

## **A1 Titolo dell'attività di ricerca**

Spettroscopia di materiali e sviluppo di dispositivi ad alta frequenza

## **A2 Responsabile**

*(aggiungere eventuale referente del Dipartimento se il Responsabile non è un afferente ad esso)*

Responsabile: Antonello Andreone

## **A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)**

Prof. Ordinari: Ruggero Vaglio

Prof. Associati: Antonello Andreone

## **A4 Collaborazioni con altri enti**

CNR

INFN

Università Sannio, Benevento

Middle East Technical University (METU), Ankara, Turkey

CERN

Southeast University, Nanjing, China

Tokyo University of Technology (TUAT), Tokyo, Japan

## **A5 Personale strutturato ricercatore o tecnologo altri enti convenzionati**

Gianrico Lamura (CNR-SPIN)

Maria Rosaria Masullo (INFN-Napoli)

Roberto Russo (CNR-IMM)

## **A6 Altro personale di ricerca (Assegnisti, Borsisti)**

Assegnisti: Gian Paolo Papari, Can Koral

## **A7 Dottorandi di Ricerca**

Giovanni Cavallo (DIETI)

## **B1 Breve descrizione della linea di ricerca**

*(max 1000 caratteri)*

La ricerca, prevalentemente sperimentale, si sviluppa su diverse linee che spaziano dalla fisica dei materiali all'elettromagnetismo applicato fino alla fotonica, tutte aventi come comune denominatore l'utilizzo di tecniche d'indagine alle alte frequenze e l'interazione radiazione-materia nella corrispondente regione di energia. Le attrezzature a disposizione del gruppo consentono di svolgere indagini dalla regione RF fino al vicino IF, grazie all'acquisizione nel corso degli anni di analizzatori di spettro e di campo vettoriale nella regione delle microonde (0.1-20 GHz), di due spettrometri nel dominio del tempo per la banda mm e THz (0.1-4 THz), e di uno FTIR-Microscopio per analisi a lunghezze d'onda comprese tra 1.2 e 30 micron. Completano la strumentazione una serie di criostati con diverse funzionalità per basse temperature (fino a 1.2 K) ed un magnete ad alto campo (10 T) *cryogen free*. Le attività si sviluppano su due diverse sedi, la prima "storica" presso la sede di Piazzale Tecchio del DF, la seconda di recente acquisizione presso il

centro CESMA di Ateneo sito in San Giovanni a Tedduccio.

Sinteticamente, gli argomenti attualmente oggetto di studio possono essere così elencati:

- spettroscopia in frequenza per la caratterizzazione (in particolare,  $Z_s$ ) di materiali
- spettroscopia coerente nel tempo per la caratterizzazione (in particolare,  $\epsilon$  complessa) di materiali
- sviluppo di diverse categorie di metamateriali, per superfici selettive in frequenza (FSS), per antenne, per cloaking, per dispositivi THz modulabili o digitali
- fotonica THz per bio-sensing
- imaging THz mediante compressive sampling per analisi non distruttiva

## **B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016**

(max 2000 caratteri)

Per quanto attiene i progetti applicativi, in D1 viene fornito l'elenco dei progetti più rilevanti ai quali il gruppo ha partecipato e sta continuando a partecipare, su tematiche quali strumentazione per *Homeland Security*, dispositivi per *Green Energy*, superfici selettive in frequenza e sistemi a radiofrequenza per avionica, sviluppo di nuove funzionalità per i materiali polimerici, metrologia e servizio alle imprese.

Per ciò che concerne specificamente la ricerca di base, l'interesse del gruppo si è concentrato soprattutto su due aspetti:

- spettroscopia THz su materiali diversi, soprattutto su sistemi polimerici con inclusioni di nanotubi (CNT). Lo studio ha avuto soprattutto l'obiettivo di sottoporre a indagine sistemi compositi con CNT *multiwalled* con diversa funzionalizzazione e/o concentrazione volumetrica e/o rapporto di aspetto. L'interesse risiede nell'enorme potenzialità che presenta la tecnica *time domain* di misurare la risposta coerente alla radiazione incidente del materiale oggetto di studio. Ciò consente di estrarre, secondo i casi, parametri quali la permittività dielettrica complessa o la conducibilità complessa in funzione della concentrazione e della frequenza.

- sviluppo di metamateriali, dapprima per la regione delle microonde, e successivamente per la regione THz. Nel primo caso, l'interesse si è concentrato sullo sviluppo di: (i) antenne compatte *metamaterial inspired* con caratteristiche composite *left- e right-handed* da utilizzare per la raccolta di energia e.m.; (ii) metasuperfici per il mascheramento (*cloaking*) di oggetti dielettrici e metallici mediante tecniche di cancellazione dello scattering. Nel secondo caso, l'attenzione è stata rivolta a metadispositivi modulabili in frequenza mediante meccanismi esterni sfruttando la birifrangenza di cristalli liquidi (controllo elettrico) oppure materiali superconduttori (controllo in temperatura).

Parallelamente a queste linee di ricerca è continuata l'attività "storica" di studio delle prestazioni di cavità acceleratrici superconduttive. Per tale attività è previsto un prosieguo nel prossimo triennio, grazie ad un rinnovato interesse del CERN dovuto allo sviluppo del nuovo collider circolare.

### **B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2017-2019**

*(max 2000 caratteri)*

Per il prossimo triennio, è prevedibile che l'attività si sviluppi, soprattutto per la ricerca di base, attraverso un potenziamento delle linee già attive. In particolare, dunque, verranno effettuate misure di spettroscopia THz su nuovi materiali, in particolare compositi a base di grafene e *grafene-like*, materiali organici, ossidi, superconduttori. Si sta inoltre implementando un sistema di spettroscopia non lineare già messo a punto per consentire misure con pompa ottica (OPTP, *Optical Pump THz Probe*).

In collaborazione con il CERN, si sta infine lavorando allo sviluppo di una nuova tecnica di caratterizzazione ad alte frequenze (sub-THz) in guida d'onda, per l'analisi della risposta in frequenza del carbonio amorfo che si intende utilizzare come materiale di rivestimento interno della beamline di CLIC (Compact Linear Collider).

Per la linea sui metamateriali, si punta alla realizzazione di metasuperfici "digitali" per il controllo della direzione di propagazione del fascio THz ed allo studio di una nuova tecnologia per la realizzazione di cloaking nella regione delle microonde. Verrà avviata inoltre una linea di sviluppo di metamateriali superconduttivi. La spettroscopia rf e a microonde verrà usata per la caratterizzazione di nuovi superconduttori quali i pnictidi oppure per misure in alti campi magnetici di materiali HTS, in collaborazione con il CERN. L'attenzione sarà inoltre focalizzata verso lo sviluppo di modelli per la dipendenza intrinseca dal campo rf della resistenza superficiale e di modelli termici (Kapitza) all'interfaccia Nb/He e Nb/Cu.

Un altro argomento di grande interesse al quale il gruppo sta già lavorando è quello della fotonica THz, sia per la realizzazione di nuovi dispositivi sia per lo sviluppo di sensori per la rilevazione di sostanze biologiche.

Per gli aspetti applicativi, vi sono diverse proposte di progetto già presentate o in via di sottomissione, su tematiche che spaziano dalla riduzione dell'interferenza elettromagnetica di strutture metalliche elettricamente grandi al imaging THz utilizzando il paradigma del *compressive sensing*.

E' infine prevista con il supporto della Regione Campania l'implementazione del sistema TDS (*Time Domain Spectrometer*) del centro CESMA, per ampliare la massima frequenza di operazione a 10 THz.

Per poter centrare i diversi obiettivi si punterà al potenziamento sia delle attrezzature sia delle risorse umane, attraverso l'impiego di nuovi assegnisti di ricerca e possibilmente con l'acquisizione di 1-2 studenti di dottorato.

### **C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016/7**

*(indicare il numero complessivo nel triennio e elencare le più significative (max 10))*

N. complessivo: 20

Pubblicazioni più significative:

1) Omaghali N. E. J., Tkatchenko V., Andreone A., Abbate G., *Optical sensing using dark mode excitation in an asymmetric dimer metamaterial*, *Sensors* **14**, 272-282

- (2014).
- 2) Palmieri V., Vaglio R., *Evidence for thermal boundary resistance effects on superconducting radiofrequency cavity performances*, Supercon Sci Techn **27**, 085004 (2015).
  - 3) Palmieri V., Vaglio R., *Thermal contact resistance at the Nb/Cu interface as a limiting factor for sputtered thin film RF superconducting cavities*, Supercon Sci Techn **29**, 015004 (2015).
  - 4) Casini R., Papari G., Andreone A., Marrazzo D., Patti A., Russo P., *Dispersion of carbon nanotubes in melt compounded polypropylene based composites investigated by THz spectroscopy*, Opt Expr **23**, 18181 (2015).
  - 5) Vitiello A., Moccia M., Papari G. P., D'Alterio G., Vitiello R., Galdi V., Andreone A., *Waveguide Characterization of S-Band Microwave Mantle Cloaks for Dielectric and Conducting Objects*, Scientific Reports **6**, 19716 (2016).
  - 6) N. Chikhi, M. Lisitskyi, V. Thatchenko, G. Papari, and A. Andreone, *A hybrid tunable THz metadvice using a high birefringence liquid crystal*, Scientific Reports **6**, 34536 (2016).
  - 7) Baumans, X.D.A., Cerbu, D., Adami, O.-A., Zharinov, V.S., Verellen, N., Papari, G., Scheerder, J.E., Zhang, G., Moshchalkov, V.V., Silhanek, A.V., Van De Vondel, J. *Thermal and quantum depletion of superconductivity in narrow junctions created by controlled electromigration*, Nature Communications **7**, 10560 (2016).
  - 8) S.Calatroni, A.Miyazaki, G.Rosaz, A.Sublet, W.Venturini Delsolaro, R.Vaglio and V.Palmieri, *Performance analysis of superconducting rf cavities for the CERN rare isotope accelerator*, Physical Review Accelerators and Beams, **19**, 0920021-7 (2016).
  - 9) Papari G., Andreone A., *Equivalent model for the phase dynamics of a metamaterial inspired patch antenna*, J Appl Phys **119**, 084505 (2016).
  - 10) G. Papari, V. Gargiulo, M. Alfè, R. Di Capua, A. Pezzella, and A. Andreone, *THz spectroscopy on graphene-like materials for bio-compatible devices*, J. Appl. Phys. **121**, 145107 (2017).

## **C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali**

*(solo se lo speaker è tra il personale elencato nel punto A3)*

Antonello Andreone, 3rd Mediterranean Photonic Conference (MePhoCo 2014), Trani, Italy

Antonello Andreone, International Conference on "Semiconductor Mid-IR Materials and Optics" (SMMO 2014), Marburg, Germany

Antonello Andreone, International Conference on "Science and Applications of thin films" (SATF 2014), Izmir, Turkey

Ruggero Vaglio, European Conference on "Applied Superconductivity" (EUCAS 2014) Genova, Italy

Antonello Andreone, International Conference on "Semiconductor Mid-IR Materials and Optics" (SMMO 2015), Prague, Czech Republic

### C3 Presentazioni di brevetti internazionali e nazionali

#### **European Patent MI2013A00508**

“Surface treatments performed outside of Superconducting Cavities (both bulk niobium and niobium thin films on copper) in order to increase the quality factor and the accelerating field, thanks to the reduction of the Thermal Boundary Resistance between the superconductor and liquid helium”  
(R. Vaglio)

### D1 Progetti di ricerca attivi

*(Progetti di Enti di ricerca, Progetti Europei, Progetti MIUR, PON, POR, ...)*

- Made in Italy (MISE):

**“MELISSA, Microwave Electronic Imaging Security and Safety Access”**

- PON Distretti Tecnologici:

**“FUZI, Sistemi Polimerici con FunZionalità Integrate”**

**“GREEN, Materiali Polimerici per la Generazione ed il Recupero di Energia da Fonti Rinnovabili”**

- Contratto di sviluppo (MISE)

**“SIRena, Sviluppo e Industrializzazione Sistemi a Radiofrequenza e Finestre elettromagnetiche”**

- Contratto di programma (Regione Campania)

**“WISCH, Work Into Shaping Campania’s Home”**

- PON Infrastrutture:

**“CESMA, Centro di Servizi di Misure Avanzate”**

- Progetto di Ateneo:

**“Industria 4.0”**

- Progetto CNR-SPIN (con il CERN):

**“Development of a next generation TI based superconducting coating to reducing the CERN-FCC/hh beam screen impedance”**

- Progetti INFN Gruppo V

**“ISIDE”, “MICA”**