

**Curriculum Vitae redatto in forma di dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà
(art. 47 del D.P.R. 28 Dicembre 445/2000 e successive modificazioni)**

Il sottoscritto GIANFRANCO PATERNO' nato il 24/10/1980 a Paternò (CT) , residente a Paternò in Via Delle Rose 9, codice fiscale PTRGFR80R24G371U, consapevole che ai sensi dell'art. 47 del D.P.R. 28 Dicembre 445/2000 e successive modificazioni, le dichiarazioni false, la falsità negli atti, l'uso di atti falsi, comportano l'applicazione delle sanzioni penali previste dell'art.76 del D.P.R. 445/2000

DICHIARA

la veridicità del proprio curriculum vitae.

Ferrara, lì 23/04/2019



Informazioni anagrafiche

Nome: **Gianfranco Paternò**

Domicilio: Corso Piave 33 - 44121 - Ferrara

email: paterno@fe.infn.it

Tel: +39 3897916701

Nazionalità: Italiana

Data di Nascita: 24/10/1980

Ambito di ricerca ed interesse

Sorgenti innovative di radiazione X e gamma monocromatica per applicazioni mediche e nucleari. Caratterizzazione di tessuti biologici e materiali mediante scattering coerente dei raggi X. Ottiche per raggi X di alta energia e loro possibile applicazione in ambito medico. Rivelazione e diagnostica di radiazione X e gamma.

La descrizione dettagliata dell'attività di ricerca è riportata più avanti.

Contratti per attività di ricerca

Assegnista di Ricerca presso l'INFN, Sez. di Ferrara (Luglio 2016 - Giugno 2019)

Tema: *Research in Accelerator Physics*

Responsabile: Prof. Mauro Gambaccini

Associazioni scientifiche

Dal 2013, associato all'**INFN** - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Da Gennaio 2014 a Dicembre 2014, associato al **CNR-INO** - Istituto Nazionale di Ottica

Partecipazione a progetti e gruppi di ricerca

ELI-NP / Collaborazione Eurogammas (dal 2016 ad oggi)

Collaborazione europea per la realizzazione e commissioning di una sorgente monocromatica da Compton inverso per studi di fisica nucleare e applicata

presso IFIN-HH, Bucharest, Romania
(Fondi esterni INFN - Consorzio Europeo EuroGammaS).

LAUPER (2016 - 2017)

LAUe-PEak Radiotherapy, progetto finanziato dalla CSN5-INFN, per la realizzazione di un dimostratore di lente di Laue per applicazioni in radioterapia.

LOGOS (2014 - 2015)

Laue Optics for Gamma ray ObservationS, progetto finanziato dalla CSN5-INFN, per lo sviluppo di tecniche innovative per la produzione di elementi ottici per la focalizzazione di raggi X e gamma.

Attività di ricerca svolta all'estero

- Partecipazione a turni di presa dati di diffrazione di raggi X in cristalli curvi presso l'Institut Laue-Langevin (**ILL**) di Grenoble (Francia), dal 06/09/2016 al 13/09/2016.
- Partecipazione a turni di presa dati di diffrazione di raggi X in cristalli curvi presso l'Institut Laue-Langevin (**ILL**) di Grenoble (Francia), dal 13/10/2015 al 20/10/2015.
- Partecipazione a turni di presa dati di diffrazione di raggi X in cristalli curvi presso European Synchrotron Radiation Facility (**ESRF**) di Grenoble (Francia), dal 16/04/2014 al 20/04/2014.
- Partecipazione a turni di presa dati di diffrazione di raggi X in cristalli curvi presso European Synchrotron Radiation Facility (**ESRF**) di Grenoble (Francia), dal 03/09/2013 al 06/09/2013.
- Partecipazione a turni di presa dati di diffrazione di raggi X in cristalli curvi presso l'Institut Laue-Langevin (**ILL**) di Grenoble (Francia), dal 15/07/2013 al 25/07/2013.

Contributi orali a conferenze e congressi nazionali ed internazionali

- 3° Training school on "Application of computer models for advancement of X-ray breast imaging techniques", Napoli, 17 - 19 Settembre 2018.

Invited Talk: *Implementation of interference effects in coherent X-ray scattering in Geant4.*

- MCMA2017 - International Conference on Monte Carlo Techniques for Medical Applications, Napoli, 15 - 18 Ottobre 2017.

Talk: *Geant4 implementation of inter-atomic interference effect in small-angle coherent X-ray scattering for materials of medical interest.*

- Congresso Nazionale SIF 2017, Trento, 11 - 15 Settembre 2017.

Talk: *Design and simulation of a Profile Imager for the ELI-NP Gamma Beam System.*

- Channeling 2016, Desenzano del Garda, 25 - 30 Settembre 2016.

Talk: *A collimation system for ELI-NP Gamma Beam System - design and simulation of performance.*

Sommario produzione scientifica

- **Articoli sottomessi a riviste peer-reviewed: 1**
- **Articoli su riviste peer-reviewed: 15**
- **Atti di congresso (Proceedings): 7**
- **Abstract di contributi a conferenze: 1**
- **Poster: 2**
- **Report di turni di misura in facility: 4**

L'elenco dettagliato delle pubblicazioni è riportato in un apposito documento.

Premi e riconoscimenti

Premio Francesco Resmini della CSN5-INFN per la migliore tesi di Dottorato nel campo della Fisica degli Acceleratori e delle Nuove Tecnologie discussa presso una sezione INFN nell'anno 2016.

Titoli accademici

Dottorato in Fisica, XXVIII ciclo (2013 - 2015), conseguito presso l'Università degli Studi di Ferrara, il 18/03/2016.

Titolo della tesi: *Laue lenses to focus X- and gamma-ray beams for medical applications*

Supervisore: Prof. Vincenzo Guidi

Master Scientifico Culturale in Fisica (corrispondente ad un Master Universitario di II livello, pari a 60 CFU) conseguito il 26/11/2013 presso l'Università degli Studi di Ferrara con votazione 30/30.

Principali argomenti affrontati: Fisica Medica, Diffrazione dei raggi X, Fisica dello Stato Solido, Fisica delle Superfici, Meccanica Quantistica, Fisica Nucleare e Subnucleare.

Master Universitario di II livello in "Monitoraggio delle Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti e Rischio Ambientale" conseguito il

10/10/2012 presso l'Università degli Studi di Catania - Dipartimento di Fisica ed Astronomia, con la votazione finale di 70/70 e lode.

Principali argomenti trattati: Fisica delle Radiazioni, Dosimetria e Radioprotezione, Rivelatori di Particelle, Misura dei CEM, Medicina Nucleare, Acceleratori di Particelle.

Stage: dal 19/04/2012 al 06/07/2012 presso i Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN.

Titolo della tesi: *Aspetti fisici e radioprotezionistici del progetto CATANA.*

Laurea in Ingegneria Elettronica (V. O.) conseguita presso l'Università degli Studi di Catania l'01/02/2007, con la votazione di 110/110 e lode.

Titolo della tesi: *Amplificatore di potenza RF in tecnologia CMOS-SOI con matching riconfigurabile.*

Relatori: Prof. G. Palmisano, Ing. F. Carrara.

La tesi è stata svolta nell'ambito del Radio Frequency Advanced Design Center, gruppo di ricerca congiunto tra il Dipartimento Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica dell'Università di Catania e l'STMicroelectronics di Catania. Durante il periodo di stage (9 mesi), sono state approfondite le tecniche di

progettazione dei circuiti integrati in tecnologia CMOS e le tecniche di simulazione elettromagnetica dei componenti passivi integrati.

Esperienze formative recenti

- Partecipazione alla **3° Training school** on "Application of computer models for advancement of X-ray breast imaging techniques", Napoli, 17 - 19 Settembre 2018.

- Partecipazione all'**Advanced Summer school** on: "Laser-Driven Sources of High Energy Particles and Radiation" presso Capri, 9 - 16 Luglio 2017.

- Partecipazione al **seminario**: "XI Seminar on Software for Nuclear, Subnuclear and Applied Physics" presso Alghero (SS), 25 - 30 Maggio 2014.

- Partecipazione alla **V Scuola Nazionale**: "Rivelatori ed Elettronica per Fisica delle Alte Energie, Astrofisica, Applicazioni Spaziali e Fisica Medica" presso i Laboratori Nazionali di Legnaro INFN, 15-19 Aprile 2013.

Certificazioni linguistiche

First Certificate of English - University of Cambridge ESOL Examinations, Council of Europe Level B2, conseguito a Dicembre 2013.

Attività didattica universitaria

- Relatore di un ciclo di **seminari integrativi dell'insegnamento di Fisica** della durata di 12 ore, svolto nel periodo 25/02/2019 - 07/06/2019 nell'ambito del Corso di studio Laurea Triennale in Biotecnologie dell'Università degli Studi di Ferrara.

- Titolare dell'insegnamento "**Geant4 Tutorial**", Corso di Dottorato in Fisica, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Ferrara - A.A. 2018 - 2019.

- Relatore di un ciclo di **seminari integrativi dell'insegnamento di Fisica** della durata di 20 ore, svolto nel periodo 01/03/2018 - 15/06/2018 nell'ambito del Corso di studio Laurea Triennale in Biotecnologie dell'Università degli Studi di Ferrara.

- Co-titolare (con il Dr. Enrico Bagli) dell'insegnamento "**Geant4 Tutorial**", Corso di Dottorato in Fisica, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Ferrara - A.A. 2017 - 2018.

- Relatore di un ciclo di **seminari integrativi dell'insegnamento di Fisica** della durata di 20 ore, svolto nel periodo 20/02/2017 - 09/06/2017 nell'ambito del Corso di studio Laurea Triennale in Biotecnologie dell'Università degli Studi di Ferrara.

- Co-titolare (con il Dr. Enrico Bagli) dell'insegnamento "**Geant4 Tutorial**", Corso di Dottorato in Fisica, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Ferrara - A.A. 2016 - 2017.

- Tecnico ex art. 26 DPR 382/80 per l'insegnamento di **Fisica II e Laboratorio di Fisica** (A.A. 2015 - 2016) del corso di laurea in Chimica dell'Università degli Studi di Ferrara - 48 ore suddivise tra lezioni teoriche, esercitazioni numeriche ed assistenza in laboratorio.

- Tutorato Didattico per l'insegnamento di **Fisica I** (A.A. 2013 - 2014) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Ferrara - 21 ore suddivise in esercitazioni numeriche e richiami teorici.

- Tutorato Didattico in **Fisica** per gli studenti al I anno del corso di laurea in Scienze Biologiche (A.A. 2013 - 2014) Università degli Studi di Ferrara - 25 ore suddivise in esercitazioni e teoria.

Attività di formazione e di divulgazione scientifica

Supporto didattico per attività di insegnamento e laboratorio presso il Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Ferrara, rivolti a **studenti delle scuole superiori** della provincia di Ferrara e limitrofe (svolto negli anni 2017, 2018, 2019).

Attività svolte: Esposizione di semplici oggetti al fascio prodotto da un tubo a raggi-X al variare dei settaggi del tubo e misura del coefficiente di attenuazione lineare di alcuni materiali. Acquisizione dello spettro gamma emesso da sorgenti radioattive a bassa attività e relativa analisi.

Altri titoli

- Inserimento nell'elenco dei **soggetti abilitati alla certificazione energetica della regione Sicilia** da Settembre 2011.

- Corso di Formazione Professionale (abilitante) di 120 ore per: "**Coordinatore per la progettazione e per l'esecuzione dei lavori - d.lgs 81/08 titolo IV**", presso la Fondazione dell'Ordine degli ingegneri della provincia di Catania, da dicembre 2010 ad aprile 2011.

- **Abilitazione alla professione di ingegnere** conseguita nel luglio 2007.

- **Diploma di Maturità Scientifica**, conseguita presso il Liceo Scientifico statale "E. Fermi" di Paternò (CT) nel luglio 1999 con la votazione di 100/100.

Altra attività professionale

Da Novembre 2007 a Dicembre 2012 ho esercitato la **libera professione di ingegnere** occupandomi principalmente di **progettazione impiantistica e strutturale**.

Competenze tecniche

- Sviluppo di modelli analitici e codici di calcolo Monte Carlo.
- Caratterizzazione di superfici tramite interferometria.
- Analisi di strutture cristalline tramite diffrazione di raggi X (XRD).
- Utilizzo degli strumenti di misura dei campi elettromagnetici a bassa ed alta frequenza.
- Utilizzo degli strumenti di misura delle radiazioni ionizzanti.
- Utilizzo dei principali strumenti di un laboratorio di elettronica: generatori di funzioni, alimentatori, tester, oscilloscopi, analizzatori di spettro. Realizzazione circuiti stampati.
- Programmazione di microcontrollori in C.

Conoscenze informatiche

- Sistemi operativi: WINDOWS, LINUX.
- Linguaggi di programmazione: C/C++, Python, Java, Visual Basic, Assembly.
- Software per il calcolo numerico e l'analisi dati: MATLAB, MATHEMATICA, ROOT, R.
- Software Monte Carlo per il Particle Tracking: GEANT4, GAMOS.
- Simulatori circuitali: PSPICE, ADS.
- Simulatori elettromagnetici: MOMENTUM, ELFIN.
- Conoscenze base di VHDL e di software per la realizzazione di PCB e layout.
- Software FEM: SAP2000, STRAUS7.
- Ottima conoscenza applicativi OFFICE, uso avanzato di EXCEL.
- Ottima conoscenza di LATEX.
- Ottima conoscenza di AUTOCAD.
- Altri Software: SISMICAD, EDILUS, PRIMUS, CERTUS, TISYSTEM.

Altre capacità

Praticato sport (baseball) a livello agonistico semiprofessionistico per 19 anni. Predisposizione al teamwork. Spiccate doti di apprendimento e problem solving.

Allegati

Compendio attività scientifica
Elenco Pubblicazioni

Il sottoscritto acconsente, ai sensi del D.Lgs. 30/06/2003 n.196, al trattamento dei propri dati personali.

Compendio attività scientifica di Gianfranco Paternò

Stage presso i LNS-INFN (2012)

Nel 2012, nell'ambito del Master Universitario di II livello in "Monitoraggio delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti e rischio ambientale", Gianfranco Paternò ha partecipato ad uno stage di 3 mesi presso i LNS-INFN. Attraverso l'affiancamento a diversi gruppi di ricerca, sono stati approfonditi vari aspetti riguardanti la fisica degli acceleratori e il loro uso in radioterapia. Inoltre, sotto la supervisione del Dr. Pablo Cirrone, Gianfranco Paternò ha partecipato attivamente alle attività di CATANA, assistendo ad una sessione di trattamento di melanomi oculari con un fascio di protoni accelerato a 62 MeV dal ciclotrone superconduttore e sviluppando autonomamente una metodologia di progetto del modulatore necessario per ottenere un picco di Bragg allargato.

I risultati di tale studio sono stati esposti nella tesi di Master dal titolo "Aspetti fisici e radioprotezionistici del progetto CATANA", disponibile su Google Scholar.

Dottorato di Ricerca e Progetto LOGOS-INFN (2013 - 2015)

L'attività di ricerca di Gianfranco Paternò, durante il dottorato, è stata svolta presso il Laboratorio di Sensori e Semiconduttori dell'Università di Ferrara, sotto la supervisione del Prof. Vincenzo Guidi. Essa è consistita nello studio di progetto di lenti Laue da utilizzare in ambito medico. Una lente di Laue è formata da un insieme di cristalli disposti in anelli concentrici caratterizzati ciascuno da un'opportuna orientazione cristallografica. Essi, sfruttando la diffrazione di Bragg in geometria di Laue (in trasmissione), concentrano i fotoni emessi da una sorgente verso un punto focale. Grazie all'attività di ricerca effettuata, è stato dimostrato che tale caratteristica è potenzialmente sfruttabile tanto in medicina nucleare diagnostica quanto in radioterapia. Nel primo caso infatti, i fotoni emessi dal radiofarmaco presente all'interno del corpo del paziente possono essere focalizzati dalla lente verso un detector senza la necessità di utilizzo di collimatori. Con un'opportuna scelta dei cristalli che compongono la lente è stato dimostrato che è potenzialmente possibile ottenere immagini con una risoluzione 10 volte migliore di quella ottenibile con le tecniche di medicina nucleare attualmente disponibili (SPECT e PET). Nel secondo caso la lente può essere usata per concentrare i fotoni emessi da un tubo a raggi X verso un tumore target. Infatti è stato mostrato che, grazie alla focalizzazione dei raggi X, è possibile ottenere una distribuzione di dose che permette di massimizzare il danno al tessuto malato salvaguardando i tessuti sani.

Lo studio delle prestazioni delle lenti di Laue al variare dei parametri di sistema è stato condotto mediante l'impiego di codici di ray-tracing ad hoc, sviluppati personalmente da Gianfranco Paternò. Tali codici considerano sorgenti di fotoni con distribuzione spaziale e spettrale arbitraria, permettono l'uso di cristalli di vario tipo e gestiscono l'interazione fotone-cristallo anche nei casi non ideali, calcolando lo spazio delle fasi dei fotoni diffratti e le figure di merito della lente. Al fine dimostrare la validità del metodo proposto in radioterapia, è stata calcolata la distribuzione di dose all'interno di un opportuno fantoccio ad acqua attraverso il codice di particle tracking GAMOS.

Contestualmente alla fase di progetto della lente, è stata portata avanti l'attività di produzione e caratterizzazione di cristalli curvi self-standing.

Nell'ambito del progetto LOGOS-INFN, finanziato dalla CSN5 per il periodo 2014 - 2015, sono state sviluppate varie tecniche di piegatura dei cristalli, tra cui deposizione di fibre di carbonio, impiantazione ionica e sabbiatura. Vari campioni sono stati prodotti e caratterizzati morfologicamente mediante profilometria interferometrica e strutturalmente mediante diffrazione di raggi X duri presso le facility ILL a ESRF di Grenoble (Francia). Gianfranco Paternò si è occupato in prima persona caratterizzazione interferometrica di alcuni campioni ed ha partecipato attivamente ai turni di presa dati presso le facility ILL ed ESRF e alla successiva analisi. La tecnica di curvatura basata sulla sabbiatura si è dimostrata essere adatta alla realizzazione di elementi ottici adatti ad una lente di Laue per applicazioni mediche. La sabbiatura genera dislocazioni e mosaicizzazione in un sottile strato della superficie del cristallo. Tale strato induce uno stress e una deformazione permanente nel bulk sottostante, che risulta dunque essere curvo senza l'ausilio di dispositivi meccanici esterni. Per questa ragione, oltre al fatto che le curvature ottenute sono omogenee e riproducibili, cristalli in Si quasi-mosaico curvati mediante sabbiatura sono stati scelti per la realizzazione di un semplice prototipo di lente di Laue. In tale prototipo, quattro di cristalli sono stati assemblati su un supporto di Si, su cui precedentemente erano stati creati dei solchi di riferimento per l'allineamento cristallino. Il prototipo così realizzato è stato testato mediante diffrazione con fotoni di bassa energia (30 keV) al LARIX di Ferrara. Gianfranco Paternò ha partecipato alle misure e ha condotto le simulazioni dell'esperimento. Le misure sono risultate in linea con le simulazioni in termini di dimensione e intensità dello spot focale. Il disallineamento massimo tra i cristalli è stato stimato in 25 mrad. Il metodo proposto si è dimostrato promettente per l'assemblaggio di prototipi sempre più performanti.

I risultati dell'attività sono stati pubblicati su riviste peer-reviewed e nella tesi di dottorato.

Progetto LAUPER-INFN (2016 - 2017)

Il progetto LAUPER, finanziato dalla CSN5 dell'INFN per il periodo 2016 - 2017, mirava a studiare e sviluppare un assemblaggio di cristalli utile a dimostrare il principio di funzionamento delle lenti di Laue accoppiate con i tubi a raggi X e l'efficacia del metodo proposto, per applicazioni in radioterapia. Un prototipo comprendente 24 cristalli in Si quasi-mosaico curvati mediante sabbiatura è stato sviluppato presso la sezione INFN di Ferrara e testato sperimentalmente presso la sezione INFN di Bologna con un fascio policromatico di raggi X con energia massima di 90 keV. In particolare, sono stati misurati i profili di rilascio di dose in aria e in un apposito fantoccio di PMMA. Le misure sono state condotte attraverso una CCD precedentemente calibrata in dose tramite una camera a ionizzazione.

Gianfranco Paternò si è occupato dell'analisi preliminare dei dati sperimentali, delle simulazioni del prototipo sviluppato e del confronto tra misure e simulazioni. I risultati ottenuti sono in accordo entro il 25% con le simulazioni e mostrano un buon livello di allineamento dei cristalli (spot dei singoli cristalli entro 1 mm). I livelli di dose impartiti al fantoccio di PMMA, indicano che l'accoppiamento tra una lente di Laue ottimizzata e un tubo a raggi X è potenzialmente in grado di irraggiare uniformemente un target di 1 cm³ rilasciando la dose di 2 Gy in un tempo dell'ordine di qualche decina di minuti.

I risultati di questo studio sono in fase di revisione per la pubblicazione su una rivista.

EurogammaS (2016 - in corso)

EurogammaS è una collaborazione internazionale, composta da diversi istituti e società europee e guidata dall'INFN, che si occupa del progetto, fornitura, assemblaggio, installazione e commissioning di ELI-NP Gamma Beam System (ELI-NP-GBS), la nuova sorgente di fotoni gamma in fase di costruzione in Romania. La sorgente gamma, basata sull'inverso Compton scattering (ICS) tra un fascio di elettroni relativistici a bassa emittanza e una serie di impulsi laser ad alta intensità, si propone di generare un fascio di fotoni gamma quasi monocromatici, ad alta brillantezza e con energia variabile nell'intervallo 0.2 - 19.5 MeV. La sezione INFN di Ferrara fa parte, insieme alle sezioni di Firenze e Catania, del Work Package 9 di EurogammaS coordinato da M. Gambaccini, che si occupa dello sviluppo della linea di collimazione e caratterizzazione del fascio gamma.

Gianfranco Paternò è impegnato in prima persona al continuo sviluppo di G4ELINP, il codice Monte Carlo scritto in Geant4 per la simulazione della beamline di ELI-NP-GBS. Il codice include un modello dettagliato del set-up sperimentale, tanto del collimatore, che dei rivelatori per la caratterizzazione del fascio. G4ELINP garantisce un'elevata flessibilità nelle impostazioni e nella scelta degli output. Grazie a queste caratteristiche, è stato possibile effettuare delle simulazioni start-to-end della sorgente gamma, a partire dal punto di interazione tra il fascio di elettroni e il fascio laser, fino ai rivelatori. In tal modo, in collaborazione con tutti i membri del WP9, è stato possibile stimare in maniera realistica il rapporto segnale rumore atteso su ogni rivelatore. Ciò è di estrema importanza, in questa fase in cui il fascio gamma reale non è disponibile, per la calibrazione e l'ottimizzazione del funzionamento dei rivelatori.

Il collimatore è un componente fondamentale della sorgente gamma. Infatti, le sorgenti ICS non sono intrinsecamente monocromatiche. L'energia dei fotoni emessi è massima nella direzione del fascio degli elettroni (direzione opposta al fascio laser) e decresce all'aumentare dell'angolo polare. Tale caratteristica viene sfruttata per selezionare la banda passante del fascio gamma attraverso un opportuno sistema di collimazione. Gianfranco Paternò è stato coinvolto nell'ottimizzazione del design del collimatore e nella sua caratterizzazione.

Un elemento importante della linea di caratterizzazione è l'imager, il rivelatore impiegato per la misura del profilo spaziale del fascio gamma. Tale dispositivo, fondamentale per controllare il corretto allineamento del collimatore, è composto da un cristallo scintillatore accoppiato tramite un'ottica ad una CCD. Gianfranco Paternò ha contribuito all'ottimizzazione dell'imager, tramite lo studio della qualità dell'immagine prodotta, in termini di intensità e risoluzione, al variare del materiale e dello spessore del cristallo scintillatore e delle caratteristiche del sistema ottico. Lo studio è stato condotto analiticamente, in simulazione e sperimentalmente, con risultati in ottimo accordo fra loro. I codici di simulazione, tra cui un codice di ray-tracing per il tracciamento dei fotoni ottici dallo scintillatore alla CCD sono stati sviluppati personalmente da Gianfranco Paternò. Il sistema progettato permetterà di ottenere immagini di buona qualità in un tempo dell'ordine del secondo, per tutto il range di energia della sorgente ELI-NP-GBS.

I risultati degli studi sul collimatore e sull'imager sono stati presentati da Gianfranco Paternò a conferenze/congressi e sono stati pubblicati su riviste internazionali peer-reviewed.

Altre attività di ricerca (2017 - in corso)

Gianfranco Paternò è attualmente impegnato in altre attività di ricerca riguardanti l'utilizzo dei raggi X in ambito medico diagnostico e biologico.

In particolare, ha recentemente implementato in Geant4 gli effetti dell'interferenza molecolare nello scattering coerente dei raggi X. Ciò permette di simulare in maniera più realistica lo scattering dei tessuti ed effettuare una eventuale correzione, mediante appositi algoritmi, delle immagini diagnostiche mantenendo bassa la dose impartita al paziente. Inoltre, l'introduzione degli effetti coerenti permette di simulare ed ottimizzare gli esperimenti di Small Angle X-ray Scattering comunemente impiegati per la caratterizzazione di tessuti biologici e materiali. Tale implementazione è stata presentata da Gianfranco Paternò ad una conferenza ed è stata pubblicata su una rivista internazionale peer-reviewed.

Gianfranco Paternò si sta inoltre occupando dello studio del potenziale utilizzo in ambito medico e biologico della radiazione da inverse Compton Scattering. Un'applicazione particolarmente promettente è il K-edge subtraction imaging (KES). Il KES è una tecnica che sfrutta la sottrazione di 2 immagini prese a 2 due energie, una leggermente superiore ed una leggermente inferiore al k-edge di un mezzo di contrasto iniettato al paziente, per massimizzare il segnale delle arterie piene di mezzo di contrasto, eliminando virtualmente il segnale dovuto alle strutture anatomiche circostanti. La validità di tale tecnica sfruttando la luce di sincrotrone è già stata dimostrata da vari studi su pazienti, mentre le performance ottenibili grazie alle peculiarità delle sorgenti ICS sono ancora da investigare.

Elenco pubblicazioni

Articoli sottomessi a riviste peer-reviewed

- G. Paternò, P. Cardarelli, M. Gambaccini, L. Serafini, V. Petrillo, I. Drebot, A. Taibi, - *Inverse Compton radiation: a novel X-ray source for K-edge subtraction angiography?* - submitted to *Physics in Medicine and Biology* (**under review**).

Articoli su riviste peer-reviewed

2019

- L. Serafini et al. - *MariX, an advanced MHz-class repetition rate X-ray source for linear regime time-resolved spectroscopy and photon scattering* - *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A* (2019) - <https://doi.org/10.1016/j.nima.2019.03.096> (**accepted**).

2018

- R. Camattari, M. Romagnoni, A. Mazzolari, **G. Paternò**, V. Guidi, T. Buslaps - *Thick self-standing bent crystals as optical elements for a Laue lens for applications in astrophysics* - *Experimental Astronomy* (2018) - <https://doi.org/10.1007/s10686-018-9603-4>.
- G. Cappello, O. Adriani, S. Albergo, M. Andreotti, D. Berto, R. Borgheresi, P. Cardarelli, R. Ciaranfi, E. Consoli, G. Di Domenico, F. Evangelisti, M. Gambaccini, G. Graziani, M. Lenzi, M. Marziani, L. Palumbo, G. Passaleva, **G. Paternò**, M. G. Pellegriti, A. Serban, O. Starodubtsev, M. Statera, A. Tricomi, A. Variola and M. Veltri - *Collimation and characterization of ELI-NP gamma beam* - *International Journal of Modern Physics: Conference Series Vol. 48* (2018) 1860116 (11 pages).
- **G. Paternò**, P. Cardarelli, C. Contillo, M. Gambaccini and A. Taibi - *Geant4 implementation of inter-atomic interference effect in small-angle coherent X-ray scattering for materials of medical interest* - *Physica Medica* 51 (2018) 64-70.
- P. Cardarelli, **G. Paternò**, G. Di Domenico, E. Consoli, M. Marziani, M. Andreotti, F. Evangelisti, S. Squerzanti, M. Gambaccini, S. Albergo, G. Cappello, A. Tricomi, M. Veltri, O. Adriani, R. Borgheresi, G. Graziani, G. Passaleva, A. Serban, O. Starodubtsev, A. Variola and L. Palumbo - *A gamma beam profile imager for ELI-NP Gamma Beam System* - *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A* 893 (2018) 109-116.

2017

- **G. Paternò**, P. Cardarelli, M. Marziani, E. Bagli, F. Evangelisti, M. Andreotti, M. Gambaccini, V. Petrillo, I Drebot, A. Bacci, C. Vaccarezza, L. Palumbo, A. Variola - *A collimation system for ELI-NP Gamma Beam System - design and simulation of performance* - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 402 (2017) 349-353.
- M.G. Pellegriti, S. Albergo, O. Adriani, M. Andreotti, D. Berto, R. Borgheresi, G. Cappello and P. Cardarelli, E. Consoli, G. Di Domenico, F. Evangelisti, M. Gambaccini, G. Graziani, M. Lenzi, M. Marziani, L. Palumbo, G. Passaleva, **G. Paternò**, A. Serban, S. Squerzanti, O. Starodubtsev, A. Tricomi, A. Variola, M. Veltri and B. Zerbo - *The Nuclear Resonance Scattering Calibration Technique for the EuroGammaS Gamma Characterisation System at ELI-NP-GBS* - Journal of Instrumentation, Volume 12, March 2017, C03058.
- R. Camattari, **G. Paternò**, M. Romagnoni, V. Bellucci, A. Mazzolari and Vincenzo Guid - *Homogeneous self-standing curved monocrystals, obtained using sandblasting, to be used as manipulators of hard X-rays and charged particle beams* - J. Appl. Cryst. (2017). 50, 145-151.

2016

- V. Bellucci, R. Camattari, **G. Paternò**, V. Guidi and A. Mazzolari - *Origin of quasi-mosaic effect for symmetric skew planes in a silicon or germanium plate* - Valerio Bellucci et al. - J. Appl. Cryst. (2016). 49, 1810-1813.
- **G. Paternò**, M. Marziani, R. Camattari, V. Bellucci, A. Mazzolari, M. Gambaccini and V. Guidi - *Laue lens to focus an X-ray beam for radiation therapy* - J. Appl. Cryst. (2016) 49, 468-478.

2015

- V. Bellucci, R. Camattari, V. Guidi, A. Mazzolari, **G. Paternò**, G. Mattei, C. Scian and L. Lanzoni - *Ion implantation for manufacturing bent and periodically bent crystals* - Applied Physics Letter (2015) 107, 064102-064102-5.
- A. Mazzolari, R. Camattari, V. Bellucci, **G. Paternò**, C. Scian, G. Mattei and V. Guidi - *Manufacturing of Advanced Laue Optics for Gamma Observations (LOGOS)* - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B (2015) 355, 297-300.
- **G. Paternò**, V. Bellucci, R. Camattari and V. Guidi - *Design study of a Laue lens for nuclear medicine* - J. Appl. Cryst. (2015) 48, 125-137.

- V. Bellucci, **G. Paternò**, R. Camattari, V. Guidi, M. Jentschel and P. Bastie - *High-efficiency diffraction and focusing of X-rays through asymmetric bent crystalline planes* - J. Appl. Cryst. (2015) 48, 297-300.

2014

- R. Camattari, **G. Paternò**, V. Bellucci and V. Guidi - *Quasi-mosaicity of (311) planes in silicon and its use in a Laue lens with high-focusing power* - Experimental Astronomy (2014) 38, 417-431.
- R. Camattari, **G. Paternò**, A. Battelli, V. Bellucci, P. Bastie and Vincenzo Guidi - *High-efficiency focusing of hard X-rays exploiting the quasi-mosaic effect in a bent germanium crystal* - J. Appl. Cryst. (2014) 47, 799-802.

Atti di congresso (Proceedings)

2018

- L. Serafini, A. Bacci, F. Broggi, A. Bosotti, S. Coelli, C. Curatolo, I. Drebot, L. Faillace, D. Giannotti, D. Giove, C. Meroni, P. Michelato, L. Monaco, P. Paparella, F. Prelz, A. R. Rossi, D. Sertore, M. Statera, F. Tomasi, V. Torri, R. Saban, A. Esposito, A. Gallo, C. Vaccarezza, F. Camera, F. Castelli, S. Cialdi, F. Groppi, B. Paroli, G. Onida, L. Perini, V. Petrillo, N. Piovella, P. Piseri, M. Potenza, M. Rossetti Conti, G. Rossi, A. Castoldi, G. Galzerano, G. Ghiringhelli, G. Guazzoni, M. Moretti, E. Pinotti, E. Puppini, A. Tagliaferri, F. Stellato, M. Placidi, G. Turchetti, S. Di Mitri, R. Calandrino, A. Delvecchio, P. Cardarelli, M. Gambaccini, **G. Paternò**, A. Taibi, G. Mettievier, P. Russo, A. Sarno - *The MariX Source (Multidisciplinary Advanced Research Infrastructure with X-rays)* - Proceedings of IPAC2018, Vancouver, BC, Canada, doi:10.18429/JACoW-IPAC2018-THPMF058.
- I. Drebot, D. Giannotti, L. Serafini, S. Cialdi, V. Petrillo, P. Cardarelli, M. Gambaccini, **G. Paternò**, A. Taibi, R. Calandrino, A. Delvecchio, G. Galzerano - *Multi Colour X-ray Inverse Compton Back-Scattering Source* - Proceedings of IPAC2018, Vancouver, BC, Canada, doi:10.18429/JACoW-IPAC2018-THPMF057.
- I. Drebot, A. Bacci, A. Bosotti, F. Broggi, C. Curatolo, L. Faillace, D. Giannotti, D. Giove, P. Michelato, L. Monaco, P. Paparella, F. Prelz, R. Rossi, L. Serafini, D. Sertore, M. Statera, V. Torri, S. Cialdi, V. Petrillo, M. Rossetti Conti, G. Galzerano, E. Puppini, A. Tagliaferri, A. Esposito, A. Gallo, C. Vaccarezza, M. Placidi, G. Turchetti, G. Mettievier, P. Russo, A. Sarno, P. Cardarelli, M. Gambaccini, **G. Paternò**, A. Taibi, R. Calandrino, A. Delvecchio - *Optimisation Study of the Fabry-Pérot Optical Cavity for the*

MARIX/BRIXS Compton X-Ray Source - Proceedings of IPAC2018, Vancouver, BC, Canada, doi:10.18429/JACoW-IPAC2018-THPMF056.

- P. Cardarelli, **G. Paternò**, G. Di Domenico, E. Consoli, M. Marziani, M. Andreotti, F. Evangelisti, S. Squerzanti, M. Gambaccini, S. Albergo, G. Cappello, A. Tricomi, M. Veltri, O. Adriani, R. Borgheresi, G. Graziani, G. Passaleva, A. Serban, O. Starodubtsev, A. Variola - *Gamma beam collimation system and profile imager for ELI-NP* - PM2018 -14th Pisa Meeting on Advanced Detectors, 27 May - 02 June 2018, Isola d'Elba (Italy) - NIM-A proceedings (in press).
- M. Veltri, O. Adriani, S. Albergo, M. Andreotti, R. Borgheresi, G. Cappello, P. Cardarelli, R. Ciaranfi, E. Consoli, G. Di Domenico, F. Evangelisti, M. Gambaccini, G. Graziani, M. Lenzi, F. Maletta, M. Marziani, G. Passaleva, **G. Paternò**, A. Serban, S. Squerzanti, O. Starodubtsev, A. Tricomi, A. Variola - *A γ calorimeter for the monitoring of the ELI-NP beam* - PM2018 -14th Pisa Meeting on Advanced Detectors, 27 May - 02 June 2018, Isola d'Elba (Italy) - NIM-A proceedings (in press).
- R. Borgheresi, O. Adriani, S. Albergo, M. Andreotti, G. Cappello, P. Cardarelli, R. Ciaranfi, E. Consoli, G. Di Domenico, F. Evangelisti, M. Gambaccini, G. Graziani, M. Lenzi, F. Maletta, M. Marziani, G. Passaleva, **G. Paternò**, A. Serban, S. Squerzanti, O. Starodubtsev, A. Tricomi, A. Variola, M. Veltri - *A Compton Spectrometer to monitor the ELI-NP beam energy* - PM2018 -14th Pisa Meeting on Advanced Detectors, 27 May - 02 June 2018, Isola d'Elba (Italy) - NIM-A proceedings (in press).
- G. Cappello, O. Adriani, S. Albergo, M. Andreotti, R. Borgheresi, P. Cardarelli, E. Consoli, G. Di Domenico, F. Evangelisti, M. Gambaccini, G. Graziani, N. Guardone, A. Italiano, M. Lenzi, M. Marziani, G. Passaleva, **G. Paternò**, A. Serban, S. Squerzanti, O. Starodubtsev, A. Tricomi, A. Variola, M. Veltri - *Nuclear Resonant Scattering for γ -Beam Characterization procedure at ELI-NP* - PM2018 -14th Pisa Meeting on Advanced Detectors, 27 May - 02 June 2018, Isola d'Elba (Italy) - NIM-A proceedings (in press).

Abstract di contributi a conferenze

- **G. Paternò**, P. Cardarelli, C. Contillo, M. Gambaccini and A. Taibi - *Geant4 implementation of inter-atomic interference effect in small-angle coherent X-ray scattering for materials of medical interest* - Phys Med. 2018 Jan; 45 Suppl 1:S2-S3. doi: 10.1016/j.ejmp.2017.11.028.

Poster

- P. Cardarelli, O. Adriani, S. Albergo, M. Andreotti, R. Borgheresi, G. Cappello, E. Consoli, G. Di Domenico, F. Evangelisti, M. Gambaccini, G. Graziani, M. Marziani, G. Passaleva, **G. Paternò**, A. Serban, S. Squerzanti, O. Starodubtsev, A. Tricomi, M. Veltri, A. Variola - *Gamma beam collimation system and profile imager for ELI-NP* - PM2018 -14th Pisa Meeting on Advanced Detectors, 27 May - 02 June 2018, Isola d'Elba (Italy).
- **G. Paternò** et al. - *Overview of the collimation and characterization system of the ELI-NP Gamma Source* - Advanced Summer School on "Laser-Driven Sources of High Energy Particles and Radiation", Capri, 9 - 16 luglio 2017.

Report di turni di misura in facility

- R. Camattari, **G. Paternò**, V. Bellucci, M. Romagnoni, A. Mazzolari, and V. Guidi - *New generation of self-standing bent Si and Ge crystals to be used for hard X-rays focalization* - ILL, DIGRA, 3-03-773, Novembre 2016.
- R. Camattari, **G. Paternò**, V. Bellucci, M. Romagnoni, A. Mazzolari, and V. Guidi - *Bent thick crystals as optical elements for focusing hard X-rays* - ILL, DIGRA, 3-03-766, Gennaio 2016.
- R. Camattari, A. Mazzolari, V. Bellucci, **G. Paternò**, C. Scian, E. Virgilli, and V. Guidi - *New techniques for the production of quasi mosaic crystals for high resolution Laue lens* - ESRF, linea ID15A, MI-1021, Luglio 2014.
- R. Camattari, V. Bellucci, **G. Paternò**, G. Germogli, and V. Guidi - *Quasi-mosaic as optical components of a high-resolution focusing Laue lens* - ILL, DIGRA, 3-03-751, Settembre 2013.