Ishisaki Y, Kawahara H, Kawai N, Kaastra J, Kippen M, de Korte PAJ, Kouveliotou C, Kusenko A, Labanti C, Lieu R, Macculi C, Makishima K, Matt G, Mazzotta P, McCammon D, Mendez M, Mineo T, Mitchell S, Mitsuda K, Molendi S, Moscardini L, Mushotzky R, Natalucci L, Nicastro F, O'Brien P, Osborne J, Paerels F, Page M, Paltani S, Pareschi G, Perinati E, Perola C, Ponman T, Rasmussen A, Roncarelli M, Rosati P, Ruchayskiy O, Quadrini E, Sakurai I, Salvaterra R, Sasaki S, Sato G, Schaye J, Schmitt J, Sciortino S, Shaposhnikov M, Shinozaki K, Spiga D, Suto Y, Tagliaferri G, Takahashi T, Takei Y, Tawara Y, Tozzi P, Tsunemi H, Tsuru T, Ubertini P, Ursino E, Viel M, Vink J, White N, Willingale R, Wijers R, Yoshikawa K, Yamasaki N (2009). EDGE: Explorer of diffuse emission and gamma-ray burst explosions. *EXPERIMENTAL ASTRONOMY*, vol. 23, p. 67-89, ISSN: 0922-6435, doi: 10.1007/s10686-008-9092-y *WC Astronomy & Astrophysics*
  
1. Chianetta G, Arnone C, Barbera M, Beeman J, Collura A, Lullo G, Perinati E, Silver E (2008). A fully planar approach to the construction of X-ray microcalorimeters with doped germanium sensors. *JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS*, vol. 151, p. 387-393, ISSN: 0022-2291, doi: 10.1007/s10909-007-9662-9
  
1. Perinati E, Barbera M, Varisco S, Silver E, Beeman J, Pigot C (2008). Experimental evidence of an incomplete thermalization of the energy in an x-ray microcalorimeter with a Ta/Au absorber. *REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS*, vol. 79, p. 053905-1-053905-4, ISSN: 0034-6748, doi: 10.1063/1.2924211
  
1. Ferrari L, Gatti F, Pergolesi D, Gomes MR, Bagliani D, Valle R, Dussoni S, Piro L, Colasanti L, Macculi C, Barbera M, Perinati E (2008). Study of microcalorimeters for astrophysics applications. *JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS*, vol. 151, p. 271-276, ISSN: 0022-2291, doi: 10.1007/s10909-007-9647-8
  
1. Reale F, Parenti S, Reeves KK, Weber M, Bobra MG, Barbera M, Kano R, Narukage N, Shimojo M, Sakao T, Peres G, Golub L (2007). Fine thermal structure of a coronal active region. *SCIENCE*, vol. 318, p. 1582-1585, ISSN: 0036-8075, doi: 10.1126/science.1146590
  
1. Golub L, DeLuca E, Austin G, Bookbinder J, Caldwell D, Cheimets P, Cirtain J, Cosmo M, Reid P, Sette A, Weber M, Sakao T, Kano R, Shibasaki K, Hara H, Tsuneta S, Kumagai K, Tamura T, Shimojo M, McCracken J, Carpenter J, Haight H, Siler R, Wright E, Tucker J, Rutledge H, Barbera M, Peres G, Varisco S (2007). The X-ray telescope (XRT) for the Hinode mission. *SOLAR PHYSICS*, vol. 243, p. 63-86, ISSN: 0038-0938, doi: 10.1007/s11207-007-0182-1
  
1. Ciaravella Angela, Scappini Flavio, Franchi Marco, Cecchi-Pestellini Cesare, Barbera M, Candia Roberto, Gallori Enzo, Micela Giuseppina (2004). Role of clays in protecting adsorbed DNA against X-ray radiation. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ASTROBIOLOGY*, vol. 3, Issue 01, p. 31-35, ISSN: 1473-5504, doi: 10.1017/S1473550404001880
  
1. Perinati E, Barbera M, Collura A, Serio S, Silver E (2004). Spectral broadening by incomplete thermalization of the energy in X-ray microcalorimeters with superconducting absorber and NTD-Ge thermal sensor. *NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION A, ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT*, vol. 531, p. 459-466, ISSN: 0168-9002, doi: 10.1016/j.nima.2004.05.090

1. Barbera M, Perinati E, Serio S, Silver E (2004). Spectral broadening by quasiparticle pile-up in X-ray microcalorimeters with superconducting absorbers. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION A, ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, vol. 520, p. 220-223, ISSN: 0168-9002, doi: 10.1016/j.nima.2003.11.233
1. Perinati E, Barbera M, Serio S, Silver E (2004). Spectral broadening by spatial effects in X-ray microcalorimeters with superconducting absorber and NTD-Ge thermal sensor. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION A, ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, vol. 520, p. 216-219, ISSN: 0168-9002, doi: 10.1016/j.nima.2003.11.232
1. Perinati E, Barbera M, Serio S, Silver E (2004). Thermalization efficiency of superconducting absorbers for thermal X-ray microcalorimeters. PHYSICA. C, SUPERCONDUCTIVITY, vol. 408, p. 820-821, ISSN: 0921-4534, doi: 10.1016/j.physc.2004.03.145
1. Takacs E, Silver E, Laming JM, Gillaspay JD, Schnopper H, Brickhouse N, Barbera M, Mantraga M, Ratliff LP, Tawara H, Makonyi K, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller EE (2003). Astrophysics and spectroscopy with microcalorimeters on an electron beam ion trap. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION B, BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS, vol. 205, p. 144-155, ISSN: 0168-583X, doi: 10.1016/S0168-583X(03)00937-6
1. Mantraga M, Barbera M, Maggio A, Peres G, Serio S, Takacs E, Silver E, Gillaspay J, Schnopper H, Laming M, Beeman J, Haller E, Madden N (2003). EBIT diagnostics using X-ray spectra of highly ionized Ne. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION B, BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS, vol. 205, p. 244-249, ISSN: 0168-583X, doi: 10.1016/S0168-583X(03)00943-1
1. Barbera M, Bocchino F, Damiani F, Micela G, Sciortino S, Favata F, Harnden FR (2002). ROSAT PSPC/HRI observations of the open cluster NGC 2422. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, vol. 387, p. 463-478, ISSN: 0004-6361, doi: 10.1051/004-6361:20020380
1. Cannas M, Gelardi FM, Pullara F, Barbera M, Collura A, Varisco S (2001). Absorption band at 7.6 eV induced by gamma-irradiation in silica glasses. JOURNAL OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS, vol. 280, p. 188-192, ISSN: 0022-3093, doi: 10.1016/S0022-3093(00)00390-2
1. Kink I, Laming JM, Takacs E, Porto JV, Gillaspay JD, Silver E, Schnopper H, Bandler SR, Barbera M, Brickhouse N, Murray S, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller EE (2001). Analysis of broadband x-ray spectra of highly charged krypton from a microcalorimeter detector of an electron-beam ion trap. PHYSICAL REVIEW E, STATISTICAL, NONLINEAR, AND SOFT MATTER PHYSICS, vol. 63, p. 464091-4640910, ISSN: 1539-3755, doi: 10.1103/PhysRevE.63.046409
1. Kink I, Laming JM, Takacs E, Porto JV, Gillaspay JD, Silver E, Schnopper H, Bandler SR, Barbera M, Brickhouse N, Murray S, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller EE (2001). Microcalorimeter/EBIT measurements of X-ray spectra of highly charged ions. PHYSICA SCRIPTA, vol. T92, p. 454-456, ISSN: 0031-8949, doi: 10.1238/Physica.Topical.092a00454

1. Turner MJL, Abbey A, Arnaud M, Balasini M, Barbera M, Belsole E, Bennie PJ, Bernard JP, Bignami GF, Boer M, Briel U, Butler I, Cara C, Chabaud C, Cole R, Collura A, Cros A, Denby M, Dhez P, Di Coco G, Dowson J, Ferrando P, Ghizzardi S, Gianotti F, Goodall CV, Gretton L, Griffiths RG, Hainaut O, Hochedez JF, Holland AD, Jourdain E, Kendziorra E, Lagostina A, Laine R, La Palombara N, Lortolary M, Lumb D, Marty P, Molendi S, Pigot C, Poindron E, Pounds KA, Reeves JN, Reppin C, Rothenflug R, Salvétat P, Sauvageot JL, Schmitt D, Sembay S, Short ADT, Spragg J, Stephen J, Struder L, Tiengo A, Trifoglio M, Trumper J, Vercellone S, Vigroux L, Villa G, Ward MJ, Whitehead S, Zonca E (2001). The European Photon Imaging Camera on XMM-Newton: The MOS cameras. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol. 365, p. L27-L35, ISSN: 0004-6361, doi: 10.1051/0004-6361:20000087
  
1. Turner MJL, Reeves JN, Ponman TJ, Arnaud M, Barbera M, Bennie PJ, Boer M, Briel U, Butler I, Clavel J, Dhez P, Cordova F, Dos Santos S, Ferrando P, Ghizzardi S, Goodall CV, Griffiths RG, Hochedez JF, Holland AD, Jansen F, Kendziorra E, Lagostina A, Laine R, La Palombara N, Lortolary M, Mason K, Molendi S, Pigot C, Priedhorsky W, Reppin C, Rothenflug R, Salvétat P, Sauvageot J, Schmitt D, Sembay S, Short A, Struders L, Trifoglio M, Trumper J, Vercellone S, Vigroux L, Villa G, Ward M (2001). XMM-Newton first-light observations of the Hickson galaxy group 16. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol. 365, p. L27-L35, ISSN: 0004-6361, doi: 10.1051/0004-6361:20000070
  
1. Schnopper HW, Silver E, Murray S, Romaine S, Bandler S, Jones C, Forman W, Madden N, Beeman J, Haller E, Christensen F, Westergaard N, Fabregat J, Reglero V, Gimenez A, Brosch N, Liebowitz E, Netzer H, Barbera M, Collura A, Sciortino S (2001). XRASE: The X-Ray Spectroscopic Explorer. *ASTROPHYSICS AND SPACE SCIENCE*, vol. 276, p. 49-65, ISSN: 0004-640X, doi: 10.1023/A:1012023012177
  
1. Laming JM, Kink I, Takacs E, Porto JV, Gillaspay JD, Silver EH, Schnopper HW, Bandler SR, Brickhouse NS, Murray SS, Barbera M, Bhatia AK, Doschek GA, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller EE (2000). Emission-line intensity ratios in Fe XVII observed with a microcalorimeter on an electron beam ion trap. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 545, p. L161-L164, ISSN: 0004-637X, doi: 10.1086/317876
  
1. Barbera M, Micela G, Collura A, Murray SS, Zombeck MV (2000). In-flight calibration of the ROSAT HRI ultraviolet sensitivity. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 545, p. 449-453, ISSN: 0004-637X, doi: 10.1086/317780
  
1. Silver E, Schnopper H, Bandler S, Murray S, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller E, Barbera M, Tucker G, Gillaspay J, Takacs E, Porto J (2000). Laboratory astrophysics and microanalysis with NTD-germanium-based X-ray microcalorimeters. *NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION A, ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT*, vol. 444, p. 156-160, ISSN: 0168-9002, doi: 10.1016/S0168-9002(99)01349-2
  
1. Silver E, Schnopper H, Bandler S, Brickhouse N, Murray S, Barbera M, Takacs E, Gillaspay JD, Porto JV, Kink I, Laming JM, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller EE (2000). Laboratory astrophysics survey of key X-ray diagnostic lines using a microcalorimeter on an electron beam ion trap. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 541, p. 495-500, ISSN: 0004-637X, doi: 10.1086/309420
  
1. Bandler S, Silver E, Schnopper H, Murray S, Barbera M, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller E, Tucker G (2000). NTD-GE-based microcalorimeter performance. *NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. SECTION A, ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT*, vol. 444, p. 273-277, ISSN: 0168-9002, doi: 10.1016/S0168-9002(99)01389-3
  
1. Cannas M, Barbera M, Boscaino R, Collura A, Gelardi FM, Varisco S (1999). Photoluminescence activity in natural silica excited in the vacuum-UV range. *JOURNAL OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS*, vol. 245, p. 190-195, ISSN: 0022-3093, doi: 10.1016/S0022-3093(98)00883-7

1. Bocchino F, Barbera M, Sciortino S (1998). An optimized time screening algorithm for ROSAT PSPC and HRI observations. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS SUPPLEMENT SERIES*, vol. 129, p. 647-655 *WC Astronomy & Astrophysics*, ISSN: 0365-0138
  
1. Villa GE, Barbera M, Collura A, La Palombara N, Musso C, Serio S, Stillwell R, Tognon P, Turner DC (1998). The optical/UV filters for the EPIC experiment. *IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE*, vol. 45, p. 921-926, ISSN: 0018-9499, doi: 10.1109/23.682670
  
1. Zombeck MV, Barbera M, Collura A, Murray SS (1997). An explanation of the ROAST high-resolution imager ultraviolet sensitivity. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 487, p. L69-L72, ISSN: 0004-637X, doi: 10.1086/310868
  
1. Barbera M, Collura A, Dara A, Leone M, Powell FR, Serio S, Varisco S, Zombeck MV (1997). Effects of interference and oxidation on the UV/visible rejection properties of filters for soft x-ray detectors. *EXPERIMENTAL ASTRONOMY*, vol. 7, p. 51-63, ISSN: 0922-6435, doi: 10.1023/A:1007919005280
  
1. Schachter JF, Remillard R, Saar SH, Favata F, Sciortino S, Barbera M (1996). Optical and x-ray characteristics of stars detected in the Einstein Slew Survey. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 463, p. 747-765, ISSN: 0004-637X, doi: 10.1086/177287
  
1. LaPalombara N, Musso C, Conte M, Barbera M (1996). The filters for EPIC: Optimized design. *ASTROPHYSICS AND SPACE SCIENCE*, vol. 239, p. 281-296 *WC Astronomy & Astrophysics*, ISSN: 0004-640X
  
1. FAVATA F, BARBERA M, MICELA G, SCIORTINO S (1995). Lithium, x-ray activity and rotation in an x-ray selected sample of solar-type stars. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol. 295, p. 147-160, ISSN: 0004-6361
  
1. Favata F, Barbera M, Micela G, Sciortino S (1993). A Search For Yellow Young Disk Population Stars Among Emss Stellar X-Ray Sources By Means Of Lithium Abundance Determination. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol. 277, p. 428-438, ISSN: 0004-6361
  
1. Reale F, Barbera M, Sciortino S (1993). A parallel 2-d hydrodynamic FORTRAN code for astrophysical applications on a Meiko computing surface. *FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS*, vol. 9, p. 19-24, ISSN: 0167-739X, doi: 10.1016/0167-739X(93)90022-H
  
1. Barbera M, Micela G, Sciortino S, Harnden Fr, Rosner R (1993). X-Ray-Emission At The Low-Mass End - Results From An Extensive Einstein-Observatory Survey. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 414, p. 846-866, ISSN: 0004-637X, doi: 10.1086/173127
  
1. Reale F, Barbera M, Sciortino S (1992). Fast parallel implementation of multidimensional data-domain FORTRAN codes on distributed-memory processor arrays. *COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS*, vol. 72, p. 129-143, ISSN: 0010-4655, doi: 10.1016/0010-4655(92)90144-N

1. Barbera M, Collura A, de La Broise X, Lo Cicero G, Lo Cicero U, Pigot C, Varisco S, Sauvageot J L. Experimental set-up to test low temperature electronics for X-ray micro-calorimeters with high impedance sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, in press.
1. Barbera M, Agnello S, Buscarino G, Collura A, Gastaldello F, La Palombara N, Lo Cicero U, Tiengo A, Sciortino L, Varisco S, Venezia A M (2013). Status of the EPIC thin and medium filters on-board XMM-Newton after more than 10 years of operation: 1) laboratory measurements on back-up filters. *PROC. SPIE*, 8859, 14, 1-12.
1. Gastaldello F, Barbera M, Collura A, La Palombara N, Lo Cicero U, Sartore N, Tiengo A, Varisco S (2013). Status of the EPIC thin and medium filters on-board XMM-Newton after more than 10 years of operation: 2) analysis of in-flight data. *PROC. SPIE*, 8859, 15, 1-6.
1. Feroci, M., et al. (2012). LOFT: the Large Observatory For X-ray Timing. *PROC. SPIE*, 8443, 2D, doi: [10.1117/12.926310](https://doi.org/10.1117/12.926310)
1. den Herder J W et al. (2012). The x-ray microcalorimeter spectrometer onboard Athena, *PROC. SPIE*, 8443, 2B, doi: [10.1117/12.924269](https://doi.org/10.1117/12.924269)
1. Tichý V, Barbera M, Collura A, Hromčík M, Hudec R, Inneman A, Maršák J, Maršáková V, Pina L, Iv Simon V, Varisco S (2011). Lobster eye optics for nano-satellite x-ray monitor, *PROC. SPIE*, vol. 8076, p. C1 -C13 , doi: 10.1117/12.886809
1. Barbera M, Mineo T, Basso S, Christensen E, den Herder J.-W., Kaastra J, Piro L, Spiga D, van Baren C (2011). The mirror module design for the cryogenic x-ray imaging spectrometer on-board ORIGIN, *PROC. SPIE*, vol. 8076, p. 0A-1-0A-12, doi: 10.1117/12.889269
1. Macculi C, Colasanti L, Lotti S, Natalucci L, Piro L, Bagliani D, Brunetto F, Ferrari L, Gatti F, Torrioli G, Bastia P, Bonati A, Barbera M, La Rosa G, Mineo T, Perinati E (2010). The TES-based cryogenic anticoincidence detector for IXO. In: *Space Telescopes and Instrumentation 2010: Ultraviolet to Gamma Ray*. *PROC. SPIE*, vol. 7732, p. y1-y11, doi: 10.1117/12.856399
1. Dell'Orto E, Barbera M, Bulgarelli A, Fioretti V, Malaguti G, Mineo T, Pareschi G, Rigato V, Spiga D, Tagliaferri G (2009). Background Rejection of Charged Particles in the Simbol-X Telescope. In: *American Institute of Physics Conference Series*. vol. 1126, p. 72-74, Bologna, Italy, 14-16 May 2007, doi: 10.1063/1.3149469
1. Colasanti L, Macculi C, Piro L, Natalucci L, Gatti F, Ferrari L, Mineo T, Perinati E, Torrioli G, Bastia P, Barbera M (2009). Development of a TES based Cryo-Anticoincidence for a large array of microcalorimeters. *AIP CONFERENCE PROCEEDINGS*, vol. 1185, p. 438-441, ISSN: 0094-243X, doi: 10.1063/1.3292372

1. Macculli C, Colasanti L, Lotti S, Natalucci L, Piro L, Rubini A, Bagliani D, Ferrari L, Gatti F, Torrioli G, Bastia P, Bonati A, Barbera M, La Rosa G, Mineo T, Perinati E, Morelli E, Mastropietro M, den Herder W, de Korte P, Mitsuda K, Kelley R, Kilbourne C, Porter S, Irwin K (2009). IXO TES Microcalorimeters. In: *The Extreme Sky*. vol. 8076, p. 438-441.
  
1. Lo Cicero U, Arnone C, Barbera M, Collura A, Lullo G, Varisco S (2009). Planar Array Technology for the Fabrication of Germanium X-Ray Microcalorimeters. In: *Nuclear Science Symposium Conference Record, 2008. NSS '08*. IEEE, p. 1789-1792, ISBN: 978-1-4244-2714-7, doi: 10.1109/NSSMIC.2008.4774739
  
1. Lo Cicero U, Arnone C, Barbera M, Collura A, Lullo G, Perinati E, Varisco S (2009). Planar Technology for NDT-Ge X-Ray Microcalorimeters, AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, vol. 1185, p. 112-114, ISBN: 978-0-7354-0751-0, ISSN: 0094-243X, doi: 10.1063/1.3292295
  
1. Collura A, Barbera M, Varisco S, Basso S, Pareschi G, Tagliaferri G, Ayers T (2009). Simbol-X Mirror Module Thermal Shields: I-Design and X-Ray Transmission, AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, vol. 1126, p. 44-47, ISSN: 0094-243X, parigi, 2-5 Dicembre, 2008, doi: 10.1063/1.3149461
  
1. Barbera M, Ayers T, Collura A, Nasillo G, Pareschi G, Tagliaferri G (2009). Simbol-X Mirror Module Thermal Shields: II-Small Angle X-Ray Scattering Measurements. AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, vol. 1126, p. 48-51, ISSN: 0094-243X, Parigi, 2-5 Dicembre, 2008, doi: 10.1063/1.3149462
  
1. Collura A, Barbera M, Varisco S, Calderone G, Reale F, Gburek S, Kowalinski M, Sylwester J, Siarkowski M, Bakala J, Podgorski P, Trzebinski W, Plocieniak S, Kordylewski Z (2008). Calibration of the SphinX experiment at the XACT facility in Palermo, PROC. SPIE, vol. 7011, p. 2U1-2U6, doi: 10.1117/12.789277
  
1. Perinati E, Mineo T, Cusumano G, Piro L, Pareschi G, Barbera M (2008). Designing an x-ray baffle for stray-light reduction at the focal plane of the Wide Field Imager on board EDGE, PROC. SPIE, vol. 7011, p. 39-1-39-8, ISBN: 9780819472212, doi: 10.1117/12.787909
  
1. Szymon G, Collura A, Barbera M, Reale F, Sylwester J, Kowalinski M, Bakala J, Kordylewski Z, Plocieniak S, Podgorski P, Trzebinski W, Varisco S (2008). Detailed Calibration of SphinX instrument at the Palermo XACT facility of INAF-OAPA. In: *37th COSPAR Scientific Assembly*. vol. D22, Montréal, Canada, 13 - 20 Luglio 2008
  
1. Reale F, Parenti S, Reeves K, Weber M, Bobra G, Barbera M, Kano R, Narukage N, Shimojo M, Sakao T, Peres G, Golub L (2008). Hinode/XRT Diagnostics of Loop Thermal Structure. In: *First Results From Hinode*. vol. 397, p. 50-53.
  
1. Barbera M, Mineo T, Perinati E, Schnopper H.W, Spiga D, Taibi A (2008). Spiral conical approximations to double reflection Wolter optics, PROC. SPIE, vol. 7011, p. 36-1-36-7, doi: 10.1117/12.790963
  
1. Perinati E, Barbera M, Beeman J, Collura A, Dumoulin L, Pigot C, Piro L, Silver E, Varisco S (2008). Test of x-ray microcalorimeters with bilayer absorbers, PROC. SPIE, vol. 7021, p. 1M-1-1M-7, doi: 10.1117/12.787941

1. Barbera M, Roberto Candia, Alfonso Collura, Gaspare Di Cicca, Salvatore Varisco, Chengmo Zhang, Huanyu Wang, Jiawei Yang, Wenxi Peng, Xingzhu Cui, Xuelei Cao, Xiaohua Liang (2007). Calibration of the CHANG'E-1 x-ray fluorescence imaging spectrometer at INAF-OAPA, PROC. SPIE, vol. 6686, p. 15-1-15-13, doi: 10.1117/12.747752
  
1. Angelo Taibi, Barbera M, Giovanni Pareschi, Herbert W. Schnopper, Giorgia Sironi, Renzo Valtolina (2007). Characterization of thin plastic foils for applications in x-ray optics technology, PROC. SPIE, vol. 6688, p. 1B-1-1B-8, doi: 10.1117/12.737115
  
1. Yuzuru Tawara, Ikuya Sakurai, Jan-Willem A. Den Herder, Giancarlo Cusumano, Teresa Mineo, Barbera M, Emanuele G. Perinati (2007). Design and optimization of the wide-field spectrometer for EDGE mission, PROC. SPIE, vol. 6688, p. 09-1-09-8, doi: 10.1117/12.733713
  
1. J.W. Den Herder, L. Piro, T. Ohashi, L. Amati, J. Atteia, S. Barthelmy, Barbera M, D. Barret, S. Basso, M. Boer, S. Borgani, O. Boyarskiy, Branchini, G, Branduardi-Raymont, M. Briggs, G. Brunetti, C. Budtz-Jorgensen, D. Burrows, S. Campana, E. Caroli, F. Christensen, M. Cocchi, A. Comastri, A. Corsi, V. Cotroneo, P. Conconi, L. Colasanti, G. Cusumano, A. De Rosa, M. Del Santo, S. Etori, Y. Ezoe, L. Ferrari, M. Feroci, M. Finger, G. Fishman, R. Fujimoto, M. Galeazzi, A. Galli, F. Gatti, N. Gehrels, B. Gendre, G. Ghirlanda, G. Ghisellini, P. Giommi, M. Girardi, L. Guzzo, F. Haardt, I. Hepburn, W. Hermsen, H. Hoovers, A. Holland, J. Int Zand, Y. Ishisaki, H. Kawahara, N. Kawai, J. Kaastra, M. Kippen, P.A.J. De Korte, C. Kouveliotou, A. Kusenko, C. Labanti, R. Lieu, C. Macculi, K. Makishima, G. Matt, P. Mazotta, D. Mccammon, M. Mndez, T. Mineo, S. Mitchell, K. Mitsuda, S. Molendi, L. Moscardini, R. Mushotzky, L. Natalucci, F. Nicastro, P. O'Brien, J. Osborne, F. Paerels, M. Page, S. Paltani, G. Pareschi, E. Perinati, C. Perola, T. Ponman, A. Rasmussen, M. Roncarelli, P. Rosati, O. Ruchayskiy, E. Quadrini, I. Sakurai, R. Salvaterra, S. Sasaki, G. Sato, J. Schaye, J. Schmidt, S. Scioritino, M. Shapooshnikov, K. Shinozaki, D. Spiga, Y. Suto, G. Tagliaferri, T. Takahashi, Y. Takei, Y. Tawara, P. Tozzi, H. Tsunemi, T. Tsuru, P. Ubertini, E. Ursino, M. Viel, J. Vink, N. White, R. Willingale, R. Wijers, K. Yoshikawa, N. Yamasaki (2007). EDGE: explorer of diffuse emission and gamma-ray burst explosions, PROC. SPIE, vol. 6688, p. 05-1-05-13, doi: 10.1117/12.729457
  
1. Cotroneo Vincenzo, Pareschi Giovanni, Spiga Daniele, Barbera M, Romaine Suzanne E, Bruni Ricardo J (2007). Light material coatings for soft-x-ray reflectivity enhancement, PROC: SPIE, vol. 6688, p. 0U-1-0U-10, doi: 10.1117/12.735593
  
1. Reale F, Parenti S, Reeves K, Weber M, Bobra G, Barbera M, Kano R, Narukage N, Shimojo M, Sakao T, Peres G, Golub L (2007). Magnetic activity and the solar corona. In: Memorie della SAIt. vol. 78, p. 591-594
  
1. Alfonso Collura, Primo Attina', Barbera M, Antonella Ferri, Giovanni Pareschi, Emanuele G. Perinati, Forbes R. Powell (2007). Thermal shielding of the SIMBOL-X mirror assembly, PROC. SPIE, vol. 6688, p. 0E-1-0E-5, doi: 10.1117/12.745459
  
1. Barbera M, Teresa Mineo, Emanuele G. Perinati, Angelo Taibi, Herbert W. Schnopper (2007). Thin plastic foil x-ray optics with spiral geometry, PROC. SPIE, vol. 6688, p. 15-1-15-13, doi: 10.1117/12.737120
  
1. Piro L, Amati L, Barbera M, Borgani S, Bazzano A, Branchini E, Brunetti G, Campana S, Caroli E, Cocchi M, Colafrancesco S, Colasanti L, Corsi A, Costa E, Cusumano G, Del Santo M, Den Herder J.-W., De Rosa A, Di Cocco G, Etori S, Feroci M, Fiore F, Fusco-Femiano R, Galeazzi M, Galli A, Gatti F, Gendre B, Guzzo L, Hermsen W, in't Zand J, Kaastra J, La Rosa G, Labanti C, Marisaldi M, Mazzotta P, Mineo T, Molendi S, Moscardini L, Natalucci L, Nicastro F, Pareschi G, Pian E, Quadrini E, Roncarelli M, Shaye J, Tagliaferri G, Tozzi P, Ubertini P, Ursino E, Viel M (2006). ESTREMO/WFXRT: extreme physics in the transient and evolving cosmos, PROC. SPIE, vol. 6266, p. 0K1-0K12, ISBN: 9780819463319, doi: 10.1117/12.673004

1. Pellicciari C, Barbera M, Candia R, Collura A, Di Cicca G, Pareschi G, Varisco S (2006). Study and implementation of a soft X-ray 100 eV -20 keV fixed exit monochromator system, PROC. SPIE, vol. 6266, p. 3G-1-3G-8, ISBN: 9780819463319, doi: 10.1117/12.673057
  
1. Barbera M, Candia R, Collura A, Di Cicca G, Pellicciari C, Sciortino S, Varisco S (2006). The Palermo XACT facility: a new 35 m long soft x-ray beam-line for the development and calibration of next-generation x-ray observatories, PROC. SPIE, vol. 6266, p. 3F, ISBN: 9780819463319, doi: 10.1117/12.673004
  
1. Pellicciari C, Dherbecourt J, Barbera M, Candia R, Schnopper H W (2006). Visible light apparatus for preliminary tests of x-ray optics, PROC. SPIE, vol. 6266, p. 3L1-3L7, ISBN: 9780819463319, doi: 10.1117/12.673396
  
1. Cosmo M L, Deluca E E, Golub L, Austin G K, Chappel J H, Barbera M, Bookbinder J A, Cheimets P N, Cirtain J, Podgorski W A, Davis W, Varisco S, Weber M A (2005). Calibration of the Solar-B x-ray optics, PROC. SPIE, vol. 5900, p. 99-105, doi: 10.1117/12.618822
  
1. SILVER E., SCHNOPPER H. W., JONES C., FORMAN W., ROMAINE S., MADDEN N., LANDIS D., BEEMAN J., HALLER E. E., BARBERA M, CHRISTENSEN F., RAMSEY B., WOOSLEY S., DIEHL R. (2005). High Energy, High Resolution X-Ray Spectroscopy: Microcalorimeters For Nuclear Line Astrophysics. In: X-RAY DIAGNOSTICS OF ASTROPHYSICAL PLASMAS: Theory, Experiment, and Observation. AIP Conference Proceedings, . vol. 774, p. 391-399, doi: 10.1063/1.1960959
  
1. Golub L, Barbera M, Bookbinder J, Cheimets P, Cirtain J, Cosmo M, Deluca E, Podgorski W, Sette A, Varisco S, Weber M (2005). The Calibration of the Solar-B X-ray Telescope (XRT). In: AGU Spring Meeting Abstracts. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Barbera M, Artale M A, Candia R, Collura A, Di Cicca G, Perinati E, Serio M, Serio S, Varisco S, Silver E, Bandler S R (2004). A single stage adiabatic demagnetization refrigerator for testing X-ray microcalorimeters, PROC. SPIE, vol. 5501, p. 366-384, doi: 10.1117/12.553123
  
1. Pareschi G, Cotroneo V, Spiga D, Vernani D, Barbera M, Artale A, Collura A, Varisco S, Grisoni G, Valsecchi G, Negri B (2004). Astronomical soft x-ray mirrors reflectivity enhancement by multilayer coatings with carbon overcoating, PROC. SPIE, vol. 5488, p. 481-491, doi: 10.1117/12.556838
  
1. Artale A, Barbera M, Collura A, Di Cicca G, Peres G, Varisco S, Bookbinder J A, Cheimets P N, Cosmo M L, DeLuca E, Golub L, Weber M A (2004). Calibration of the XRT-SOLARB flat mirror samples at the XACT Facility of INAF-OAPA, PROC. SPIE, vol. 5488, p. 440-448, doi: 10.1117/12.553128
  
1. Barbera M, Artale A, Candia R, Collura A, Lullo G, Peres G, Perinati E, Varisco S, Bookbinder J A, Cheimets P N, Cosmo M L, DeLuca E E, Golub L, Weber M A (2004). Calibration of the XRT-SOLARB flight filters at the XACT facility of INAF-OAPA, PROC. SPIE, vol. 5488, p. 423-439, doi: 10.1117/12.553127
  
1. Schnopper H W, Ingram R, Silver E, Barbera M, Candia R, Christensen F E, Jensen C P, Romaine S E, Vernani D, Cotroneo V, Varisco S, Artale A, Madsen K K, Collura A (2004). Thin-shell plastic lenses for space and laboratory applications, PROC. SPIE, vol. 5537, p. 82-93, doi: 10.1117/12.559774

1. Silver H, Schnopper W, Jones C, Forman W, Bandler R, Murray S, Romaine E, Slane O, Grindlay E, Madden W, Beeman W, Haller E, Smith M, Barbera M, Collura A, Christensen E, Ramsey D, Woosley E, Diehl R, Tucker S, Fabregat J, Reglero V, Gimenez A (2003). B-MINE, the balloon-borne microcalorimeter nuclear line explorer, PROC. SPIE, vol. 4851, p. 905-912, doi: 10.1117/12.461410
  
1. Mortonson M J, Silver E, Takacs E, Laming J M, Gillaspay J D, Schnopper H, Brickhouse N, Barbera M, Mantraga M, Ratliff L P, Tawara H, Makonyi K, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller E E (2003). Commissioning a New X-Ray Microcalorimeter for Laboratory Astrophysics. In: Bulletin of the American Astronomical Society. vol. 35, p. 1268
  
1. Peres G, Barbera M, Orlando S., Ciaravella A., Reale F., Serio S (2003). Experimental activity in Palermo related to Solar-B and CALOS satellites. In: Memorie della Società Astronomica Italiana. vol. 74, p. 831-834
  
1. Silver E, Takacs E, Laming M, Gillaspay D, Schnopper H, Brickhouse N, Barbera M, Mantraga M, Ratliff P, Tawara H (2003). Microcalorimeter Measurements of AN Electron Beam Ion Trap. In: IAU Joint Discussion. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Perinati E, Barbera M, Collura A, Serio S, Silver E H, Beeman J W, Haller E E, Landis D A, Madden N W (2003). Modeling the energy thermalization of x-ray photons in a microcalorimeter with superconducting absorber, PROC. SPIE, vol. 4851, p. 812-822, doi: 10.1117/12.461559
  
1. Barbera M, Collura A, Artale A, Varisco S, Peres G, Sciortino S, Serio S, Villa G E (2003). Monitoring the stability of thin and medium back-up filters of the Newton-XMM EPIC camera, PROC. SPIE, vol. 4851, p. 264-269, doi: 10.1117/12.461592
  
1. Schnopper H W, Barbera M, Silver E H, Ingram R H, Christensen F E, Romaine S E, Cohen L M, Collura A, Murray S S (2003). Thin plastic shell x-ray optics: an update, PROC. SPIE, vol. 4851, p. 480-490, doi: 10.1117/12.461286
  
1. Bandler S R, Silver E H, Malone D, Schnopper H W, Murray S S, Barbera M, Artale M, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller E E (2002). A microcalorimeter spectrometer for the investigation of laboratory plasmas. In: Ninth International Workshop on Low Temperature Detectors. AIP Conference Proceedings. vol. 605, p. 417-420, doi: 10.1063/1.1457676
  
1. Barbera M, Peres G, Orlando S, Reale F, Collura A, Serio S, Silver E, Bandler S, Schnopper H W, Costa E, Bellazzini R (2002). CALOS: an experiment to study the solar corona with an array of NTD Ge microcalorimeters. In: Ninth International Workshop on Low Temperature Detectors. AIP Conference Proceedings., vol. 605, p. 547-550, doi: 10.1063/1.1457706
  
1. Schnopper W, Barbera M, Silver E, Ingram R, Christensen E, Romaine S, Cohen L, Collura A, Murray S (2002). Design and Development of Thin Plastic Foil, Conical Approximation, High Through-out X-Ray Telescope. In: NASA STI/Recon Technical Report N. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Schnopper H W, Barbera M, Silver E H, Ingram R H, Christensen F E, Romaine S E, Cohen L M, Collura A, Murray S S (2002). Lightweight thin plastic foil x-ray telescopes, PROC. SPIE, vol. 4496, p. 41-53

1. Takács E, Gillapsy D, Ratliff L, Makónyi K, Laming M, Silver H, Schnopper W, Barbera M, Beeman J, Haller E, Madden N (2002). Spectroscopy of Trapped Ions with a Microcalorimeter on the NIST Electron Beam Ion Trap. In: NASA Laboratory Astrophysics Workshop. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Beeman J, Silver E, Bandler S, Schnopper H, Murray S, Madden N, Landis D, Haller E, Barbera M (2002). The constellation-X focal plane microcalorimeter array: An NTD-germanium solution. In: Ninth International Workshop on Low Temperature Detectors. AIP Conference Proceedings. vol. 605, p. 211-214, doi: 10.1063/1.1457630
  
1. Schnopper W, Barbera M, Silver H, Murray S (2002). Thin shell plastic optics. In: American Astronomical Society Meeting Abstracts. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Silver E, Bandler S, Schnopper H, Murray S, Madden N, Landis D, Goulding F, Beeman J, Haller E, Barbera M (2002). X-ray and gamma-ray astronomy with NTD germanium-based microcalorimeters. In: Ninth International Workshop on Low Temperature Detectors. AIP Conference Proceedings. vol. 605, p. 555 -558 , doi: 10.1063/1.1457708
  
1. Schnopper H, Silver E, Murray S, Jones C, Forman W, Bandler S, Romaine S, Slane P, Grindlay J, Madden N, Beeman J, Haller E, Smith D, Barbera M, Collura A, Christensen F, Ramsey B, Woosley S, Diehl R, Tucker G, Fabregat J, Reglero V, Gimenez A (2001). B-MINE: Balloon-borne Microcalorimeter Nuclear Line Explorer. In: X-ray Astronomy 2000, ASP Conference Proceeding . Palermo (Italy), 4 - 9 September 2000, vol. 234, p. 633-645, ISBN: 1-58381-071-4
  
1. Silver E, Schnopper H, Bandler S, Brickhouse N, Murray S, Barbera M, Takacs E, Gillaspj J D, Porto J V, Kink I, Deslattes R, Hudson L, Laming J M (2001). Laboratory Astrophysics Using a Microcalorimeter on an Electron Beam Ion Trap. In: X-ray Astronomy 2000, ASP Conference Proceeding. vol. 234, p. 647-656, ISBN: 1-58381-071-4
  
1. Barbera M, Collura A, Peres G, Reale F, Orlando S, Serio S (2001). The OAPA/DPSFA: solar physics, instrumental expertise, and the XACT facility. In: First Solar Orbiter Workshop. 14 - 18 May 2001, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, vol. 493 ESA SP, p. 167-172, ISBN: 92-9092-803-4
  
1. Silver E, Schnopper H, Jones C, Forman W, Bandler S, Murray S, Romaine S, Slane P, Grindlay J, Madden N, Beeman J, Haller E, Smith D, Barbera M, Collura A, Christensen F, Ramsey B, Woosley S, Diehl R, Tucker G, Fabregat J, Reglero V, Gimenez A (2000). B-MINE-The Balloon-Borne Microcalorimeter Nuclear Line Explorer. In: Gamma-Ray Astrophysics 2001. AIP Conference Proceedings. vol. 587, p. 860-862, doi: 10.1063/1.1419512
  
1. Kenter A T, Chappell J H, Kraft R P, Meehan G R, Murray S S, Zombeck M V, Hole K T, Juda M, Donnelly R H, Patnaude D, Pease D O, Wilton C, Zhao P, Austin G K, Fraser G W, Pearson J F, Lees J E, Brunton A N, Barbera M, Collura A, Serio S (2000). In-flight performance and calibration of the Chandra high-resolution camera imager (HRC-I), PROC. SPIE, vol. 4012, p. 467-492
  
1. Kraft P, Chappell H, Kenter T, Meehan R, Murray S, Zombeck V, Donnelly H, Drake J, Johnson O, Juda M, Patnaude D, Pease O, Ratzlaff W, Wargelin J, Zhao P, Austin K, Fraser W, Pearson F, Lees E, Brunton N, Barbera M, Collura A, Serio S (2000). In-flight performance and calibration of the Chandra high-resolution camera spectroscopic readout (HRC-S), PROC. SPIE, vol. 4012, p. 493-517
  
1. Silver Eric H., Bandler Simon R., Schnopper Herbert W., Murray Stephen S., Barbera M, Madden Norman W., Landis Don A., Beeman Jeffrey W., Haller Eugene E. (2000). NTD germanium-based microcalorimeters for hard x-ray spectroscopy, PROC. SPIE, vol. 4140, p. 397-401

1. Barbera M, Collura A., Artale M., Candia R., Cavadi A., Mirabello F., Peres G., Perinati E., Sciortino S., Serio S., Varisco S., Bandler S., Murray S. S., Schnopper H. W., Silver E., Zombeck M. V. (2000). The XACT facility at OAPA : ongoing projects and future developments. In: Memorie della Sait. vol. 71, p. 1127-1132
  
1. Schnopper W, Barbera M, Ingram R, Silver E, Romaine S, Bandler S, Murray S, Christensen E, Hussain A, Collura A (2000). X-ray optics made from thin plastic foils. In: AAS/High Energy Astrophysics Division #5. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Cavadi A, Artale A, Barbera M, Collura A, Powell R, Varisco S (1999). Measurement of optical constants n and k of lexan and polyimide, PROC. SPIE, vol. 3765, p. 805-815
  
1. Schnopper W, Silver H, Ingram H, Christensen E, Hussain M, Barbera M, Romaine E, Collura A, Kenter T, Bandler S, Murray S (1999). X-ray optics made from thin plastic foils, PROC. SPIE, vol. 3766, p. 350-361
  
1. Villa E, Barbera M, Collura A, La Palombara N, Musso C, Serio S, Stillwell R, Tognon P, Turner C (1998). The optical/UV filters for the EPIC experiment.. In: IEEE Transactions on Nuclear Science. IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, vol. 8076, p. 438-441, ISSN: 0018-9499, doi: 10.1109/23.682670
  
1. Murray S, Chappell H, Kenter T, Kobayashi K, Kraft P, Meehan R, Zombeck V, Fraser W, Pearson F, Lees E, Brunton N, Pearce E, Barbera M, Collura A, Serio S (1997). AXAF High-Resolution Camera (HRC): calibration and recalibration at XRCF and beyond, PROC. SPIE, vol. 3114, p. 11-25
  
1. Meehan R, Murray S, Zombeck V, Kraft P, Kobayashi K, Chappell H, Kenter T, Barbera M, Collura A, Serio S (1997). Calibration of the UV/ion shields for the AXAF High-Resolution Camera, PROC. SPIE, vol. 3114, p. 74-100
  
1. Kenter T, Chappell H, Kobayashi K, Kraft P, Meehan R, Murray S, Zombeck V, Fraser W, Pearson F, Lees E, Brunton N, Pearce E, Barbera M, Collura A, Serio S (1997). Performance and calibration of the AXAF High-Resolution Camera I: imaging readout, PROC. SPIE, vol. 3114, p. 26-52
  
1. Kraft P, Chappell H, Kenter T, Kobayashi K, Meehan R, Murray S, Zombeck V, Fraser W, Pearson F, Lees E, Brunton N, Barbera M, Collura A, Serio S (1997). Performance and calibration of the AXAF High-Resolution Camera II: the spectroscopic detector, PROC. SPIE, vol. 3114, p. 53-73
  
1. Collura A, Barbera M, Sciortino S, Serio S (1997). The EUV/X-ray Astronomy Calibration and Testing Facility at the Osservatorio Astronomico di Palermo 'G. S. Vaiana'. In: The Next Generation of X Ray Observatories. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Castelli M, Watson J, Wells A, Kent J, Barbera M, Collura A, Bavdaz M (1997). X-ray and optical performance of the flight filters for the JET-X telescope, PROC. SPIE, vol. 3114, p. 384-391

1. Mackie G, Fabbiano G, Harnden R, Kim D.-W., Barbera M, Bocchino F, Damiani F, Maggio A, Micela G, Sciortino S, Ciliegi P (1996). A Reduction and Analysis Pipeline for ROSAT PSPC Data. In: *Astronomical Data Analysis Software and Systems V*. ASP CONFERENCE SERIES, vol. 101, p. 179-184
  
1. Collura A, Barbera M, Dara A, Inzerillo G, Mirabello F, Sciortino S, Serio S (1996). Calibration of the AXAF-HRC UV/ion shields at Osservatorio Astronomico DI Palermo G.S. Vaiana: I - instrumental setup, *PROC. SPIE*, vol. 2808, p. 144-155
  
1. Collura A, Barbera M, Dara A, Serio S, Zombeck V (1996). Calibration of the AXAF-HRC UV/ion shields at Osservatorio Astronomico DI Palermo G.S. Vaiana: II - x-ray transmission measurements, *PROC. SPIE*, vol. 2808, p. 134-143
  
1. Barbera M, Collura A, Dara A (1996). Calibration of the AXAF-HRC UV/ion shields at Osservatorio Astronomico DI Palermo G.S. Vaiana: III - synchrotron measurements of XANES in aluminum-coated Lexan film samples, *PROC. SPIE*, vol. 2808, p. 120-133
  
1. Barbera M, Collura A, Dara A, Serio S, Zombeck V (1996). Calibration of the AXAF-HRC UV/ion shields at the Osservatorio Astronomico DI Palermo G.S. Vaiana: IV - UV rejection measurements, *PROC. SPIE*, vol. 2808, p. 108-119
  
1. Meehan R, Kenter T, Kraft P, Murray S, Zombeck V, Kobayashi K, Chappell H, Barbera M, Collura A (1996). Measurement of the transmission of the UV/ion shields for the AXAF High-Resolution Camera, *PROC. SPIE*, vol. 2808, p. 210-228
  
1. Barbera M, Bocchino F, Damiani F, Micela G, Sciortino S, Favata F, Harnden R (1996). ROSAT PSPC/HRI Observations of the Young Open Cluster NGC 2422. In: *Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun*. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Bocchino F, Barbera M, Sciortino S (1996). Time screening optimization algorithm for ROSAT PSPC/HRI observations.. In: *Roentgenstrahlung from the Universe*. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Pearce E, Lees E, Pearson F, Fraser W, Brunton N, Flanagan A, Kenter T, Barbera M, Dhanak V, Robinson A, Teehan D (1995). Synchrotron calibration of alkali halide coated microchannel plate detectors in the 50- to 350- and 2000- to 6000-eV bands, *PROC. SPIE*, vol. 2518, p. 322-335
  
1. Flanagan A, Barbera M, Murray S, Zombeck V (1994). Calibration program for the Advanced X-ray Astrophysics Facility (AXAF) high-resolution camera, *PROC. SPIE*, vol. 2280, p. 243-256
  
1. Barbera M, Austin K, Collura A, Flanagan A, Jelinsky R, Murray S, Serio S, Zombeck V (1994). Development of the UV/ion shields for the Advanced X-ray Astrophysics Facility high-resolution camera (AXAF HRC), *PROC. SPIE*, vol. 2280, p. 214-228
  
1. Barbera M, Collura A, Favata F, Inzerillo G, Mirabello F (1994). Simple gas scintillation proportional counter soft x-ray detector for laboratory usage, *PROC. SPIE*, vol. 2280, p. 154-165

1. Barbera M, Breslau D, Flanagan A, Graessle E, Zombeck V (1994). Synchrotron x-ray transmission measurements in the calibration program for the UV/ion shields of the AXAF HRC, PROC. SPIE, vol. 2280, p. 229-242
  
1. Favata F, Barbera M, Micela G, Sciortino S (1994). The Correlation Between Lithium and Activity in Late-Type Main Sequence Stars. In: Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Favata F, Micela G, Sciortino S, Barbera M (1994). The Study of the Stellar Activity-Age Correlation in Field Star Samples Through Lithium Abundance Studies. In: Frontiers of Space and Ground-Based Astronomy. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Aucoin J, Markert H, Nenonen A, Flanagan A, Barbera M (1994). Thin polyimide and silicon nitride windows for gas proportional counters. In: EUV, X-Ray, and Gamma-Ray Instrumentation for Astronomy V. PROCEEDINGS OF THE SPIE, vol. 2280, p. 134-144
  
1. Collura A, Barbera M, Inzerillo G, Mirabello F, Sciortino S, Serio S (1994). X-ray Astronomy Calibration and Testing Facility (XACT) at Osservatorio Astronomico DI Palermo G.S. Vaiana, PROC. SPIE, vol. 2280, p. 206-213
  
1. Barbera M, Micela G, Sciortino S, Harnden R, Rosner R (1993). Coronal Emission at the Low Mass End. In: Physics of Solar and Stellar Coronae. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Favata F, Barbera M, Micela G, Sciortino S (1993). Lithium Abundance Determination in EMSS Stellar Sources. In: Physics of Solar and Stellar Coronae. vol. 8076, p. 438-441
  
1. Peres G, Micela G, Barbera M, Sciortino S, Serio S (1993). Sky simulations for X-ray telescopes. In: Memorie della SAIt. vol. 64, p. 716-721
  
1. Collura A, Barbera M, Inzerillo G, Maggio A, Micela G, Mirabello F, Sciortino S, Serio S, Peres G (1993). The G. S. Vaiana X-ray Astronomy Calibration and Testing (XACT) Facility. In: Physics of Solar and Stellar Coronae. vol. 183, p. 275-278
  
1. Collura A, Barbera M, Inzerillo G, Maggio A, Micela G, Mirabello F, Sciortino S, Serio S (1993). The G. S. Vaiana X-ray astronomy calibration and testing (XACT) facility. In: Memorie della Sait. vol. 64, p. 633-638
  
1. Barbera M, Micela G, Sciortino S, Vaiana S, Harnden R, Rosner R (1992). X-ray emission at low-mass end of the MS - Results from an extensive Einstein Observatory survey. In: Memorie della SAIt. vol. 63, p. 743-746

Abstract on conference proceedings

1. **Silver E, Schnopper H, Bandler S, Brickhouse N, Murray S, Barbera M, Takacs E, Laming M, Kink I, Porto J, Gillaspay D, Deslattes R, Hudson L, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller E (2000). Laboratory Astrophysics Survey Of Key X-Ray Diagnostic Lines Using A Microcalorimeter On An Electron Beam Ion Trap. In: American Astronomical Society - High Energy Astrophysics Division #5. vol. 32**
  
1. **Silver E, Schnopper H, Bandler S, Brickhouse N, Murray S, Barbera M, Takacs E, Gillaspay D, Porto T, Kink I, Madden N, Landis D, Beeman J, Haller E, Laming M (2000). Laboratory Astrophysics Survey Of Key X-Ray Diagnostic Lines Using A Microcalorimeter On An Electron Beam Ion Trap. In: APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics Meeting Abstracts.**
  
1. **Takacs E, Laming J, Kink I, Porto V, Gillaspay D, Silver E, Schnopper W, Bandler R, Barbera M, Brickhouse S, Murray S, Madden W, Landis A, Beeman W, Haller E (2000). Microcalorimeter measurements of L x-ray spectra of highly charged ions. In: APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics Meeting Abstracts.**

## ATTIVITA' SCIENTIFICHE

### 1 IL LABORATORIO XACT

Marco Barbera ha partecipato sin dall'inizio, con ruoli di responsabilità, alla progettazione e allo sviluppo del laboratorio X-Ray Astronomy Calibration and Testing (XACT) dell'Istituto Nazionale di AstroFisica (INAF) - Osservatorio Astronomico di Palermo (OAPA), fortemente voluto dal prof. Giuseppe S. Vaiana, ed è stato responsabile scientifico di un progetto di potenziamento del laboratorio realizzato tra il 2003 e il 2006 su fondi PON.

Il laboratorio X-ray Astronomy Calibration and Testing (XACT) dell'INAF-OAPA è mirato allo sviluppo e calibrazione di strumentazione per astronomia a raggi X e UV. Lo XACT, operativo dalla prima metà del 1993, è stato realizzato con la stretta collaborazione tra il personale dell'INAF-OAPA e dell'UNIPA ed il supporto economico di vari enti quali la Regione Siciliana, l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), l'Istituto Nazionale di AstroFisica (INAF), il Ministero dell'Istruzione Università e della Ricerca (MIUR), il Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF), la Comunità Europea. La dotazione di strumentazione disponibile consente di effettuare misure di trasmissione, riflettività, efficienza di rivelazione, in un ampio intervallo spettrale che va dall'UV da vuoto ( $\lambda < 2500 \text{ \AA}$ ) ai raggi X soffici ( $E < 20 \text{ keV}$ ).

A partire dal 1999 Marco Barbera si è occupato della progettazione e realizzazione di un laboratorio di criogenia il cui componente principale è un criostato a demagnetizzazione adiabatica a singolo stadio, progettato e realizzato in casa, in grado di raggiungere temperature di circa 40 mK per operare microrivelatori criogenici per raggi X. Con un carico termico medio di circa  $0.1 \mu\text{W}$  sul dito freddo è possibile operare i rivelatori per oltre 10 ore continuative alla temperatura di lavoro di circa 60 mK con una stabilità di temperatura di  $\pm 5 \mu\text{K}$  [Barbera et al., 2004, Proc. SPIE, 5501, 366-384].

Tra il 2003 ed il 2006 Marco Barbera è stato responsabile scientifico di un progetto di potenziamento delle attrezzature della XACT facility presentato in risposta ad un bando pubblico del MIUR nell'ambito del PON 2000-2006 "Ricerca Scientifica, Sviluppo Tecnologico ed Alta Formazione", Asse II, Misura II.1 - azione a "Interventi mirati al potenziamento della dotazione di attrezzature scientifico tecnologiche". Le principali misure attuate in questo intervento, che ha comportato investimenti per circa 770.000 Euro includono:

- Potenziamento dell'officina meccanica con l'acquisizione di macchine a controllo numerico;
- Prolungamento della camera a vuoto principale per test nei raggi X da 17 a 35 metri, e l'aggiunta di una camera per il test di telescopi del diametro di 2 metri e lunghezza di 3.5 metri;
- Realizzazione di un sistema di pompaggio da alto vuoto pulito, a basse vibrazioni e affidabile basato interamente su pompe turbo-molecolari a levitazione magnetica (tale intervento è stato realizzato anche grazie al contributo del MEF su un programma di interventi di sviluppo tecnologico in collaborazione tra INAF e PMI del meridione);
- Progettazione e realizzazione di un monocromatore a doppia diffrazione di Bragg che copre la banda 0,5 - 30 keV;
- Sviluppo di nuovi sistemi di micro-movimentazione da vuoto che includono un sistema di puntamento alt-azimutale per telescopi a raggi X;
- Sviluppo di un nuovo sistema omogeneo di acquisizione dati e controllo di tutta la strumentazione basato sulla piattaforma Labview;

Contestualmente all'attuazione del progetto, la sede del laboratorio è stata trasferita negli attuali locali di via G. F. Ingrassia 31, più ampi ed adatti ad ospitare la beam-line nel suo nuovo e ben più ampio sviluppo. Il trasferimento nella nuova sede è iniziato nella seconda metà del 2005 ed ha comportato un fermo delle attività di ricerca superiore a un anno, dato che la nuova sede era ancora in fase di ristrutturazione edilizia. Il laboratorio XACT è adesso pienamente operativo e, dal 2007, è stato possibile utilizzarlo in nuovi programmi di ricerca di rilevanza internazionale. Una descrizione dettagliata del laboratorio XACT nella nuova configurazione, e delle sue potenzialità applicative è presentata in Barbera et al., 2006, Proc. SPIE, 6266, 3F, 1-12.

## 2 SVILUPPO E CALIBRAZIONE DI STRUMENTAZIONE PER MISSIONI SPAZIALI

A partire dal 1993 la XACT facility è stata ampiamente utilizzata nello sviluppo e calibrazione dello strumento High Resolution Camera (HRC) di Chandra, e dello strumento European Photon Imaging Camera (EPIC) di XMM-Newton, entrambi operativi nello spazio a partire dalla fine del 1999, e continua ad essere utilizzata per la calibrazione ed il monitoraggio di componenti di back-up di questi due strumenti.

Negli ultimi anni la facility è stata, utilizzata nello sviluppo e calibrazione di strumenti recentemente messi in orbita quali lo X-Ray Telescope (XRT) (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA, USA) in orbita dal Settembre 2006 sulla missione spaziale giapponese HINODE per osservazioni del Sole, il Lunar Orbital X-ray Fluorescence Imaging Spectrometer (LOXIA) (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China) in orbita da ottobre 2007 a marzo 2009 sulla missione spaziale cinese Chang'E-1 per osservazioni della Luna, e lo spettrometro X per osservazioni della corona solare SPHINX (Space Research Centre PAS, Solar Physics Division, Wroclaw, Poland), in orbita a bordo della missione russa CORONAS PHOTON da Gennaio 2009 ad Aprile 2010. Di seguito viene data una breve descrizione degli esperimenti ai quali Marco Barbera ha partecipato in fase di sviluppo e calibrazione, evidenziano ove possibile il contributo specifico dato. Le attività relative agli osservatori Chandra ed XMM-Newton sono state svolte in larga misura prima del 2002, tuttavia esse sono in parte richiamate perchè hanno costituito una fase importante nella carriera di Marco Barbera sia in termini di impegno profuso, che di risultati e visibilità acquisita nel settore.

### 2.1 CHANDRA – HIGH RESOLUTION CAMERA (HRC)

La High Resolution Camera dell'osservatorio spaziale Chandra è un rivelatore di raggi X ad immagine basato su piastre di microcanali (MCP). Esso si compone di due rivelatori, uno per osservazioni spazialmente risolte su tutto il campo di vista del telescopio (HRC – Imaging) di dimensioni 100 x 100 mm<sup>2</sup>, e l'altro utilizzato per la lettura degli spettri di dispersione generati da un reticolo di trasmissione (HRC – Spectroscopy) di dimensione circa 20 x 300 mm<sup>2</sup>. Componenti importanti di questi due rivelatori sono gli "UV/Ion shields", ovvero dei filtri che proteggono i rivelatori dalla luce ultravioletta e da particelle cariche di bassa energia. Essi consistono di membrane sottili di materiale plastico e di uno o più strati sottili di materiale conduttore. Data l'alta sensibilità delle piastre di microcanali (MCP) ai raggi ultravioletti (UV), un errato progetto degli UV/Ion shields o un loro cattivo funzionamento in volo avrebbe compromesso seriamente la buona riuscita della missione. A ciò si aggiunga che le precedenti missioni Einstein e ROSAT avevano sofferto di una non spiegata eccessiva sensibilità all'UV dei rivelatori basati su MCP. Per questi motivi, particolare attenzione è stata posta nella fase di progettazione, sviluppo e test dei prototipi degli UV/Ion shields.

Marco Barbera ha rivestito un ruolo di responsabilità in tutto il programma di sviluppo e calibrazione degli UV/Ion shields dell'HRC di Chandra a partire dal 1994 quando ha trascorso sette mesi presso l'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (Cambridge, MA), per partecipare alla progettazione e test preliminari degli UV/Ion shields [Barbera et al., 1994, Proc. SPIE, vol. 2280, p. 214-228 e p. 229-242]. Nell'ambito di questo programma Marco Barbera ha poi condotto misure di trasmittività X e UV presso il laboratorio XACT, e presso il sincrotrone Bessy (Berlino, GE) [Barbera et al., 1996, Proc. SPIE, vol. 2808, p. 108-119 e p. 120-133]. Particolarmente rilevanti sono state le misure condotte in luce UV e visibile che hanno mostrato l'esistenza di frange di interferenza nella trasmittività dei filtri dovute al disegno multistrato, ed un aumento di trasmittività dovuto all'ossidazione degli strati di alluminio [Barbera et al., 1997, Exp. Astr., vol. 7, p. 51-63].

La comprensione degli effetti di interferenza e di ossidazione dell'alluminio, riscontrati nei filtri di Lexan e alluminio inizialmente progettati per l'HRC, hanno comportato una modifica del progetto originale dei filtri, sostituendo il Lexan con il Polyimide e depositando lo strato di alluminio solo su una delle due facce del supporto plastico [Meehan et al., 1997]. Questi stessi risultati, hanno stimolato anche la riprogettazione dei filtri di EPIC-XMM [Villa, et al., 1998], dei filtri di JET-X [Castelli et al., 1997], e

dei filtri della camera CCD ACIS di Chandra [Powell et al., 1997, Proc. SPIE, 3113, 432], inoltre, hanno permesso di spiegare gli eccessi di radiazione UV rivelata dall'HRI del satellite ROSAT che faceva uso di un filtro dello stesso tipo [Zombeck et al., 1997], e quindi di determinare, attraverso l'analisi di osservazioni condotte su stelle di diversi tipi spettrali, la effettiva sensibilità dell'HRI di ROSAT alla radiazione ultravioletta [Barbera et al., 2000, ApJ, vol. 545, p. 449-453].

Durante le calibrazioni in volo di Chandra, è stata osservata la stella Vega (A0V,  $V=0.03$ ) sia con l'HRC-I che con l'HRC-S per verificare l'efficienza degli UV/Ion shields. I tassi di conteggi predetti e misurati sono in buon accordo. La contaminazione UV è stata ridotta circa di un fattore 100 rispetto al rivelatore HRI di ROSAT [Kenter et al., 2000, Proc. SPIE, vol. 4012, p. 467-492].

Una corretta progettazione dei filtri di reiezione della luce UV/Visibile comporta una corretta modellizzazione della trasmittività del filtro per cui risulta necessario conoscere le proprietà ottiche dei materiali utilizzati. Presso la XACT facility abbiamo messo a punto una tecnica di misura per ricavare il coefficiente di rifrazione nell'UV/Visibile/IR dei materiali d'interesse nella realizzazione di filtri. Misure di trasmittività di film monostrato di vari spessori vengono modellate con le equazioni classiche dell'ottica utilizzando un modello parametrico quanto-meccanico per l'indice di rifrazione (Frohni and Bloomer, 1986, Phys. Rev., 34, 7018; 1988, Phys. Rev., 38, 1865). I parametri del modello sono derivati da un'analisi di best fit sulle misure di trasmittività. Questa tecnica di misura ci ha permesso di ricavare il coefficiente di rifrazione del Lexan e del Polyimide nell'intervallo di lunghezze d'onda 1200-8000 Å [Cavadi et al., 1999].

Per potere definire un modello di trasmittività X che tenesse conto anche degli effetti di X-ray Absorption Near Edge Structures (XANES) ed Extended X-ray Absorption Fine Structures (EXAFS) riscontrati nelle misure condotte al sincrotrone di Brookhaven, Marco Barbera ha pianificato e successivamente condotto un programma di misure di trasmittività X ad alta risoluzione energetica presso il sincrotrone BESSY di Berlino. Tali misure hanno consentito la definizione di un modello accurato della trasmittività X anche in prossimità degli edge di assorbimento mostrando, inoltre, che le strutture XANES ed EXAFS in generale non sono dipendenti dalla posizione esaminata all'interno del filtro (su scale del mm) e sono sufficientemente riproducibili da filtro a filtro [Mehan et al., 1997].

## 2.2 NEWTON-XMM – EUROPEAN PHOTON IMAGING CAMERA (EPIC)

La European Photon Imaging Camera (XMM) dell'Osservatorio spaziale XMM-Newton consiste di tre rivelatori basati su CCD posti al piano focale dei tre telescopi X ad incidenza radente. Due dei tre rivelatori sono basati su una composizione di 7 CCD di tipo MOS, mentre la terza utilizza dodici CCD PN. In entrambi i casi i rivelatori coprono un campo di vista circolare di diametro 30 arcmin. I CCD sono stati sviluppati appositamente per lo strumento EPIC allo scopo di ottenere sia capacità d'immagine ad elevate risoluzione spaziale, che risoluzione spettrale vicina al limite Fano. Una ruota porta filtri ospita tre tipi di filtri per raggi X, denominati sottile, medio e spesso, trasparenti a buona parte dei raggi X e opachi alla luce UV/Vis. Nella ruota porta filtri sono inoltre presenti una posizione aperta ed una chiusa.

Nell'ambito della collaborazione del gruppo del laboratorio XACT dell'INAF-OAPA al programma di sviluppo e calibrazione della camera EPIC di Newton-XMM [Turner et al., 2001], Marco Barbera ha partecipato alla progettazione dei filtri da volo medio e sottile [La Palombara, et al., 1996], si è occupato di pianificare ed effettuare misure di trasmittività X ad alta risoluzione energetica presso il Sincrotrone BESSY per determinare un modello accurato di trasmittività X, e ha condotto presso il laboratorio XACT facility misure di trasmittività UV di filtri campione, e mappe di trasmittività X, con risoluzione spaziale di circa 1 mm [Villa et al., 1998].

Un filtro sottile ed uno medio di scorta della camera EPIC di Newton-XMM sono stati mantenuti presso la XACT facility a partire dal 1997 in un ambiente simile a quello al quale sono stati esposti i filtri da volo (in azoto prima del lancio ed in vuoto dopo il lancio). Con una periodicità di circa sei mesi la trasmittività dei due filtri è stata misurata nella banda 2000-10000 Å dove effetti di invecchiamento sarebbero chiaramente visibili. Un modesto aumento in trasmittività è stato osservato durante il primo anno di monitoraggio, mentre i filtri erano mantenuti in Azoto. Dal 1999 la trasmittività dei filtri è rimasta stazionaria e consistente con uno strato di ossido di alluminio di circa 60 Å sui 350 Å totali del filtro sottile e 130 Å su 800 Å totali del filtro medio. La variazione di trasmittività misurata nel primo periodo non è comunque tale da avere effetti apprezzabili sulle proprietà di reiezione della luce visibile dei filtri e dunque sui risultati scientifici dello strumento EPIC [Barbera et al., 2003, Proc. SPIE, vol. 4851, p. 264-269].

### 2.3 HINODE – X-RAY TELESCOPE (XRT)

L'Esperimento XRT a bordo del satellite giapponese HINODE (Solar-B) rappresenta l'evoluzione del programma di osservazioni nei raggi X dell'intera corona solare con capacità d'immagine intrapreso con SkyLab e successivamente proseguito con il satellite Yohkoh. Rispetto ai predecessori, XRT ha una migliore risoluzione spaziale, una più ampia banda spettrale ed una migliore risoluzione spettrale ottenuta grazie all'utilizzo di nove filtri diversi, ciascuno di 50 mm di diametro, montati su una ruota porta filtri davanti al piano focale del telescopio X ad incidenza radente. L'utilizzo dei filtri permette di definire diverse bande passanti in energia e quindi consentire lo studio risolto in temperatura della corona solare [Golub et al., 2007].

Marco Barbera è stato responsabile del programma di calibrazione dei filtri da volo dell'esperimento XRT svolto presso la XACT facility. Scopo della calibrazione era quello di determinare la trasmittività nei raggi X, risolta spazialmente, dei nove filtri. Il programma di misure presso la XACT facility è stato completato nel 2004 ed una dettagliata relazione dei risultati è riportata nell'articolo Barbera et al., 2004, PROC SPIE, vol. 5488, p. 423-439. Nel corso del 2005 Marco Barbera ha proseguito la collaborazione al programma di sviluppo dello strumento XRT partecipando al programma di calibrazione End-to-End dell'intero esperimento (ottiche, filtri, rivelatore) svolto presso la facility del Marshall Space Flight Center in Huntsville, AL, USA [Cosmo et al., 2005]. La calibrazione delle curve di trasmittività dei nove filtri di piano focale dell'esperimento XRT, condotta da Marco Barbera presso la XACT facility, ha consentito di effettuare studi con grande livello di dettaglio della struttura termica delle regioni attive della corona solare. Alcuni risultati di questi lavori condotti dal gruppo dell'UNIPA-DSFA sono stati pubblicati sulla prestigiosa rivista americana Science [Reale et al., 2007].

### 2.4 CHANG'E-1 - LUNAR ORBITAL X-RAY FLUORESCENCE IMAGING SPECTROMETER (LOXIA)

Il Lunar Orbital Fluorescence X-ray Imaging Spectrometer (LOXIA) sviluppato presso l'Institute of High Energy Physics della Chinese Academy of Sciences di Pechino è uno dei sette strumenti scientifici a bordo del satellite Chang'E-1, lanciato nello Spazio alla fine di Ottobre 2007, ha completato con successo la sua missione nel marzo 2009. Chang'E-1 è il primo di tre satelliti del programma spaziale cinese per l'esplorazione della Luna. Esso ha operato su un'orbita circolare polare (periodo circa 2 ore) a bassa altitudine (200 km). Lo strumento LOXIA è stato progettato per:

1. Studiare la composizione chimica del suolo lunare attraverso l'analisi della fluorescenza nei raggi X indotta dalla radiazione solare (es: Mg, Al, Si durante l'attività quieta del Sole; Ca e Fe durante i flares solari);
2. Ottenere immagini nei raggi X della Luna nella banda energetica 1-60 keV;
3. Ricercare radioattività naturale sul suolo lunare.

Nell'Aprile 2007, sotto la responsabilità di Marco Barbera, è stato condotto con successo presso la XACT Facility dell'INAF-OAPA il programma di calibrazione dell'unità di riserva dell'esperimento LOXIA. La fase operativa del programma di calibrazione è durata due settimane e ha visto il coinvolgimento di 5 unità di personale UNIPA-DSFA e INAF-OAPA e di sei unità di personale del team cinese responsabile dello strumento. Gli obiettivi del programma di calibrazione sono stati:

- Misurare la risoluzione energetica e la funzione di risposta ampiezza dell'impulso vs. energia dei fotoni, per tutti i 20 pixel dello strumento;
- Misurare l'efficienza quantica assoluta in funzione dell'energia in asse;
- Misurare l'efficienza quantica relativa in funzione dell'angolo d'incidenza a varie energie;
- Ottenere spettri rappresentativi della fluorescenza del suolo lunare.

I primi tre obiettivi sono stati raggiunti con successo [Barbera et al., Proc. SPIE, vol. 6686, p. 15-1-15-13]. L'obiettivo 4 sopra menzionato è stato solo parzialmente raggiunto per via della mancanza di idonei campioni di suolo lunare.

Alla luce dei risultati positivi ottenuti in questo programma di collaborazione, si prevede di continuare la fruttuosa collaborazione con il gruppo di ricerca dell'Institute of High Energy Physics della Chinese Academy of Sciences di Pechino, partecipando al programma di sviluppo e calibrazione di future missioni del programma spaziale cinese. In questo contesto Marco Barbera ha presentato nel 2007 un progetto di cooperazione scientifica e tecnologica Italia-Cina a valere sui fondi FIRB in risposta all'avviso del MIUR del 25/10/2007. Il progetto è stato selezionato da parte italiana con la classificazione di "Excellent" e subordinato per l'erogazione del finanziamento all'avvio di un tavolo negoziale Italia-Cina. Nel marzo 2012 il MIUR ha comunicato ufficialmente che la procedura per la valutazione congiunta dei progetti Italia-Cina doveva considerarsi ormai definitivamente cessata, a causa della mancata disponibilità alla valutazione, manifestata attraverso il silenzio alle sollecitazioni del MIUR da parte dell'Ambasciata cinese.

## 2.5 CORONAS PHOTONS – SOLAR PHOTOMETER IN X-RAYS (SPHINX)

Lo strumento SPHINX, sviluppato presso la Solar Physics Division dello Space Research Centre PAS di Wroclaw (Polonia) è uno degli strumenti installati a bordo del satellite russo CORONAS Photon per osservazioni del Sole. SPHINX consiste di tre identici rivelatori allo stato solido a singolo pixel dotati di diversi otturatori in modo da potere coprire un ampio range dinamico nell'osservazione dell'intero disco solare in modalità a conteggio di singolo fotone durante le varie fasi di attività del Sole. Lo strumento consente dunque di raccogliere spettri nei raggi X a moderata risoluzione energetica del Sole integrato (senza risoluzione spaziale), dunque in modo del tutto simile a quanto si fa attualmente per l'osservazione delle altre sorgenti X stellari. Una particolare modalità operativa, denominata a fluorescenza, utilizza un materiale bersaglio ed un filtro tali che l'energia di fluorescenza del bersaglio sia di poco inferiore all'edge di assorbimento del filtro per definire una banda passante di pochi eV, e quindi potere fare alcune indagini spettroscopiche con elevata risoluzione energetica. Lo strumento Sphinx è stato perfettamente operativo in orbita sul satellite CORONAS Photon dal Gennaio 2009 ad Aprile 2010.

Il programma di calibrazione dello strumento SPHINX, prima della sua integrazione nel satellite, è stato svolto presso la XACT facility nell'Ottobre 2007. La fase operativa delle misure di calibrazione è durata una settimana e ha visto il coinvolgimento di 5 unità di personale UNIPA-DSFA e INAF-OAPA e di due unità di personale del team polacco responsabile dello strumento. Gli obiettivi del programma di calibrazione sono stati:

- Misurare la risoluzione energetica e la funzione di risposta ampiezza dell'impulso vs. energia dei fotoni, per tutti e tre i rivelatori;
- Misurare l'efficienza quantica assoluta in funzione dell'energia in asse;
- Calibrazione dei flussi osservati al variare dell'angolo di incidenza;
- Calibrazione dei flussi osservati in modalità a fluorescenza;
- Stima degli effetti di pile-up ed effetti di perdita di eventi.

Il programma delle misure è stato completato con successo [Collura et al. 2008, Gburek, et al. 2008].

## 3 PARTECIPAZIONE ALLA PROGETTAZIONE DI FUTURE MISSIONI SPAZIALI

Marco Barbera è stato co-I di numerose proposte di missioni spaziali presentate in risposta a bandi competitivi emessi da Agenzie spaziali nazionali o sovra-nazionali. Segue un elenco sintetico delle principali proposte alle quali ha preso parte come co-I.

1. E. Silver (PI), et al., "X-ray Spectroscopic Explorer (XRASE)", 1998, Proposal submitted to the NASA MIDEX program AO-98-03-OSS-036.
2. E. Silver (PI), et al., "Balloon-borne Microcalorimeter Nuclear line Explorer (B-MINE)", 2000, Proposal submitted to the NASA SMEX program AO-99-05-OSS-048.
3. G. Peres (PI), M. Barbera, S. Orlando, and E. Costa, "CALorimetri per Osservazioni Solari (CALOS)", 2001, Proposal for a scientific satellite presented to the ASI Bando Nuove Idee di Missioni - March 2001.
4. E.H. Silver (PI), et al., "INternational Spectro-Polarimetric Imaging x-Ray Explorer (INSPIRE)", 2001, Proposal submitted to the NASA MIDEX program AO-01-OSS-03.
5. D.N. Burrows (PI), et al., "ASTROSAT Soft X-ray Telescope (SXT)", 2001, Proposal submitted to the NASA MIDEX program AO-01-OSS-03 as a mission of opportunity on-board the Indian satellite ASTROSAT.
6. E.H. Silver (PI), et al., "Polarization Explorer (PRIZE)", 2003, Proposal submitted to the NASA program SMEX03-0000-0025.
7. D.N. Burrows (PI), et al. "ASTROSAT X-Ray Telescope (XRT)", 2003, Proposal submitted to the NASA program SMEX03-0000-0025 as a mission of opportunity on-board the Indian satellite ASTROSAT.
8. L. Golub (PI), et al., "Dual-channel EUV Coronal Dynamics Explorer (DECODE)", 2003, Proposal submitted to the NASA program SMEX03-0000-0025.
9. L. Piro, Jan-Willem den Herder, Takaya Ohashi (PI's), et al., "Explorer of Diffuse Emission and Gamma-ray Burst Explosion (EDGE)", 2007, Proposal submitted to the ESA Cosmic vision 2015-2025 call for a Medium-size mission opportunity for a launch in 2017.
10. M. Feroci (PI), et al., "Large Observatory For X-ray Timing (LOFT)", 2010, Proposal submitted to the ESA Cosmic vision 2015-2025 call for a Medium-size mission opportunity for a launch in 2022.

11. Jan-Willem den Herder, Luigi Piro, Takaya Ohashi (PI's), et al., "ORIGIN - Metal Creation and Evolution from the Cosmic Dawn", 2010, Proposal submitted to the ESA Cosmic vision 2015-2025 call for a Medium-size mission opportunity for a launch in 2022.

Di seguito vengono presentate sinteticamente le missioni spaziali, alla definizione delle quali, Marco Barbera ha partecipato nel corso degli ultimi anni di carriera in veste di co-I o di collaboratore allo sviluppo/progettazione strumentale.

### 3.1 SIMBOL-X

La missione Simbol-X, nata inizialmente come proposta francese sottomessa al CNES nel 2005 (Philippe Ferrando, PI), è diventata successivamente un progetto bilaterale ASI/CNES con il coinvolgimento di altri paesi partner quali la Germania ed un target di lancio nel 2014. La missione è stata cancellata nel marzo 2009 a causa di un ritiro dell'impegno da parte del CNES per ragioni budgetarie.

Simbol-X è basata sul concetto di volo in formazione. Sono previsti, infatti, due satelliti indipendenti il cui posizionamento e orientamento relativo deve essere continuamente controllato con tolleranze molto restrittive. Uno dei due satelliti ospita un'ottica ad incidenza radente per raggi X duri con sensibilità fino a circa 70 keV e risoluzione angolare di circa 15 arcosecondi; il secondo satellite ospita i rivelatori di piano focale ad immagine con un campo di vista di circa 15 arcmin. La sensibilità ad alte energie è ottenuta grazie ad una focale lunga circa 20 metri, e grazie all'utilizzo di rivestimenti multistrato sulle superfici riflettenti delle ottiche. Il principale obiettivo scientifico è la risoluzione del fondo a raggi X nella banda energetica intorno a 30 keV ove esso presenta un massimo d'intensità. Il gruppo di ricerca dell'INAF-OAPA e UNIPA-DSFA di cui Marco Barbera fa parte ha la responsabilità della progettazione e calibrazione delle coperte termiche che proteggono il telescopio per ridurre la potenza necessaria a garantire uniformità e stabilità di temperatura [Collura et al., 2007], e della progettazione e calibrazione dei filtri di piano focale. Inoltre, Marco Barbera partecipa attraverso misure condotte presso la XACT facility allo studio delle proprietà dei materiali potenzialmente utilizzabili per le superfici riflettenti degli specchi [Cotroneo et al., 2007], ed ha coordinato una campagna di misure di scattering X a basso angolo per verificare il ruolo delle mesh metalliche di supporto dei filtri nella determinazione della Point Spread Function dello strumento ottica+rivelatore [Barbera et al., 2009, AIP Conf. Proc., vol. 1126, p. 48-51]

### 3.2 EDGE

Nel corso del 2007 un ampio gruppo di ricercatori di vari paesi a guida italiana e olandese hanno sviluppato un'idea di futura missione per Astrofisica delle Alte energie focalizzata sullo studio della formazione ed evoluzione delle strutture di varia scala nell'Universo. La missione denominata EDGE (Explorer of Diffuse emission and Gamma ray bursts Explosions) [Piro et al., 2009] consiste di due telescopi ad incidenza radente coassiali: il primo è un'ottica polinomiale di disegno innovativo in grado di avere un grande campo di vista con una risoluzione angolare che non dipende dall'angolo di fuori asse e ha un rivelatore a CCD al piano focale; la seconda è un'ottica a geometria più tradizionale a focale corta circa 1 metro e prevede una matrice di microcalorimetri al piano focale.

Marco Barbera fa parte del gruppo strumentale della missione e, in particolare, ha partecipato alla progettazione ed ottimizzazione della seconda ottica al cui piano focale è previsto l'uso di una matrice di microcalorimetri [Barbera et al., 2007, Proc. SPIE, vol. 6688, p. 15-1-15-13, Tawara et al., 2007, Perinati et al., 2008]. La missione EDGE è stata presentata in risposta al bando Cosmic Vision dell'Agenzia Spaziale Europea, ma non è stata selezionata per lo studio di fase A. Stante il forte interesse nella missione da parte di una grande comunità scientifica, la stessa missione rinominata XENIA ed estesa alla partecipazione di ricercatori americani è stata presentata a Novembre 2007 in risposta ad un bando della NASA per nuovi concetti di missione.

### 3.3 ORIGIN

ORIGIN è un concetto di missione per Astrofisica delle alte energie di classe M presentata all'ESA, in risposta al bando della

Cosmic Vision 2015-2025 per una missione di classe Media per un lancio nel 2022 e non è stata selezionata tra le prime tre.

La missione è progettata per indagare l'evoluzione dell'Universo eseguendo misure nei raggi X soffici ad elevata risoluzione spettrale degli elementi più abbondanti in natura formati in diversi ambienti astrofisici, dalle prime stelle di popolazione III a  $z > 7$ , fino alle presenti strutture su larga scala. Il principale strumento a bordo di ORIGIN è un rivelatore di raggi X basato su una matrice di microcalorimetri a sensore TES che copre un campo di vista di 30' di diametro al piano focale di un modulo ottico ad incidenza radente con una lunghezza focale di 2,5 m, ed una risoluzione angolare di 30" HEW all'energia di 1 keV.

Il disegno proposto per il modulo ottico prevede l'uso di una tecnologia ibrida: la parte esterna dello specchio prevede l'utilizzo della tecnologia dei Silicon Pore Optics (SPO), mentre la parte interna utilizza la tecnologia standard di elettroformatura del Ni. Questa scelta riduce la massa, essendo gli SPO molto leggeri, e garantisce una modesta risposta ad alta energia grazie allo specchio interno il cui diametro è inferiore a 0.3 m, che è il limite minimo al quale è stata dimostrata la fattibilità delle ottiche SPO. Il modulo ottico è un'approssimazione conica della geometria Wolter-I.

Marco Barbera ha rivestito il ruolo di responsabile del disegno ottico del telescopio della missione ORIGIN in stretta collaborazione con i gruppi sperimentali dello SRON Netherlands Institute for Space Research, e l'INAF-Osservatorio Astronomico di Brera [Barbera et al., 2011, Proc. SPIE, vol. 8076, p. 0A-1-0A-12].

### 3.4 NHXM

New Hard X-ray Mission (NHXM) è un concetto di missione per Astrofisica delle alte energie di classe M, anche questa presentata all'ESA, in risposta al bando della Cosmic Vision 2015-2025 per una missione di classe Media per un lancio nel 2022, e non è stata anch'essa selezionata tra le prime tre.

NHXM riunisce, per la prima volta simultaneamente e ad alta sensibilità, la capacità d'immagine nei raggi X duri, la spettroscopia X a banda larga, e la polarimetria. NHXM è pensata investigare ambiti scientifici di frontiera quali: l'evoluzione cosmica dei buchi neri, la fisica degli accrescimenti, i meccanismi di accelerazione ed emissione non termica, la fisica della materia in condizioni estreme. NHXM è progettato specificamente per affrontare questi temi attraverso: 1) un'ampia banda spettrale (0,5-80 keV) con capacità spettroscopica, capacità d'immagine a risoluzione angolare di 20" HEW all'energia di 30 keV, ed una sensibilità più di tre ordini di grandezza superiore a quella degli strumenti oggi disponibili; 2) polarimetria a banda larga (2-35 keV) con capacità d'immagine. Inoltre, NHXM ha la capacità di localizzare e monitorare attivamente sorgenti in diversi stati di attività, ed una capacità di ripuntamento in un tempo compreso tra circa 1 e 2 ore.

NHXM prevede l'utilizzo di quattro moduli ottici realizzati con la tecnologia di elettroformatura di una lega Ni-Co. Le ottiche hanno una geometria Wolter-I ed una lunghezza focale di 10 m ottenuta con l'utilizzo di un banco ottico estendibile.

Al piano focale di tre dei telescopi è posta una Spectral imaging Camera (SIC) composta da un rivelatore di bassa energia basato su CCD (2048x2048 pixel da 30  $\mu$  m), posto sopra un rivelatore di alta energia basato su una matrice di cristalli di CdTe che coprono un'area di 40x40 mm<sup>2</sup> con una dimensione dei pixel compresa tra 200 e 350  $\mu$  m. Al piano focale del quarto telescopio è posto il polarimetro a gas.

La configurazione del satellite e dei sottosistemi sono stati definiti sulla base di studi industriali effettuati nell'ambito di precedenti sforzi nazionali (HEXIT SAT) ed internazionali (Symbol-X), consentendo di definire una configurazione matura e compatibile con un lancio VEGA nel 2020.

Marco Barbera ha collaborato insieme con il gruppo del laboratorio XACT alla definizione dei filtri ottici per lo strumento Spectral Imaging Camera (SIC), la cui fornitura è prevista da parte della ditta americana Luxel sotto la responsabilità del gruppo dello Smithsonian Astrophysical Observatory (Cambridge, MA).

### 3.5 LOFT

Il Large Observatory for X-ray Timing (LOFT) è una delle tre missioni selezionate per lo studio di fase A, in risposta al bando ESA della Cosmic Vision 2015-2025 per una missione di classe Media per un lancio nel 2022.

La missione punta a rivoluzionare lo studio degli oggetti compatti della nostra Galassia, e dei buchi neri super-massivi nei nuclei di galassie attive, grazie ad un progetto innovativo e allo sviluppo di grandi superfici di rivelatori a deriva di silicio monolitico. Il Large Area Detector (LAD) raggiungerà, infatti, un'area efficace di ~ 12 m<sup>2</sup>, più di un ordine di grandezza maggiore di qualsiasi predecessore che ha operato dallo spazio nel campo di energie 2-30 keV.

Marco Barbera ha collaborato nella stesura della proposta alla definizione delle caratteristiche dei filtri ottici da porre di fronte ai rivelatori di silicio. Attualmente è responsabile della progettazione dei filtri nell'ambito della fase A di sviluppo della missione in vista della selezione che avverrà ad opera dell'ESA nella primavera 2014.

### 3.6 ATHENA

Athena è una missione per Astrofisica delle Alte Energie di classe "Large" nata nella seconda metà del 2011 dalla rimodulazione, solo europea, del progetto internazionale denominato International X-ray Observatory (IXO). La missione Athena è stata presentata a ottobre 2011 in risposta ad un bando dell'ESA per la selezione di una missione di classe L nell'ambito del programma Cosmic Vision 2015-2025 per un lancio nel 2022, e non è stata selezionata come prima tra le tre missioni proposte, tuttavia, sia l'ESA che le agenzie nazionali hanno riscontrato l'opportunità di continuare a supportare gli studi sugli strumenti.

La missione Athena è basata su un telescopio per raggi X ad incidenza radente di grande area con lunghezza focale di 12 m e risoluzione angolare HEW migliore di 10 arcosecondi, e due strumenti di piano focale: un rivelatore di raggi X basato su microcalorimetri per imaging ad alta risoluzione spettroscopica (X-ray Microcalorimeter Spectrometer - XMS), ed uno strumento per immagini basato su rivelatori allo stato solido del tipo Active Pixel Sensor (Wide Field Imager - WFI). Athena è progettata per operare in orbita L2, che fornisce osservazioni ininterrotte e buona stabilità termica al prezzo di un maggiore rumore di fondo cosmico. Il progetto prevede 5 anni di vita della missione, ma ha almeno 10 anni di autonomia di consumo.

Marco Barbera fa parte del team italiano (coordinato dal dr. Luigi Piro dell'INAF) di supporto alle attività di ATHENA, con un coinvolgimento diretto nelle attività di sviluppo del sistema di anticoincidenza criogenica (Macculi et al., 2010, 2012), inoltre, ha rivestito nell'ambito della proposta recentemente sottomessa all'ESA il ruolo di responsabile del WP sui thermal shields e optical blocking filters dello XMS.

### 3.7 SOLAR ORBITER

Solar Orbiter è una missione di classe M recentemente selezionata dall'ESA nell'ambito del programma Cosmic Vision 2015-2025 per un lancio previsto nel 2017.

Solar orbiter ha lo scopo di effettuare misurazioni dettagliate della eliosfera interna, del vento solare, ed eseguire osservazioni vicine delle regioni polari del Sole. Per fare questo prevede un'orbita che consentirà un'avvicinamento al Sole ad una distanza fino a 60 raggi solari pari a circa 1/3 della distanza Sole-Terra.

Uno degli strumenti a bordo di Solar Orbiter è il Multi Element Telescope for Imaging and Spectroscopy (METIS), un coronografo occultato esternamente con un campo di vista anulare tra 1,5 e 3,0 raggi solari ad una distanza dal Sole di 0,28 UA. METIS effettuerà immagini della corona solare a banda larga in luce visibile polarizzata, e a banda stretta nell'UV (HI Ly $\alpha$ , 121,6 nm) e EUV (He II Ly $\alpha$ , 30,4 nm) per studiare la struttura e la dinamica con risoluzione temporale e spaziale senza precedenti. METIS sarà dotato di una ruota porta-filtri di fronte al rivelatore a immagine nell'UV con due filtri: un filtro

interferenziale a banda stretta (HF) ottimizzato per trasmettere la linea HI a 121,6 nm e per riflettere la luce visibile, e uno passa basso in alluminio (HeF) per bloccare lunghezze d'onda sopra 30,4 nm.

Marco Barbera fa parte del team italiano (responsabile prof. Ester Antonucci) di supporto allo sviluppo dello strumento METIS e collaborerà allo sviluppo e calibrazione dei filtri con l'utilizzo del laboratorio XACT dell'INAF-OAPA.

## 4. SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA

Già da alcuni anni Marco Barbera ha avviato presso la XACT facility un programma di sviluppo di tecnologie innovative per la rivelazione dei raggi X con potenziali applicazioni sia nel campo dell'Astrofisica che della fisica sperimentale. Di seguito vengono brevemente menzionate le due tecnologie principali attualmente investigate.

### 4.1 MICROCALORIMETRI PER RAGGI X

I microcalorimetri per raggi X sono dei rivelatori termici a conteggio di singolo fotone la cui prerogativa principale è l'elevata risoluzione energetica ottenuta lavorando a temperature prossime allo zero assoluto, e quindi in condizioni di bassissimo rumore termico. La possibilità di realizzare matrici con un grande numero di questi microrivelatori apre interessanti prospettive sia nel campo dell'Astrofisica delle alte energie che nel campo della Fisica sperimentale più in generale.

Nell'ambito di una collaborazione avviata con ricercatori dello Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) (Cambridge, MA), Marco Barbera ha progettato e realizzato presso la XACT facility un criostato a demagnetizzazione adiabatica a singolo stadio in grado di raffreddare e mantenere per molte ore consecutive dei campioni a temperature inferiori a 40 mK [Barbera et al. 2004, Proc SPIE, 5501, 366-384]. Il criostato è stato cablato con l'elettronica di lettura per una matrice di quattro microcalorimetri ed i primi test di funzionamento di questa classe di rivelatori sono stati condotti con successo alla fine del 2005. Quest'attività sperimentale presso la XACT facility è principalmente mirata allo studio di una tecnologia di microcalorimetri con sensore di Ge drogato con la tecnica NTD [Silver et al., 2000]. Uno degli aspetti a cui siamo interessati riguarda la scelta di idonei materiali assorbitori, in grado di termalizzare efficientemente e velocemente tutta l'energia depositata dal singolo fotone. I superconduttori sono stati tradizionalmente usati come assorbitori perché presentano una bassa capacità termica a basse temperature, diversamente dai metalli normali che per via della componente elettronica hanno capacità termiche troppo elevate. A questo scopo, abbiamo realizzato un modello del funzionamento di un microcalorimetro con assorbitore superconduttore attraverso una descrizione dei processi microscopici responsabili della termalizzazione dell'energia del fotone assorbito [Perinati et al., 2003]. In particolare, abbiamo investigato due effetti che potrebbero essere responsabili di un degrado della risoluzione energetica, ovvero i tempi lunghi di rilassamento delle quasiparticelle nel superconduttore, e la sensibilità del rivelatore alla posizione di incidenza dei fotoni sull'assorbitore [Perinati et al., 2004; Barbera et al., 2004, NIM-A, vol. 520, p. 220-223].

Questi studi sono di interesse generale anche per altre tecnologie di microcalorimetri, quali ad esempio quelli basati su sensori superconduttori mantenuti in transizione di fase (TES). I risultati delle simulazioni numeriche ci hanno permesso di identificare alcuni nuovi materiali potenzialmente interessanti come assorbitori per microcalorimetri. Abbiamo progettato e realizzato in collaborazione con il SAO alcuni rivelatori che presentano un assorbitore di oro (metallo normale) su cui è depositato un piccolo elemento del materiale superconduttore. Questi dispositivi, a causa dell'elevata capacità termica dell'oro non possono avere buone proprietà spettroscopiche, tuttavia, l'analisi dei segnali ottenuti dalla rivelazione di fotoni nell'oro e nel superconduttore ci ha consentito di ottenere utili ed interessanti informazioni sul comportamento del superconduttore. In particolare, misure condotte su microcalorimetri con assorbitore di Oro + Tantalo superconduttore ci hanno permesso di confermare il quadro teorico ipotizzato secondo cui una frazione dell'energia depositata nel superconduttore resta intrappolata in quasiparticelle su tempi scala molto più lunghi della rivelazione del segnale fononico [Perinati et al., 2008].

Un'altra area di sviluppo di questi rivelatori riguarda la realizzazione di matrici di microcalorimetri a sensore di Ge NTD a grande numero di pixel. I microcalorimetri con sensore di Ge NTD sono tradizionalmente costruiti con tecniche micromeccaniche che, sebbene siano adeguate per la realizzazione di rivelatori a singolo pixel o a basso numero di pixel (< 100), difficilmente possono essere applicate alla produzione su grande scala di matrici con un grande numero di pixel (> 1000). Tali tecniche inoltre non assicurano elevati livelli di riproducibilità, per cui difficilmente si riescono a realizzare sensori

uguali tra loro. Appare evidente che l'utilizzo di tecnologie planari è la soluzione di questi problemi. La ricerca applicata alla microelettronica tuttavia ha largamente studiato le tecniche di lavorazione planare su Si, mentre poco è stato fatto sul Ge, le cui prestazioni sono inferiori a quelle del Si per le suddette applicazioni. Nell'applicazione ai microcalorimetri il Ge risulta, tuttavia, essere molto più vantaggioso del Si perché può essere drogato con elevatissima uniformità con la tecnica NTD (Neutron Transmutation Doping) e presenta un calore specifico a bassa temperatura più di un ordine di grandezza minore del Si. In collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria DIEETCAM dell'UNIPA abbiamo intrapreso un programma volto alla realizzazione, mediante tecniche di microlitografia laser ed attacco chimico su wafer di germanio, di matrici di microcalorimetri con sensore in Ge NTD. L'idea innovativa attuata è stata quindi quella di associare agli indubbi vantaggi delle proprietà intrinseche del Ge NTD rispetto al Si, le tecnologie planari già utilizzate nella realizzazione di microcalorimetri basati su sensori di Si [Chianetta et al., 2008].

Per ottenere il drogaggio del germanio tramite trasmutazione neutronica, abbiamo utilizzato il Nuclear Reactor Laboratory del MIT (Cambridge, MA) presso cui è possibile ottenere un bombardamento controllato di neutron termici. In particolare, abbiamo fatto sottoporre un set di campioni di germanio puro a diverse dosi di irraggiamento, in modo da ottenere un intervallo di drogaggio piuttosto ampio, al fine di potere selezionare il valore ottimale di conducibilità elettrica a temperature criogeniche. Trascorso il tempo necessario per la riduzione dei livelli di radioattività indotta nei campioni ai livelli di sicurezza, contiamo di iniziare le misure di caratterizzazione delle curve di resistività in funzione della temperatura.

Le fasi principali del processo che stiamo sviluppando sono di seguito semplificate. Su una fetta di germanio drogata con la tecnica della trasmutazione neutronica vengono depositati un film dielettrico ed un film metallico. Sul film metallico viene quindi accresciuto uno strato di stagno per deposizione galvanica. La fetta di germanio viene ridotta di spessore mediante lappatura dal lato opposto a quello dello stagno. I sensori con geometria a tronco di piramide a base quadrata vengono ottenuti dalla fetta di germanio sottoponendola ad un processo micro-fotolitografico, impiegando un sistema laser per la definizione delle maschere ed un attacco chimico isotropo profondo. Su due facce opposte di ogni piramide vengono realizzati i contatti elettrici, collegati in seguito mediante saldatura ad indio alle piste elettriche depositate sulla struttura di supporto.

Abbiamo già ottenuto incoraggianti risultati sulla messa a punto dei vari processi planari [Lo Cicero et al., 2009, 2012a, 2012b] e prevediamo nell'arco di un paio di anni di essere in grado di realizzare un dispositivo completo funzionante con alcune decine di pixel. In questo contesto, l'INAF-OAPA (resp. scientifico Marco Barbera) ha presentato un progetto alla fondazione del Banco di Sicilia in risposta al bando 1° semestre 2007 per la concessione di contributi nel settore della ricerca ed innovazione tecnologica. Il progetto è stato finanziato ed i fondi sono stati dedicati alla realizzazione di un laboratorio di tecnologie microelettroniche. L'attuale dotazione del laboratorio include, una camera pulida di circa 30 m<sup>2</sup> di superficie, un'evaporatore di film sottili, una lappatrice, uno spin-coater, un bromografo, una cappa chimica per attacchi chimici e accrescimenti galvanici, una lavatrice ad ultrasuoni, una cappa a flusso laminare orizzontale ed una a flusso verticale. Inoltre, in collaborazione con il dipartimento DIEETCAM dell'UNIPA, abbiamo in uso una macchina per scrittura laser, un mask aligner, ed una saldatrice ad ultrasuoni.

Nell'ambito di queste attività Marco Barbera è, inoltre, responsabile presso UNIPA di un progetto finanziato nell'ambito del programma FP7-SPACE-2010-1 dal titolo "Cryogenic Electronics for Space Applications and Research, CESAR" (Project N. 263455. Coordinatore Dr. Louis Rodriguez, CEA Saclay, DSM/Irfu/Sap, 91191 Gif/Yvette FRANCE) dedicato allo sviluppo di elettronica criogenica per applicazioni spaziali. In particolare, UNIPA partecipa con il partner CEA ad un WP mirato allo sviluppo di elettronica fredda per la lettura di matrici di microcalorimetri per raggi X.

## **4.2 OTTICHE SUPER-LEGGERE PER RAGGI X AD INCIDENZA RADENTE**

I materiali utilizzati per riflettere i raggi X devono avere superfici lisce su scala atomica. La procedura tradizionale per ottenere ottiche per raggi X consiste nel realizzare strutture di vetro super-polite o deformate termicamente, o nel replicare mandrini super-politi. Tutto ciò comporta costi di produzione molto elevati. Film plastici sottili vengono prodotti in quantità per numerose applicazioni industriali. Lo spessore tipico oscilla tra 100 e 175 micron e in certi casi si raggiunge un'elevata uniformità di spessore (< 2 micron). In molte linee di produzione si utilizza il processo di riscaldamento, stiratura e rullatura. I rulli possono essere super-politi per cui la superficie di contatto del film plastico replica l'elevata qualità superficiale del rullo stesso.

Partendo da queste evidenze, nell'ambito di una collaborazione scientifica tra Harvard Smithsonian Center for Astrophysics (Cambridge, MA), l'INAF-OAPA, l'UNIPA-DSFA e il Danish National Space Center (Copenhagen), abbiamo iniziato a investigare la possibilità di sfruttare film plastici, prodotti industrialmente, per realizzare ottiche per raggi X [Schnopper et al., 1999, 2002, 2003, 2004].

Uno dei vantaggi principali della tecnologia proposta rispetto all'approccio classico di termo o elettroformatura consiste nell'eliminazione dei costosi mandrini super-politi. Per mettere in forma i fogli di plastica in configurazione cilindrica o conica si possono utilizzare mandrini relativamente economici, infatti, essi devono solo fornire la forma ma non la qualità superficiale.

Originariamente è stato scelto come materiale plastico per costruire ottiche a raggi X il polietilene tereftalato (PET). I fogli di PET provenivano da una speciale linea di produzione di

pellicole radiografiche della ditta americana Estman KODAK. Recentemente, abbiamo iniziato uno studio comparativo su film plastici ad alte prestazioni. Da uno studio preliminare risulta che campioni di polyarylate (PAR), un polimero amorfo prodotto in Italia dalla Ferrania Technologies S.p.A. con il nome commerciale di AryLite, hanno caratteristiche di micro-rugosità superficiale migliori di altri film plastici analizzati. E' chiaro comunque che i prodotti esistenti in commercio non vengono normalmente realizzati con caratteristiche di qualità superficiale idonee alla riflessione di raggi X, e che la produzione di film plastici per i nostri scopi richiederebbe alcuni interventi migliorativi sulle linee di produzione degli stessi [Taibi et al., 2007].

La possibilità di ottenere industrialmente lunghi fogli di plastica sottile consente di costruire ottiche per raggi X con geometria a spirale. Invece di annidare vari gusci chiusi, ciascuno con il suo diametro, si può avvolgere un unico foglio in modo continuo, ottenendo un'ottica con un'area efficace e delle caratteristiche di vignettatura simili a quelle di un'ottica classica a gusci concentrici. La differenza consiste nell'approssimare l'immagine di una sorgente puntiforme con una corona circolare. Il concetto di spirale è particolarmente interessante poiché la sua realizzazione non richiede la costruzione di alcun mandrino e può essere ottenuta a costi molto bassi.

Utilizzando un codice di ray-tracing abbiamo simulato le prestazioni di diverse geometrie a spirale. I risultati hanno mostrato che per alcune applicazioni l'approssimazione a spirale è altrettanto valida di quella ad ottiche concentriche [Barbera et al., 2007, Proc. SPIE, vol. 6688, p. 15-1-15-13]. Abbiamo anche esplorato vantaggi e svantaggi di avvolgere il primo ed il secondo cono a spirale in direzioni opposte in modo da compensare parzialmente l'aberrazione introdotta dall'approssimazione spirale di coni concentrici. Avvolgendo le due spirali in verso opposto di rotazione si ha un restringimento della parte centrale dell'immagine con parziale riempimento del buco, ma allo stesso tempo si ha un allargamento delle ali ed una riduzione di area efficace [Barbera et al., 2008, Proc. SPIE, vol. 7011, p. 36-1-36-7].

Una parte di quest'attività è stata svolta nell'ambito di un Progetto PRIN-MIUR 2004 nel quale Marco Barbera era responsabile dell'UdR INAF-OAPA. Inoltre, Marco Barbera ha presentato come coordinatore nazionale e responsabile dell'UdR UNIPA-DSFA un progetto PRIN-MIUR 2007 mirato a portare ad un livello di maturità questa tecnologia. Il progetto è stato valutato positivamente ma purtroppo non ha raggiunto la soglia di finanziamento.

#### **4. ALTRE ATTIVITÀ SPERIMENTALI**

##### **4.1 SPETTROSCOPIA UV DI VETRI DI SILICE**

L'esperienza maturata da Marco Barbera nella messa a punto e nell'utilizzo di un set-up sperimentale per effettuare misure di trasmissività in UV da vuoto, con risoluzione spettrale, degli UV/Ion shields di CHANDRA-HRC [Barbera et al., 1996, Proc. SPIE, vol. 2808, p. 108-119] e dei filtri medio e sottile della camera EPIC di XMM-Newton [Villa et al., 1998], hanno permesso di avviare una collaborazione con altri colleghi del Dipartimento di Fisica dell'UNIPA nella caratterizzazione di alcune proprietà di vetri di silice ultra pura. L'interesse in questa ricerca ha anche risvolti applicativi dal momento che vetri di silice vengono largamente utilizzati, ad esempio, nella realizzazione di fibre ottiche e dispositivi di optoelettronica.

Per questa campagna di misure svolta presso il laboratorio XACT, abbiamo fatto uso di una sorgente UV a scarica di gas di tipo a catodo cavo con gas CO, del monocromatore a reticolo ad incidenza radente e di un fotomoltiplicatore. Le misure di trasmissività sono state effettuate nella banda 1200-2300 Å, con una banda passante di circa 5 Å, su campioni naturali e sintetici di silice soggetti a diverse dosi di radiazione gamma o neutroni [Barbera, 1997, OAPA technical report, OAPA-R2-1997, 24 Aprile 1997, "VUV absorption measurements of silica samples at the XACT facility"]. Questo programma di misure ha prodotto interessanti risultati, provando anche l'affidabilità ed accuratezza dell'apparato sperimentale utilizzato, rispetto a sistemi molto più complessi e costosi esistenti presso i sincrotroni [Cannas et al., 1999, 2001].

## 4.2 SPETTROSCOPIA X DI PLASMI CONFINATI

La spettroscopia X è fondamentale per indagare la distribuzione di temperatura, densità, stato di ionizzazione, composizione chimica, e dinamica dei plasmi caldi otticamente sottili largamente diffusi in sorgenti astrofisiche. La possibilità di estrarre informazioni fisiche dagli spettri X di sorgenti astrofisiche dipende, oltre che dalla qualità dei dati osservativi, anche dall'accuratezza e dalla completezza dei codici di emissione del plasma utilizzati per l'analisi dei dati. I codici utilizzati per l'analisi degli spettri X di sorgenti astrofisiche utilizzano dati atomici (forze d'oscillatore, probabilità di transizione, sezioni d'urto, etc) e sintetizzano modelli spettrali considerando i vari elementi chimici, su un ampio intervallo di temperatura e densità. Una migliore conoscenza dei parametri atomici degli atomi altamente ionizzati richiede misure di laboratorio. Uno strumento particolarmente adatto per effettuare questo tipo di misure è la trappola ionica denominata Electron Beam Ion Trap (EBIT), di cui esistono pochi esemplari al mondo. La EBIT consente di produrre e confinare plasmi monoatomici con un elevato grado di controllo sulle caratteristiche del plasma stesso. Misure sperimentali su plasmi prodotti in EBIT hanno tradizionalmente fatto uso di rivelatori a semiconduttore con modesta risoluzione energetica ma elevata efficienza e larga banda spettrale, o di rivelatori dispersivi con elevata risoluzione energetica ma bassa efficienza e stretta banda spettrale.

Marco Barbera ha collaborato ad un programma sperimentale mirato a realizzare ed utilizzare un sistema di rivelazione basato su microcalorimetri al Ge NTD per lo studio dell'emissione X di plasmi confinati in laboratorio presso la Electron Beam Ion Trap (EBIT) del National Institute of Standards and Technology (Gaithersburg, MD). I primi risultati sono stati ottenuti utilizzando presso il NIST un criostato ADR già in uso presso il SAO. Utilizzando questo strumento è stato possibile verificare la validità di questo sistema di misura ad elevata risoluzione energetica non dispersivo, in un ambiente particolarmente ostico dal punto di vista del rumore EM ambientale, e allo stesso tempo, di ottenere alcuni risultati scientifici preliminari sullo studio di alcune specie atomiche abbondanti in ambienti astrofisici quali azoto, ossigeno, neon, argon e ferro, in vari stati di ionizzazione [Silver et al., 2000, ApJ, vol. 541, p. 495-500; Laming et al., 2000, ApJ, vol. 545, p. L161-L164; Kink, et al., 2001, PHYS. REV. E, vol. 63, p. 464091-4640910, Matrangola et al., 2003; Takacs, et al., 2003, ]

Per proseguire in modo sistematico questo programma di spettroscopia X di plasmi all'EBIT è stato sviluppato uno spettrometro basato su microcalorimetri da installare permanentemente presso l'EBIT del NIST (Gaithersburg, MD, USA). Lo spettrometro consiste di un criostato a demagnetizzazione adiabatica a doppio stadio al cui interno è installata una matrice di quattro microcalorimetri a sensore di Ge NTD. Lo spettrometro, realizzato presso lo Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO), è stato trasferito al NIST nell'estate 2003 ed è attualmente operativo [Bandler et al., 2002; Mortonson et al., 2003, Bull. of the AAS, vol. 35, p. 1268].

## 4.3 ASTROBIOLOGIA

Nel corso degli ultimi anni è stata avviata presso il laboratorio XACT un'attività sperimentale che include sia lo studio del ruolo della radiazione X/EUV nel contribuire ad accrescere la complessità chimica dei ghiacci interstellari, che lo studio degli effetti di tale radiazione su molecole complesse, quali amino acidi, di rilevante interesse nella tematica dell'origine della vita.

Inizialmente abbiamo iniziato un programma di misure d'irraggiamento X su campioni di DNA libero o assorbito in argille. L'obiettivo di questo studio è di investigare gli effetti della radiazione X sulla formazione del materiale organico necessario all'origine della vita. In particolare, si tratta di studiare gli effetti della radiazione X con caratteristiche spettrali e flussi e/o dosi confrontabili con quelle alle quali il materiale primordiale poteva essere esposto alcune centinaia di milioni di anni fa quando il Sole era una stella giovane e attiva. Questo studio potrebbe dare interessanti contributi per rispondere a una delle fondamentali questioni sull'origine delle molecole complesse, ovvero se queste si siano formate in situ o se siano state portate sulla Terra dallo Spazio, ed in particolare dalle comete. I primi risultati molto interessanti di questi esperimenti mostrano significative differenze di comportamento tra le molecole di DNA libero e quelle assorbite in argille, inoltre, hanno mostrato che gli effetti di danneggiamento sono principalmente dovuti alla dose integrata di radiazione e non allo spettro di radiazione nell'intervallo 1-10 keV suggerendo che il danneggiamento è probabilmente dovuto a radiazione secondaria (molto probabilmente UV) piuttosto che all'assorbimento primario della radiazione X [Ciaravella et al., 2004]. Contestualmente al proseguimento delle attività d'irraggiamento su campioni di molecole di elevata complessità, quali gli amino acidi [Ciaravella et al. 2010], è stata avviato un progetto di realizzazione di un laboratorio dedicato ad esperimenti di astrobiologia in cui fosse possibile ricreare condizioni simili a quelle dei ghiacci interstellari e potere studiare gli effetti della radiazione X e UV su vari campioni a partire da semplici miscele di gas. Il laboratorio denominato Light Irradiation Facility for Exochemistry (LIFE) di cui è responsabile la dr.ssa Angela Ciaravella dell'INAF-OAPA è attualmente in fase avanzata di completamento essendo già

state realizzate la camera a vuoto per il raggiungimento di condizioni di ultra-alto vuoto ( $10^{-9}$  mbar), il criostato per il raffreddamento dei ghiacci a temperature inferiori a 10 K, la sorgente UV, e lo spettrofotometro IR. Essendosi presentata la necessità di utilizzare una sorgente di raggi X soffici ( $E < 20$  keV) ad elevato flusso, non disponibile commercialmente, abbiamo progettato e realizzato in casa un prototipo di sorgente di raggi X ad anodo raffreddato ad acqua della potenza di circa 500 Watt, cinquanta volte maggiore di quella della sorgente X attualmente in dotazione, aprendo così una linea tecnologica che, oltre all'immediato utilizzo, offre alcune prospettive commerciali in un mercato di nicchia.

In questa fase in cui il laboratorio LIFE non è ancora pienamente operativo sono state condotte con l'uso delle nostre sorgenti di raggi X degli esperimenti presso il laboratorio ISAC del Centro de Astrobiologia (CAB) di Madrid. Un importante risultato è stato ottenuto dall'irraggiamento X di ghiacci di metanolo in cui si è verificata la formazione di formaldeide. Questa evidenza suggerisce che i raggi X possono essere un candidato promettente per la formazione di molecole complesse in regioni dove la radiazione UV è fortemente inibita [Ciaravella et al. 2010]. Ulteriori esperimenti sono stati condotti su ghiacci di monossido di carbonio confermando il ruolo dei raggi X nella formazione di molecole complesse in condizioni simili a quelle dei dischi interstellari [Ciaravella et al. 2012].

#### **4.4 ENERGIE RINNOVABILI**

Marco Barbera collabora ad un progetto dal titolo "Fotovoltaico ad Alta Efficienza (FAE)", finanziato nell'ambito del programma POR FESR SICILIA 2007/2013, linea d'intervento 4.1.1.1. L'obiettivo finale del progetto è quello di realizzare un prototipo di un modulo di produzione di energia basato sul fotovoltaico a concentrazione con una potenza di almeno 10 KWatt.

Le attività che verranno svolte da Marco Barbera nell'ambito del progetto, anche in collaborazione con il personale dell'INAF-OAPA, riguardano: 1) la realizzazione di un inseguitore solare per avere un fascio di luce solare continuo in laboratorio per il test di specchi concentratori e celle fotovoltaiche, 2) test di sopravvivenza ed efficienza di celle e concentratori, utilizzando una camera climatica ed una base termostata realizzata in casa, 3) studio di nuovi materiali per gli accoppiamenti ottici dei vari elementi, 4) test di funzionamento delle celle in varie condizioni di irraggiamento e temperatura, 5) ed in ultimo un supporto alle attività di sviluppo ed integrazione di tutto il sistema.

Nell'ambito di questo progetto Marco Barbera è tutor di un assegno di ricerca dal titolo "Progettazione e realizzazione di sistemi per la concentrazione della radiazione solare sul fotovoltaico ad alta efficienza"

#### **AMBITI DI RICERCA**

Marco Barbera è professore associato del settore scientifico disciplinare FIS/05 Astronomia e Astrofisica presso l'Università degli Studi di Palermo, associato all'Istituto Nazionale di Astrofisica con incarico gratuito di ricerca presso l'Osservatorio Astronomico di Palermo G.S. Vaiana, e svolge la sua principale attività di ricerca nel campo dello sviluppo di strumentazione per Astronomia a raggi X e suo utilizzo anche in applicazioni di laboratorio. In particolare:

- 1) Sviluppo del laboratorio XACT per il test e la calibrazione di rivelatori, filtri e ottiche per raggi X soffici;
- 2) Calibrazione di strumentazione per missioni spaziali di Astrofisica delle alte energie;
- 3) Partecipazione a proposte di nuove missioni di Astrofisica delle alte energie;
- 4) Studio di tecnologie innovative per la rivelazione di raggi X con capacità spettroscopiche e di immagine per applicazioni di Astrofisica e di laboratorio;

5) Altre attività sperimentali.