

TERA (Terahertz ERA)

Call Commissione V 2018-2020

Coordinatore nazionale: **S. Lupi** (Roma 1)

Sezioni proponenti:

Roma 1 (*Responsabile Locale M. Petrarca*) **5 FTE**

LNF (*Responsabile Locale M. Cestelli Guidi*) **3 FTE**

Torino (*Responsabile Locale G. Ghigo*) **1.6 FTE**

Napoli Federico II + Sannio (*Respons. Locale A. Andreone*)
3.2 FTE

Totale ~13 FTE

International scenario

J. Phys. D: Appl. Phys. 50 (2017) 043001 (49pp)

doi:10.1088/1361-6463/50/4/043001

Topical Review

The 2017 terahertz science and technology roadmap

S S Dhillon¹, M S Vitiello², E H Linfield³, A G Davies³,
Matthias C Hoffmann⁴, John Booske⁵, Claudio Paoloni⁶, M Gensch⁷,
P Weightman⁸, G P Williams⁹, E Castro-Camus¹⁰, D R S Cumming¹¹,
F Simoens¹², I Escorcia-Carranza¹¹, J Grant¹¹, Stepan Lucyszyn¹³,
Makoto Kuwata-Gonokami¹⁴, Kuniaki Konishi¹⁴, Martin Koch¹⁵,
Charles A Schmuttenmaer¹⁶, Tyler L Cocker¹⁷, Rupert Huber¹⁷,
A G Markelz¹⁸, Z D Taylor¹⁹, Vincent P Wallace²⁰, J Axel Zeitler²¹,
Juraj Sibik²¹, Timothy M Korter²², B Ellison²³, S Rea²³, P Goldsmith²⁴,
Ken B Cooper²⁵, Roger Appleby²⁶, D Pardo²³, P G Huggard²³, V Krozer²⁷,
Haymen Shams²⁸, Martyn Fice²⁸, Cyril Renaud²⁸, Alwyn Seeds²⁸,
Andreas Stöhr²⁹, Mira Naftaly³⁰, Nick Ridler³⁰, Roland Clarke³¹.

TERA 2018-2020: Motivazioni Scientifiche

La radiazione terahertz ($1 \text{ THz} = 33 \text{ cm}^{-1} = 4 \text{ meV} = 300 \text{ }\mu\text{m} = 48 \text{ K} = 1 \text{ ps}$) rappresenta uno strumento scientifico e tecnologico all'avanguardia in diversi campi della Fisica di interesse per l'INFN. Questi vanno dalle nuove tecniche di accelerazione di particelle (dall'accelerazione alla loro diagnostica), alla Fisica medica, ai detectors per la materia oscura, ad apparati opto-elettronici per la manipolazione delle proprietà della radiazione (fase, ampiezza, polarizzazione), ai materiali innovativi.

Il progetto TERA (Terahertz ERA), si basa sullo sviluppo di una sorgente di radiazione THz che avrà caratteristiche uniche: alta intensità (campo elettrico associato 10-50 MV/cm; breve durata 50 fs, alta rep-rate 1 KHz, polarizzazione modulabile, beam-shaping), e che verrà montata in un laboratorio dedicato presso il Dipartimento di Fisica della Sapienza. Attorno a questa sorgente si svilupperanno diverse ricerche (tecniche di accelerazione, detector, materiali innovativi, dispositivi per controllare le proprietà della radiazione THz), in sinergia con le sezioni partecipanti (LNF, Torino, Napoli). Altri enti di ricerca: La Sapienza, CNR, IIT, parteciperanno a questa iniziativa.

Terahertz ERA (TERA)

THz cavities
THz and
Beam
Dynamics,
Metamateria
IDetectors
LNF

**THz
High
Intensity
Laser-
Based
Source
Roma1**

THz
Optics
**Napoli
Federico II
e Sannio**

Super
conducting
THz
Detectors
**Politecnico
Torino**

Work-Package

- **WP1 Roma Sapienza:** Sviluppo di una sorgente THz da laser con le seguenti caratteristiche: Rep Rate 1 KHz; Energia/impulso 300 μ J, Campo elettrico associato $E=10-50$ MV/cm; Durata temporale $t=50$ fs; Banda spettrale 50 GHz-10 THz; Polarizzazione variabile (Lineare, radiale, circolare, ...) → **S. Lupi, M. Petrarca;**
- **WP2 LNF:** Studio della beamdynamics in strutture acceleranti THz per l'ottimizzazione di processi di accelerazione da single-stage a multistage linac. Simulazioni Start-to-end per dimostrare la possibilità di avere alta brillantezza e determinare il punto di lavoro per un Free Electron Laser → **E. Chiadroni;**
- **WP3 LNF+Torino:** Sviluppo di detectors a metamateriali superconduttivi, passivi e tunabili; Caratterizzazione spettroscopica in intensità, polarizzazione e campo elettrico; Sviluppo di detectors a superconduttori. Caratterizzazione spettroscopica in intensità, polarizzazione e campo elettrico → **G. Ghigo;**
- **WP4 Napoli-Federico II e Università del Sannio:** Sviluppo di materiali innovativi THz; Ottiche sotto diffrattive a metamateriali; Studio spettroscopico di materiali per coating di cavità acceleranti THz; Dispositivi attivi e passivi per il controllo della fase, ampiezza e polarizzazione della radiazione THz → **A. Andreone;**

Time Schedule

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
2018	<ol style="list-style-type: none">1) Aquisizione di un laser Ti:Sa al fs (1 KHz, 35 fs, 5 mJ): Roma1;2) Realizzazione di una sorgente THz da cristalli non lineari e plasma. Roma1;3) Sviluppo di detectors a metamateriali per THz: LNF;4) Sviluppo di programmi di simulazione per dinamica di fasci elettronici sotto THz intenso: LNF;5) Sviluppo di detectors superconduttivi THz: Torino;6) Progettazione di ottiche THz attive: Napoli;
2019	<ol style="list-style-type: none">1) Caratterizzazione dell'emissione THz dal laser e sviluppo di diagnostica THz single shot: Roma1;2) Sviluppo di tecniche di amplificazione THz: Roma1;3) Primi test detector metamateriali: LNF;4) Primi test detector superconduttivi: Torino;5) Primi test ottiche attive THz: Napoli;
2020	<ol style="list-style-type: none">1) Studio <i>beam dynamics</i> per fasci sotto radiazione THz intensa: LNF;2) Modulazione attiva polarizzazione THz: Napoli;3) Caratterizzazione figure di merito detector: Torino;4) Test di cavità acceleranti: LNF;

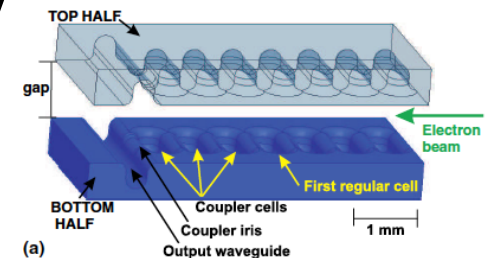
WP2@LNF

- Accelerator R&D: compactness and cost reduction, but preserving the beam quality to drive novel applications

- increase the accelerating field, i.e., increase RF frequency

- W-band (250 GHz)

We propose to study and optimize the design of the structure and its material to decrease RF breakdown rate, to achieve accelerating gradients > 300 MV/m



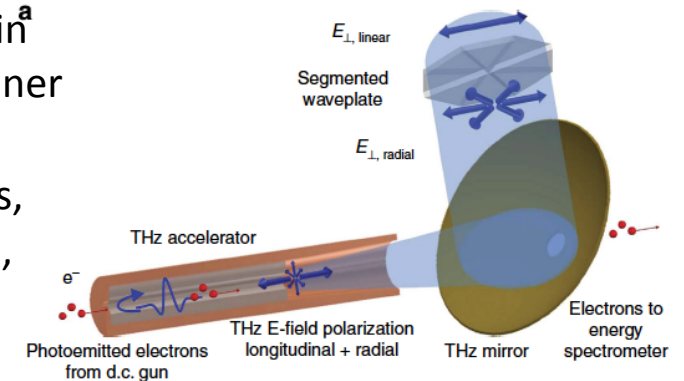
M. Dal Forno et al., PHYS. REV. ACCEL. BEAMS **19**, 111301 (2016)

- Novel acceleration concepts

- THz-based

We propose to investigate the electron beam dynamics in dielectric-loaded circular THz waveguides, to optimize inner diameter and thickness of the dielectric

The acceleration process, looking at the beam brightness, will be optimized first in single stage, then in multi-stage, aiming at the demonstration of a THz linac



E. Nanni et al., Nature Comms. **6:8486** (2015)

Collaborations (Expr. of Interest)

SLAC (Stanford)

We propose to combine researchers expertise with advanced nanofabrication technologies and SR radiation techniques to uncover the physics of novel tunable superconducting metamaterials. Below the image of a new metamaterial based detector realized to investigate the effects of far-IR irradiation on the vortex Mott states and transition.

LNF

Objectives

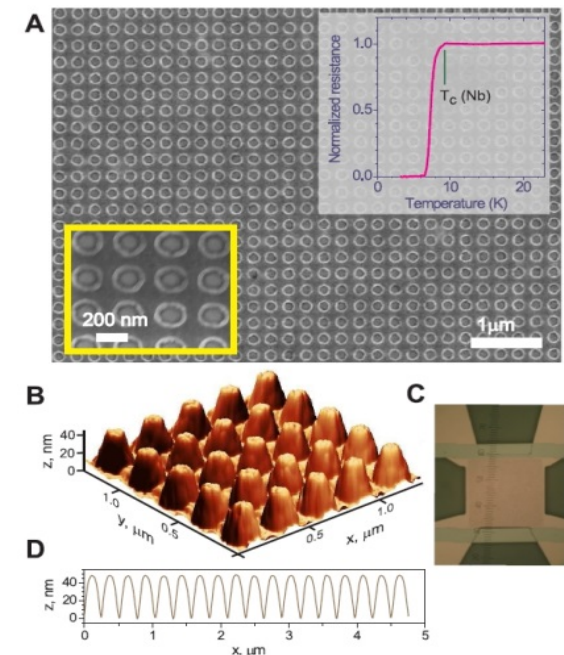
- i) design and realize novel (superconducting) metamaterials;
- ii) clarify the role of quantum-to-classical mapping in the context of the physical parameters of the device;
- iii) clarify the effects of THz irradiation on these new devices;
- iv) design new metamaterials-based detectors.

J Supercond Nov Magn
DOI 10.1007/s10948-016-3740-7

ORIGINAL PAPER

A Novel Particle/Photon Detector Based on a Superconducting Proximity Array of Nanodots

Daniele Di Gioacchino¹ · Nicola Poccia^{2,3} · Martijn Lankhorst² · Claudio Gatti¹ · Bruno Buonomo¹ · Luca Foggetta¹ · Augusto Marcelli^{1,4} · Hans Hilgenkamp²



Collaborations (Expr. of Interest)

Harvard University (Boston)

MEPhI University (Moscow)

Spettroscopia THz lineare, non lineare e risolta in tempo con sorgenti di radiazione di ultima generazione (Progetto MAECI 2017-19) Lupi (Coordinatore), Chiadroni e Marcelli

Anagrafica LNF 2018

- **M. Cestelli Guidi (Tec. 40%)**
- **E. Chiadroni (Ric. 20%)**
- **M. Ferrario (Dir. Ric. 10%)**
- **A. Marcelli (Primo Ric. 30%)**
- **G. Della Ventura (Associato LNF/Prof. Ord. 40%)**
- **P. De Padova (Associato LNF/Ric. 20%)**
- **R. Pompili (Ric. 20%)**
- **V. Shpakov (Ric. 20%, EuROFEL)**
- **B. Spataro (Associato LNF/Ric. 0%)**
- **Post-Doc da call (100%)**

Totale FTE 3

Nessuna richiesta di FTE ai servizi delle Div. Ricerca e Acceleratori di LNF

Richieste Finanziarie LNF

	FTE/year	1 st year	2 nd year	3 rd year	Total
Man Power	3.0	25 k€	25 k€	25 k€	75 k€
Consumo		10 k€	40 k€	15 k€	65 k€
Missioni		5 k€	5 k€	5 k€	15 k€
Total (k€)		40 k€	70 k€	45 k€	155 k€