

SILVIA TOFANI

Consortium  
**GARR**

THE ITALIAN  
EDUCATION  
& RESEARCH  
NETWORK

# Progettazione e caratterizzazione di antenne ad onda leaky ad alta direttività per lo sviluppo di comunicazioni wireless nel terahertz



GIORNATA DI INCONTRO  
BORSE DI STUDIO GARR  
"ORIO CARLINI"  
06 DICEMBRE 2018 ROMA

Roma, 06 dicembre 2018

Borsisti day 2018

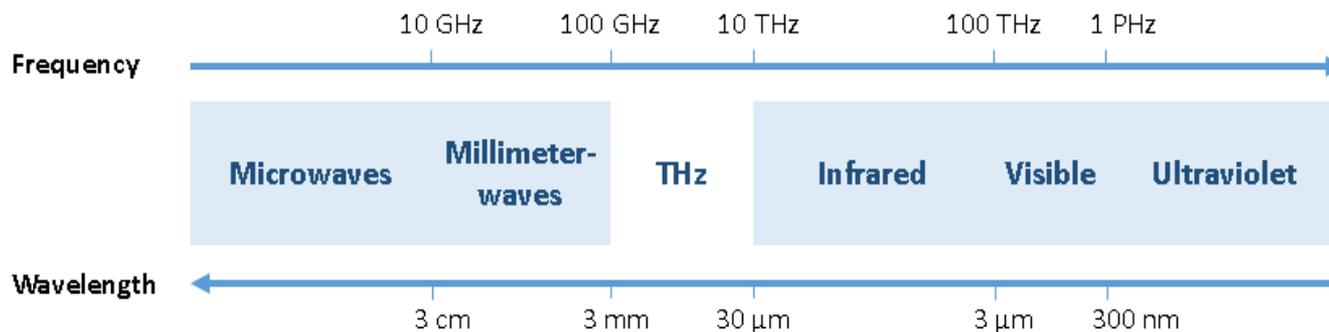


# Contenuti della presentazione

- La radiazione terahertz
- Comunicazioni wireless nel terahertz
- Antenne ad onda leaky:
  - Definizione
  - Vantaggi
  - Esempi
- Cronoprogramma dell'attività di ricerca
- Obiettivi
- Risultati attesi



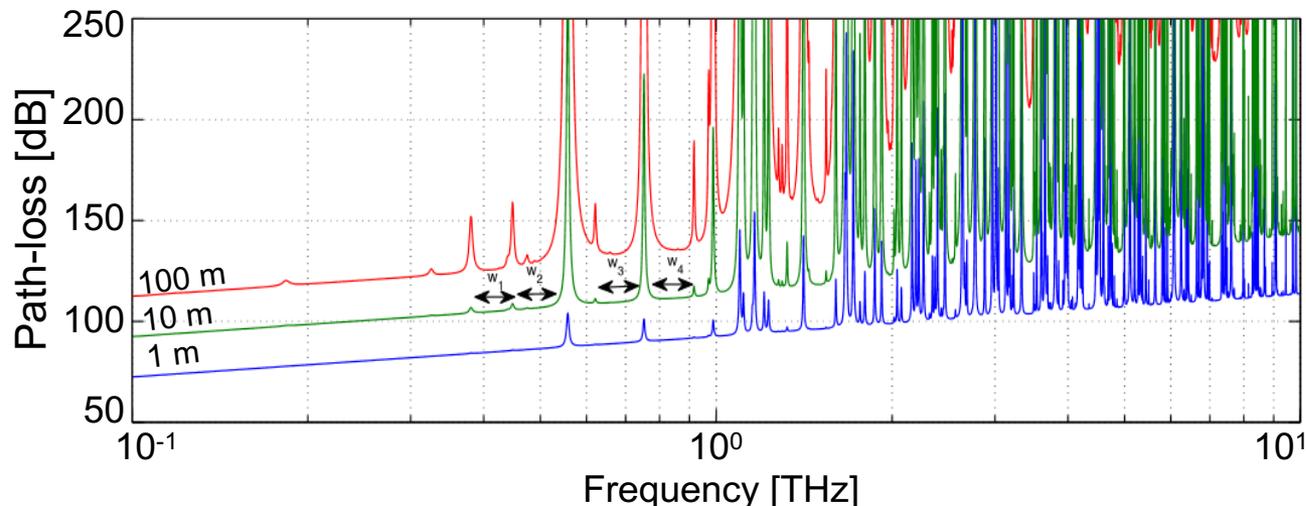
# La radiazione Terahertz



- Anello di congiunzione tra mondo **ottico** ed **elettronico**
- Non ne esiste una **definizione univoca**
  - Generalmente: 0.1 – 10 THz
- **Gap tecnologico**: 0.3 – 3 THz



# La comunicazione wireless nel Terahertz



Bande idonee allo sviluppo di collegamenti wireless nel THz:

- 0,38 - 0,44 THz
- 0,45 - 0,52 THz
- 0,62 - 0,72 THz
- 0,77 - 0,92 THz

I. F. Akyildiz, J. M. Jornet, and C. Han, *Phys. Commun.*, vol. 12, pp. 16–32, Sep. 2014.

Pro	Contro
Possibilità di trasmettere con velocità del Tbps	Elevate perdite per scattering del segnale THz
Riduzione dei rischi per la salute	Tecnologia giovane e non ancora matura



# Antenne ad onda leaky: definizione

Nelle bande THz selezionate, le **perdite** per scattering risultano elevate



Richiesta di antenne ad alta **direttività** e alto **guadagno**



Antenne ad **onda leaky**

Il **formalismo «leaky»** permette di descrivere le antenne ad onda viaggiante come se fossero **strutture guidanti**:

- Il modulo del vettore d'onda è **complesso**:  $k_z = \beta_z - j\alpha_z$   
→ perdite per **irraggiamento**

**Antenne** ad onda leaky:

- Strutture guidanti che perdono radiazione
- La radiazione persa ha **elevata direttività**



# Antenne ad onda leaky: vantaggi ed esempi

Ground Plane

Air  
Polymer  
Alumina  
Liquid crystals

$i = N$   
 $i = N-1$

$i = 4$   
 $i = 3$   $h_3 = (2p-1)\lambda_{LC}/2$   
 $i = 2$   $h_2 = (2n-1)\lambda_w/2$   
 $i = 1$   $h_1 = m\lambda_{sub}/2$

Ground Plane

esempio

- Fabbricabili con materiali a **basso costo**,
- Leggere e **semplici** da integrare in dispositivi compatti
- Conformabili e con buone prestazioni se **curvate**
- Possibilità di layout con **controllo elettro-ottico** dell'angolo di puntamento (steering del fascio)

Ground Plane

Zeonor  
PEC / Aluminum

Ground Plane

esempio



# Cronoprogramma dell'attività: Trimestre 1

1. Studio di **simulazione**  
dell'adattamento d'impedenza tra  
antenna leaky e segnale in guida



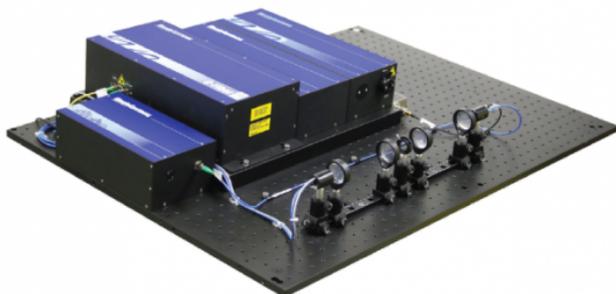
2. **Fabbricazione** in camera pulita di  
prototipi di antenna





# Cronoprogramma dell'attività: Trimestre 2

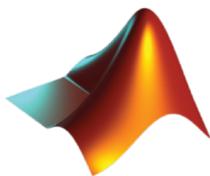
1. **Caratterizzazione sperimentale**  
dei prototipi alle frequenze  
millimetriche e del terahertz



<http://www.menlosystems.com/en/products/thz-time-domain-solutions/all-fiber-coupled-terahertz-spectrometer/>



2. **Analisi dei dati** sperimentali



MATLAB

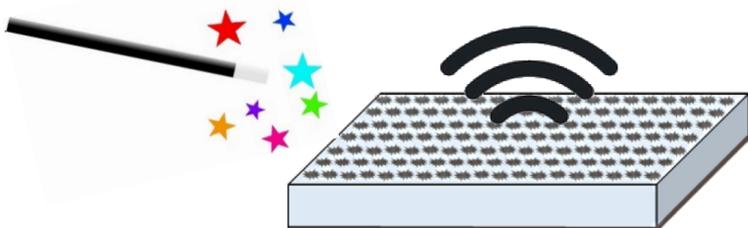
3. **Disseminazione** e valorizzazione  
dei risultati



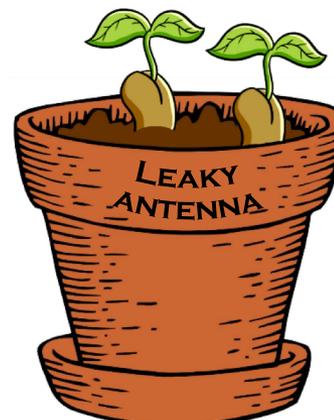


# Cronoprogramma dell'attività: Trimestre 3

1. Eventuale **ottimizzazione** delle strutture caratterizzate



3. **Disseminazione** e valorizzazione dei risultati



2. Progettazione e simulazione di **nuove geometrie**





# Cronoprogramma dell'attività: Trimestre 4

## 1. Fabbricazione di **nuovi prototipi**

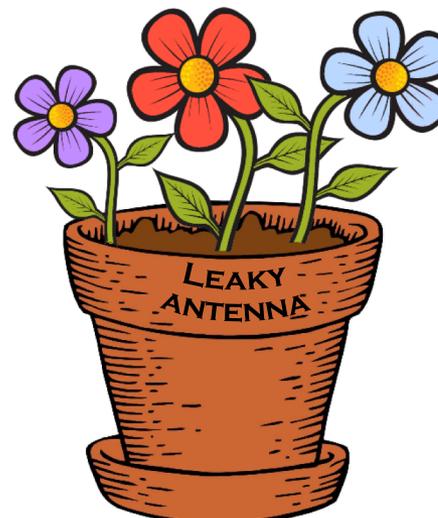


 Institute for  
Microelectronics  
and Microsystems

## 2. Studio preliminare di **array** di antenne leaky per il terahertz



## 3. **Disseminazione** e valorizzazione dei risultati





## Obiettivo del lavoro

- Contribuire attivamente al controllo e alla manipolazione della radiazione THz
  
- Rendere possibile, nel prossimo futuro, la realizzazione di **comunicazioni wireless**:
  - **sempre più veloci**
  - facilmente raggiungibili a tutti
  - che si fondino su una tecnologia **affidabile** e a **basso costo**



# Risultati attesi

- Nuovi **studi numerici di antenne planari**
  - architettura facilmente scalabile in funzione della frequenza di funzionamento
- Un **prototipo fabbricato** di antenna per THz e onde millimetriche
- Evidenza sperimentale del **funzionamento del prototipo nella banda di interesse**
  - direttività maggiore o prossima a 20 dB
  - guadagno d'antenna maggiore o prossimo a 19 dB



# Bibliografia

## Riviste:

- [1] W. Fuscaldo, S. Tofani, D.C. Zografopoulos, P. Baccarelli, P. Burghignoli, R. Beccherelli, and A. Galli, "Systematic design of THz leaky-wave antennas based on homogenized metasurfaces," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 66 n. 3, pp. 1169-1178, Jan. 2018.
- [2] W. Fuscaldo, S. Tofani, D.C. Zografopoulos, P. Baccarelli, P. Burghignoli, R. Beccherelli, and A. Galli, "Tunable Fabry-Perot cavity THz antenna based on leaky-wave propagation in nematic liquid crystals," *Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 16, pp. 2046-49, Apr. 2017.

## Conferenze:

- [3] S. Tofani, W. Fuscaldo, D.C. Zografopoulos, P. Burghignoli, P. Baccarelli, R. Beccherelli, and A. Galli, "Design-flow of Fabry-Perot cavity leaky-wave antennas based on homogenized metasurfaces," *Eur. Conf. Antennas Propag. (EuCAP 2019)*, submitted.
- [4] W. Fuscaldo, S. Tofani, P. Burghignoli, P. Baccarelli, A. Notargiacomo, S. Cibella, M. Pea, P. Carelli, N. Mishra, C. Coletti, and A. Galli, "Graphene-based Fabry-Perot cavity leaky-wave antennas: towards an experimental validation," *European Microwave Week 2018*, in press.
- [5] S. Tofani, W. Fuscaldo, D.C. Zografopoulos, P. Baccarelli, P. Burghignoli, R. Beccherelli, and A. Galli, "Spatial dispersion analysis of homogenized metasurfaces for terahertz leaky-wave antennas," *Eur. Conf. Antennas Propag. (EuCAP 2018)*, in press.
- [6] W. Fuscaldo, S. Tofani, P. Baccarelli, P. Burghignoli, D.C. Zografopoulos, R. Beccherelli, and A. Galli, "A reconfigurable multilayered THz leaky-wave antenna employing liquid crystals," *Eur. Conf. Antennas Propag. (EuCAP 2017)*, Paris, France, 19-24 Mar. 2017.
- [7] W. Fuscaldo, S. Tofani, P. Baccarelli, P. Burghignoli, D. C. Zografopoulos, R. Beccherelli, and A. Galli, "Reconfigurable Fabry-Perot cavity leaky-wave antennas based on nematic liquid crystals for THz applications," *XXI RINEM*, Parma, Italy, 12-14 Sep. 2016.

## Capitoli di libri:

- [8] W. Fuscaldo, S. Tofani, P. Burghignoli, P. Baccarelli, and A. Galli, "Terahertz leaky-wave antennas based on metasurfaces and tunable materials," in *Metamaterials and Metasurfaces*, IntechOpen, London, in press.



Grazie a...



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



Prof. Alessandro Galli



Prof. Paolo Burghignoli



Dr. Walter Fuscaldo



Istituto per la  
Microelettronica e  
Microsistemi



Dr. Romeo Beccherelli



Dr. Dimitrios Zografopoulos

