

# Micro & Nanosistemi

Università degli studi di Messina – Dipartimento MIFT

Prof. F. Neri, E. Fazio, A.M. Mezzasalma

## Di cosa ci occupiamo

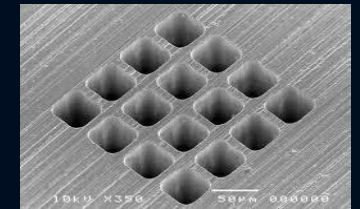
### Ablazione da fasci laser impulsati:

- Efficiente esempio di un approccio "top-down" per la preparazione di materiali nanostrutturati
- Tecnica semplice e flessibile, estensibile a diversi composti chimici e materiali



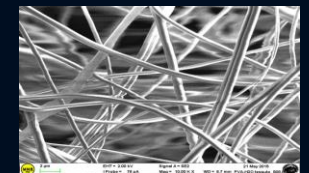
### Microlavorazioni con laser a impulsi ultracorti:

- Efficiente sistema per cutting, welding, microdrilling, texturing di qualunque tipologia di materiale
- Efficiente esempio di un approccio "top-down" per la preparazione di materiali nanostrutturati dalla ridotta dimensionalità



### Deposizione per elettrospinning:

- Efficiente sistema che consente di ottenere filamenti continui di materiale polimerico del diametro di alcuni nanometri, con elevato rapporto superficie/volume, elevata porosità.



# Prof. F. Neri, E. Fazio, A.M. Mezzasalma

## Tecniche diagnostiche disponibili:

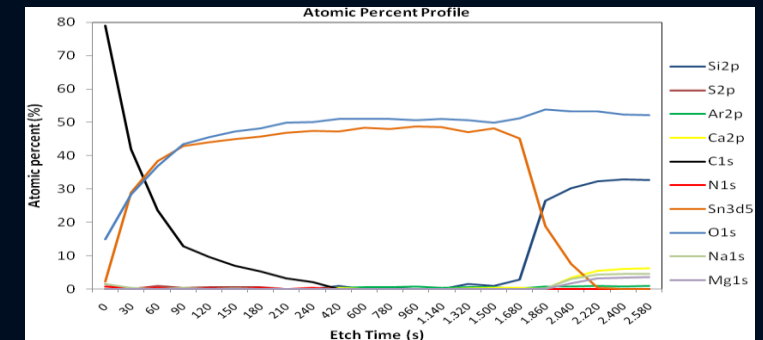
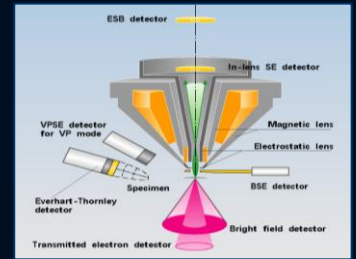
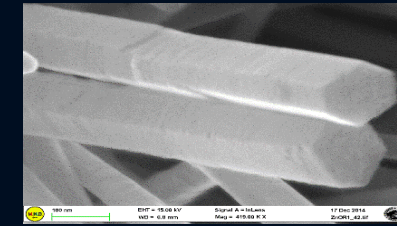
- Spettroscopia Raman su campioni solidi ed in fase colloidale (anche SERS)
- Spettroscopia fotoelettronica a raggi X (XPS)
- Microscopia elettronica a scansione (SEM-STEM)
- Analizzatore di nanoparticelle: Dynamic Light Scattering (DLS)
- Profilometria
- Spettroscopia ottica convenzionale
- Metodo Z-scan

## Collaborazioni scientifiche:

IPCF- C.N.R. (Messina) e Istituto di Microelettronica e Microsistemi (Catania), Politecnico di Milano, Dipartimento di Scienze Chimiche (Università di Catania), Dipartimento di Ingegneria, Università Mediterranea, Reggio Calabria; Fritz Haber Institute of the Max Planck Society (Berlin); Dipartimento di Chimica, CICECO, University of Aveiro, Campus de Santiago, Aveiro, Portugal.

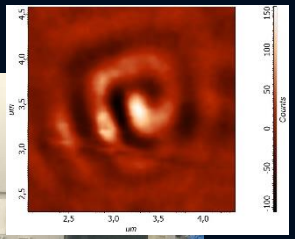
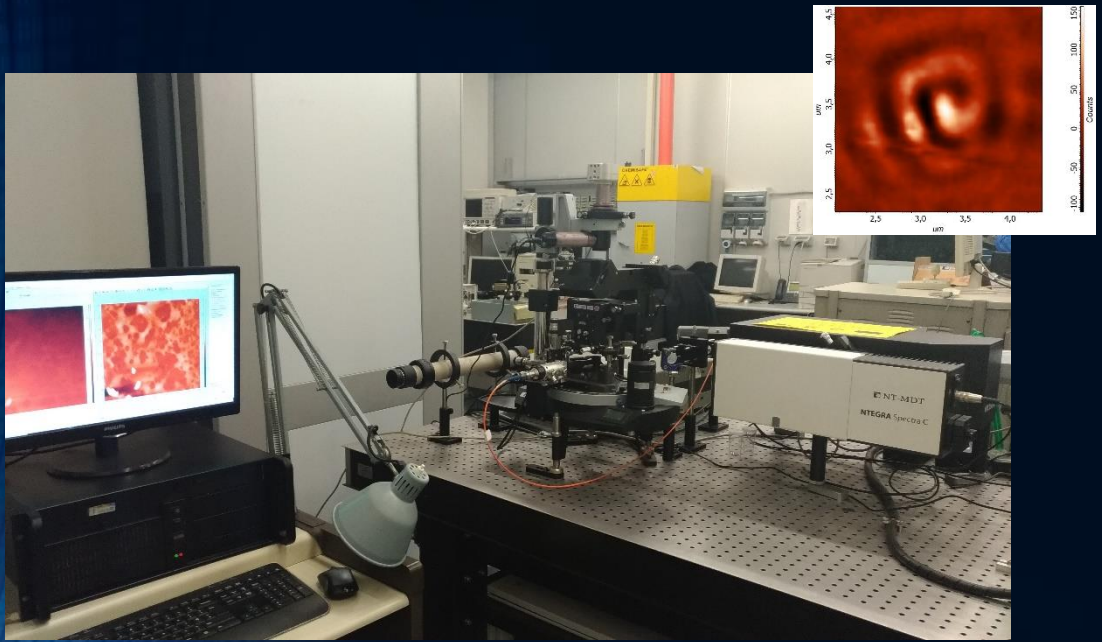
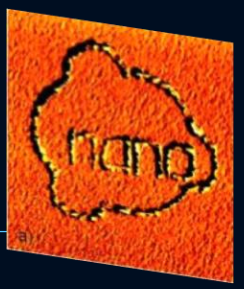
## Potenzioli applicazioni nanotecnologiche e tematiche per tesi di laurea/dottorato:

- Substrati nanostrutturali di metalli nobili (Ag-Au) e loro soluzioni colloidali per applicazioni SERS
- Film sottili di ossidi metallici per la realizzazione di sensori di gas
- Nanocompositi ibridi di materiali polimerici contenenti ossidi metallici e nanoparticelle metalliche per applicazioni biomedicali (es. rilascio controllato di farmaci) ed in ambito sensoristico (sensori elettrochimici per la detezione di contaminanti, sensori di tipo ottico per il riconoscimento di sistemi cellulari e batterici).

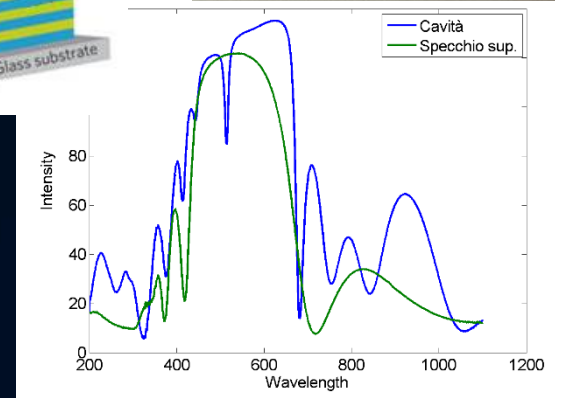
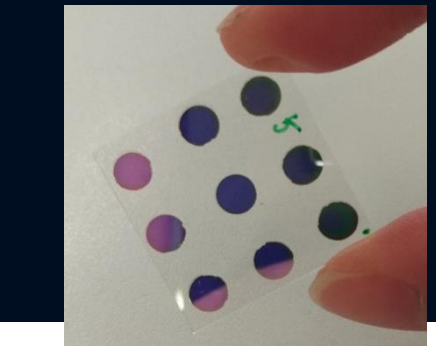
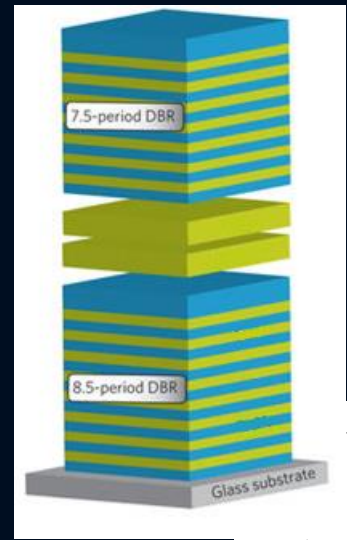


# Nanotechnologies and high resolution microscopy

Resp. S. Patanè



Microcavities and photonic structures by thermal deposition in Ultra High Vacuum.



- ✓ Scanning probe microscopy and spectroscopy
- ✓ AFM (Atomic Force Microscopy)
- ✓ SNOM (Scanning Near field Optical Microscopy)
- ✓ TERS (Tip Enhanced Raman Spectroscopy)
- ✓ Micro- Raman and micro fluorescence

# Nanotechnologies and high resolution microscopy

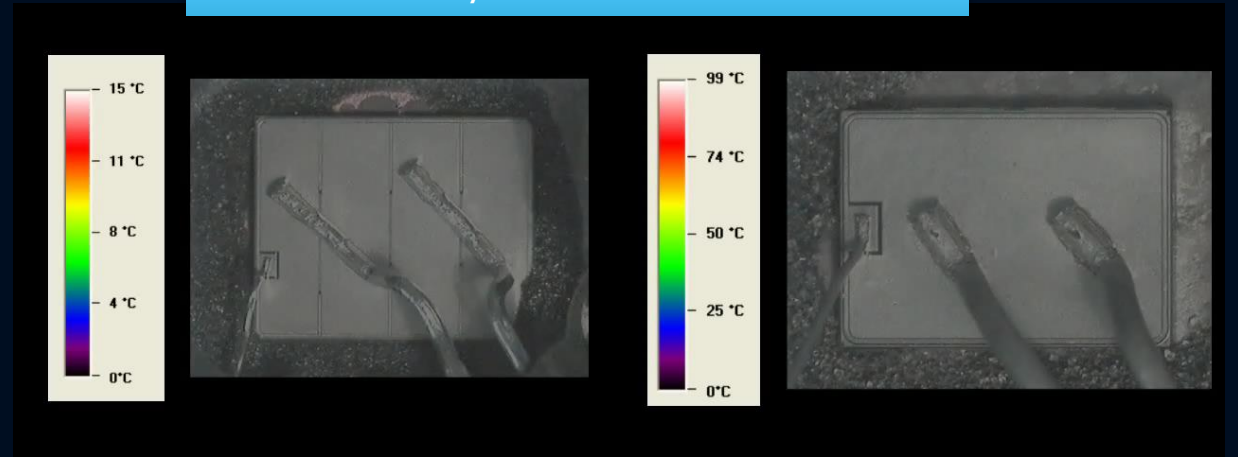
Resp. Prof. S. Patanè



## High speed infrared microscopy



## Thermal analysis on Power MOSFET



Planar

Trench

### Thesis:

1. Near-field imaging of surface-plasmon vortex-modes on a gold film.
2. Light-matter interaction: Study of light emission from organic open double-microcavity system.
3. Thermal and Mechanical analysis of Power MOSFET based on SiC for reliability model and lifetime estimation.

### Main Collaborations

- Italy (Lecce, Catania, Palermo, Pisa, Reggio Calabria, CNR)
- Europe (UK)
- ST Microelectronics (world wide)

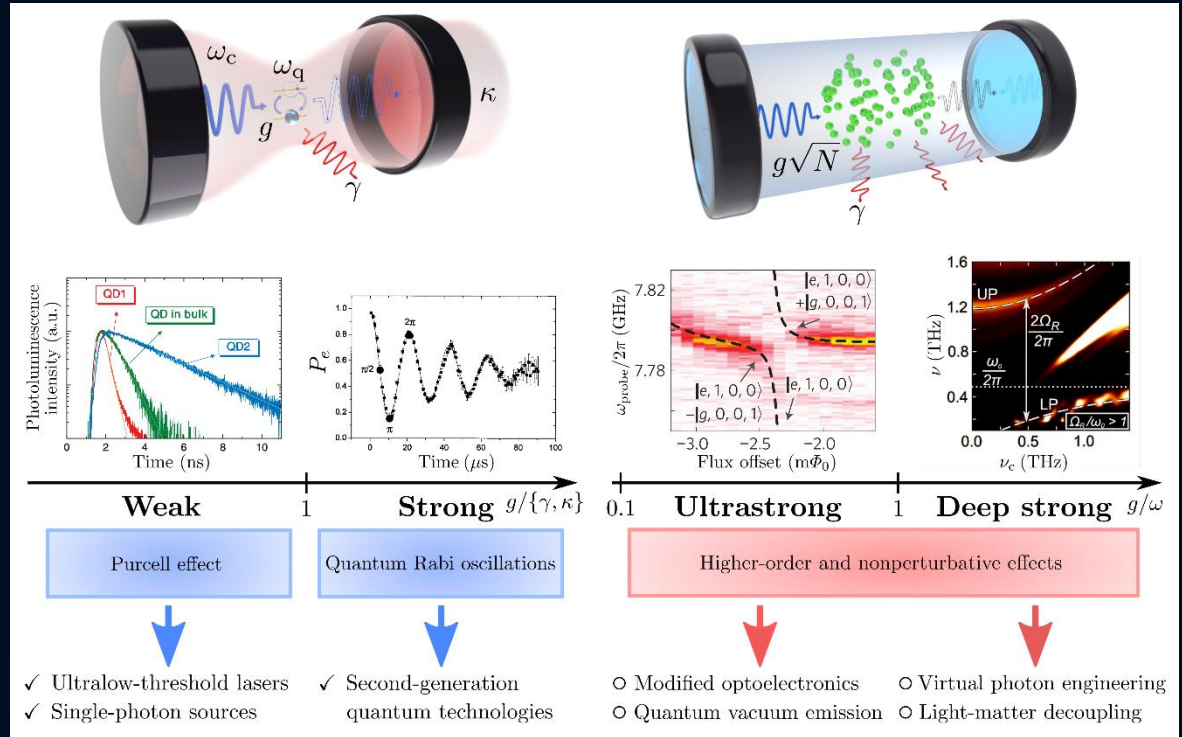
# Quantum optics & nanophotonics @unime

Resp. Prof. S. Savasta

## The interaction between photons and atoms

### Hybrid Quantum Systems

- Artificial atoms and cavity-QED
- Superconducting Circuits
- Cavity optomechanics
- Entanglement and Synthesis of Quantum states
- Study of the Quantum Vacuum



### Thesis

- Dynamical Casimir Effect
- Cavity QED
- Circuit QED
- Quantum Optomechanics
- Quantum Plasmonics



### Main Collaborations

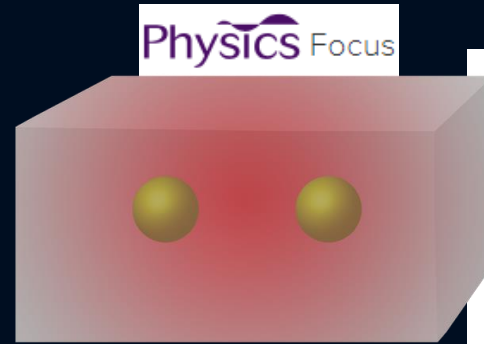
- ▣ Japan (RIKEN)
- ▣ China (Beijing)
- ▣ Italy (Lecce, Catania, Palermo, Torino)
- ▣ Europe (Spain, UK, Switzerland)

# Recent highlights

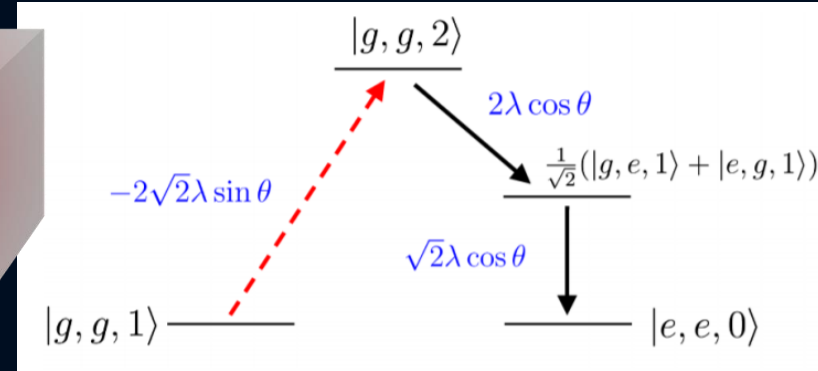
## Two Atoms Can Jointly Absorb One Photon

Editors' Suggestion

We have shown that it's possible to excite two spatially separated atoms (or even more) simultaneously by absorbing just a single photon.



Physical Review Letters  
117, 043601 (2016)

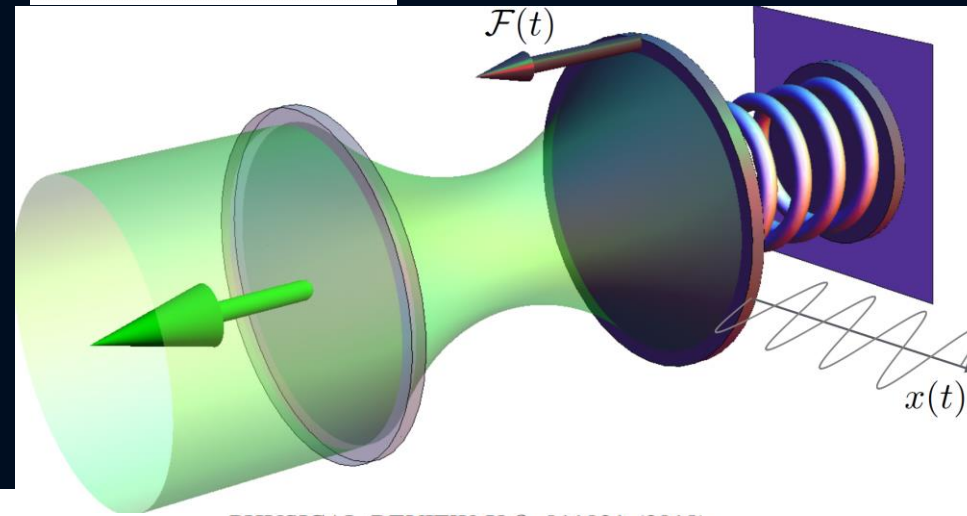


## Dynamical Casimir Effect

RIKEN Highlight

We have shown:

- ✓ Production of photons out of the vacuum can be observed for mechanical frequencies lower than the cavity frequency.
- ✓ Casimir effect can create entanglement between the oscillating mirror and the radiation produced by its motion



PHYSICAL REVIEW X 8, 011031 (2018)

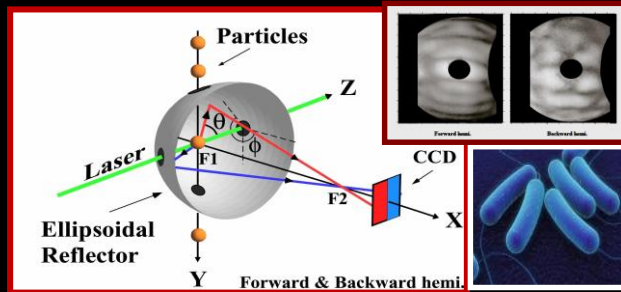
Nonperturbative Dynamical Casimir Effect in Optomechanical Systems:  
Vacuum Casimir-Rabi Splittings

Vincenzo Macrì,<sup>1,2</sup> Alessandro Ridolfo,<sup>2</sup> Omar Di Stefano,<sup>2</sup> Anton Frisk Kockum,<sup>2</sup> Franco Nori,<sup>2,3</sup> and Salvatore Savasta<sup>1,2</sup>

## Interazione fra radiazione e micro&nano particelle

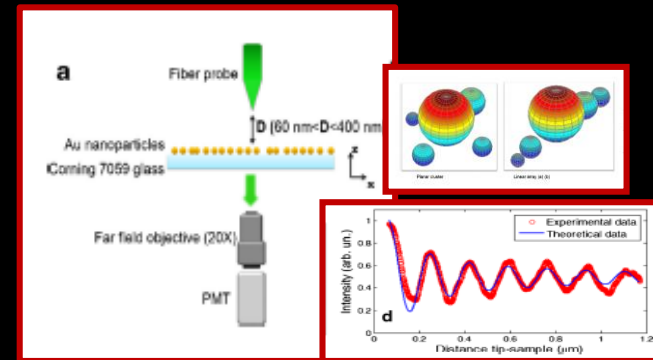
### Modellizzazione teorica della interazione basata sulla teoria dello scattering

**Far Field**



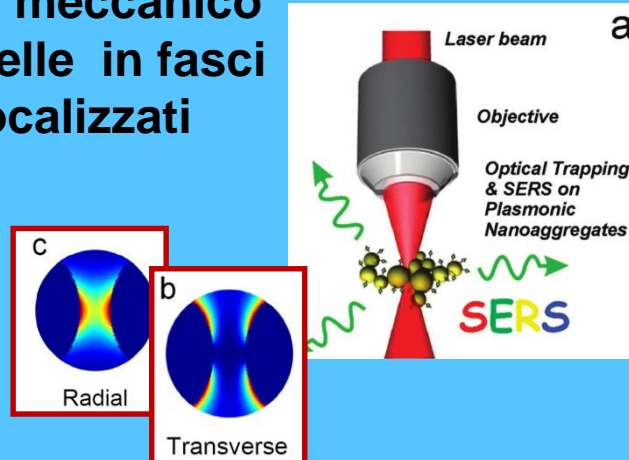
2-Angular Optical Scattering for real-time detection of individual aerosol particles

**Near Field**

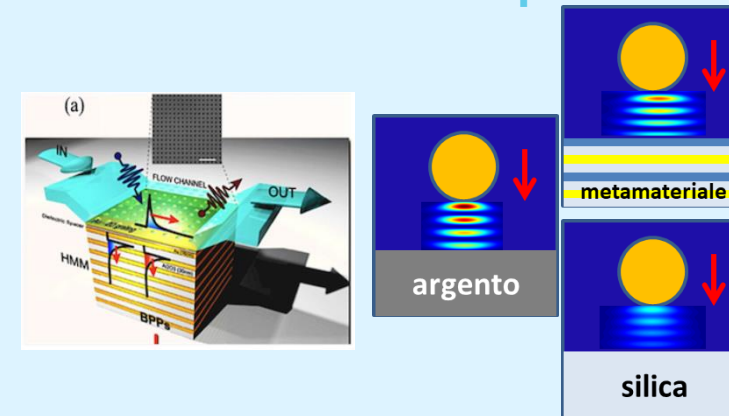


### Comportamento meccanico delle nanoparticelle in fasci fortemente focalizzati

**Intrappolamento Ottico**



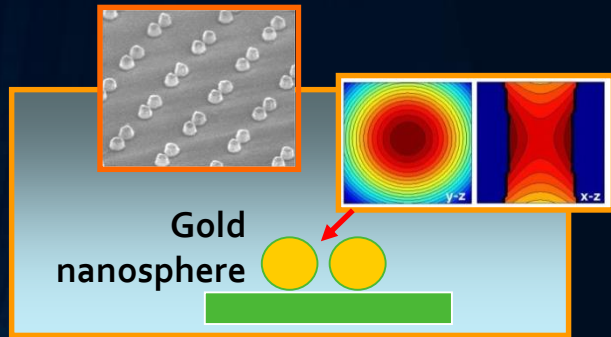
### Interazione con superfici





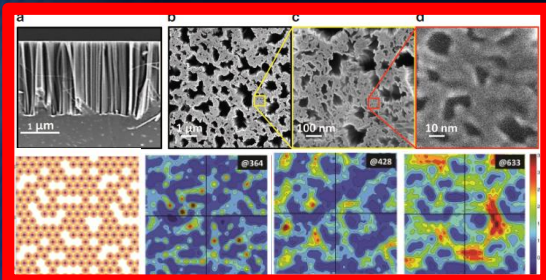
### I MATERIALI

#### ● Nanostrutture plasmoniche

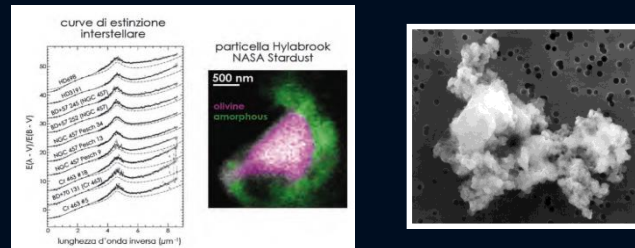


#### ● Sistemi disordinati e sistemi frattali

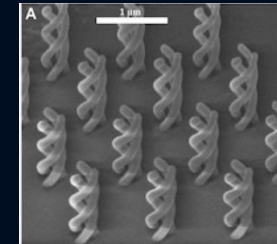
2D random fractal silicon-based material for photovoltaic and photonic applications.



#### ● Nanoparticelle di origine interstellare



#### ● Particelle Chirali



#### Tesi

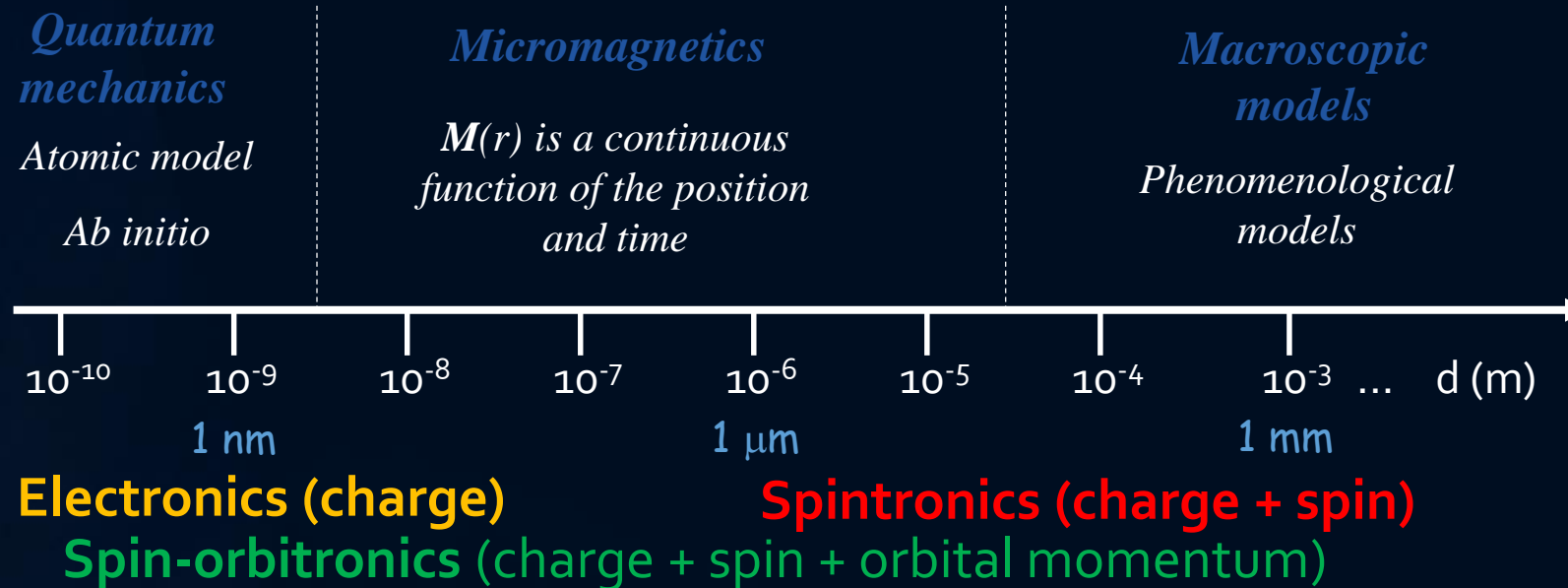
- ✓ Teoria dell'intrappolamento ottico
- ✓ Intrappolamento ottico e manipolazione di nanostrutture
- ✓ Effetti meccanici indotti dalla radiazione su nanostrutture in presenza di superfici
- ✓ Interazione spin-orbita della luce in sistemi a scala nanometrica.

#### Principali Collaborazioni

- Gothenburg (Svezia)
- University College London (UK)
- Accademia delle Scienze, Brno (Czech Republik)
- Lecce, Cosenza, Catania, Palermo

# Research activities Spintronics (fundamental)

Resp. Dott. G. Finocchio



- Nanoscale devices.
- Skyrmions (chiral magnetism).
- Spintronic energy harvesting.
- Terahertz dynamics.
- Topological insulators/Ferromagnets.

## Thesis

- USA (Cornell, Northwestern, Oakland, Irvine, UC Los Angeles)
- China (SINANO, Beijing).
- Europe (Spain, Germany, Greece, Turkey)

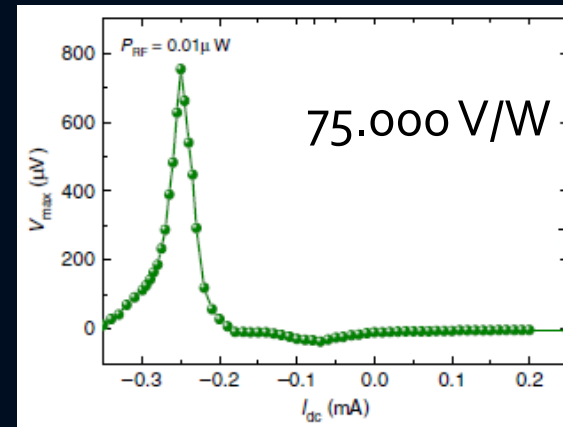
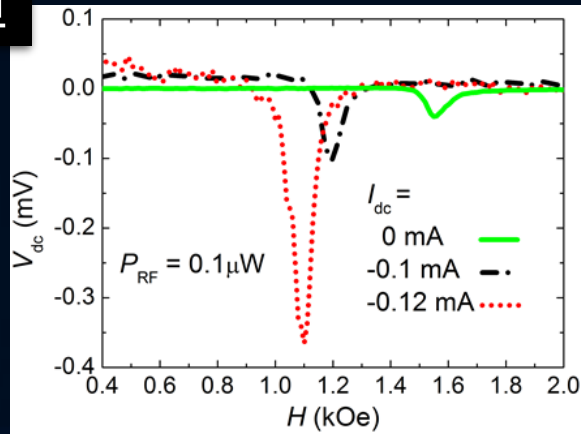
## Main Collaborations

# Research activities Spintronics (example)

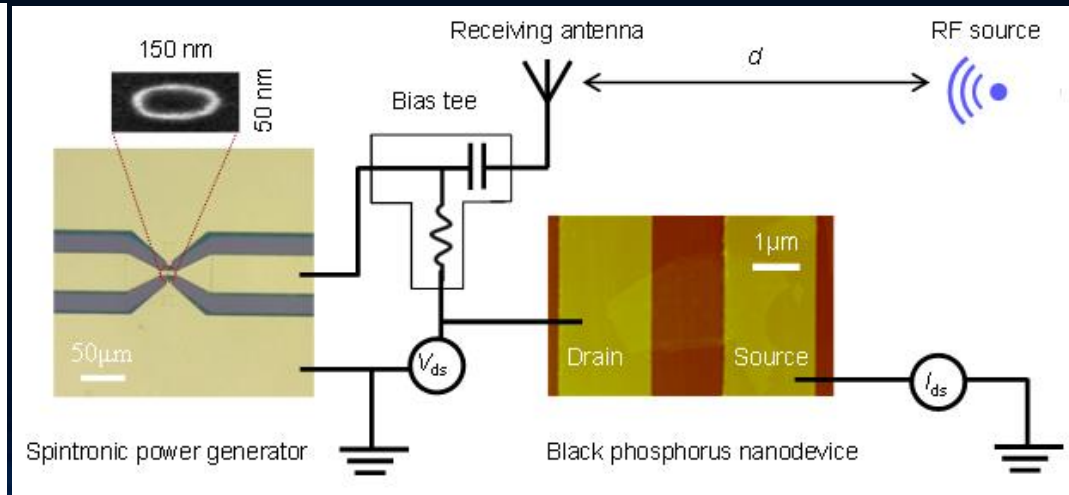
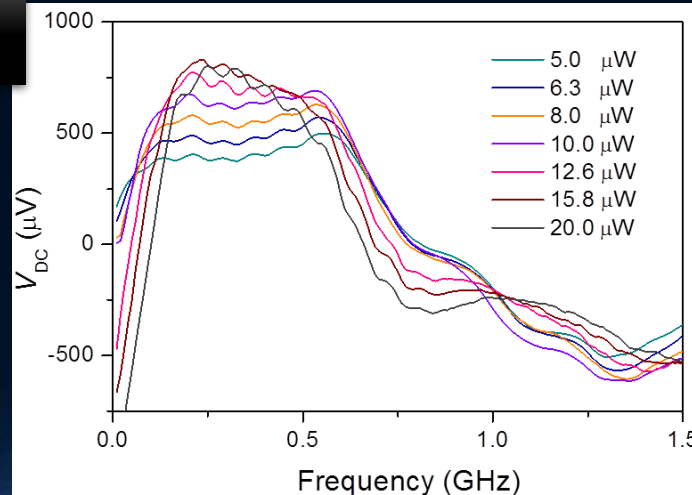
Resp. Dott. G. Finocchio

## Resonant detection

The detection sensitivity at  $P_{RF} = 0.1 \mu W$  is  $> 4000$  mV/mW, larger than theoretical limit (3800 mV/mW) of Schottky diode detectors.



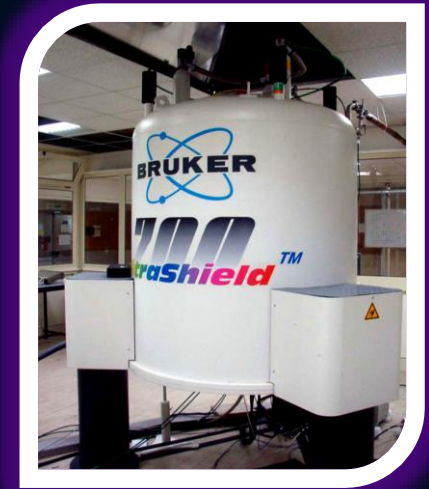
## Broadband detection





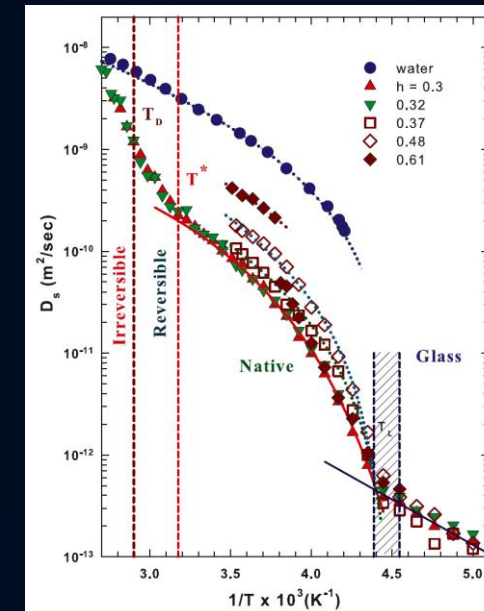
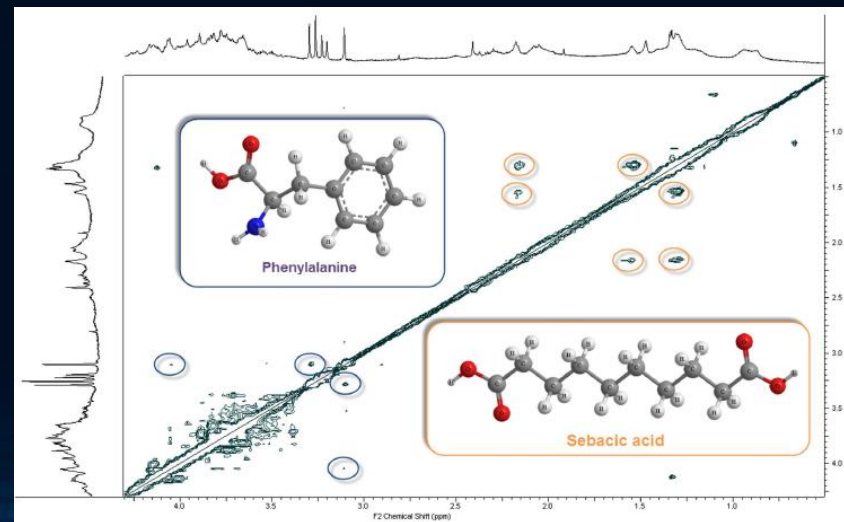
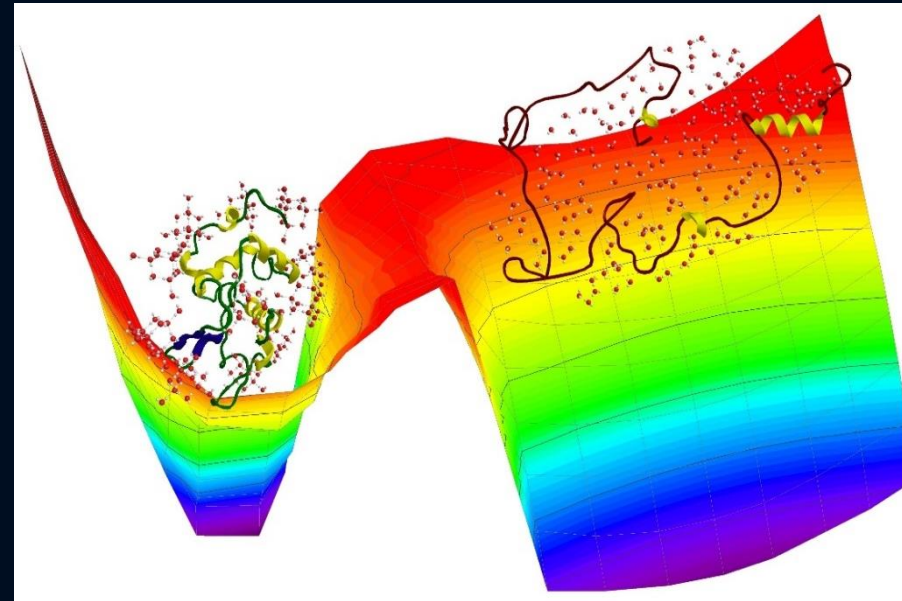
# Fisica dei sistemi complessi

Resp. Dr. Carmelo Corsaro



## Attività di ricerca:

- ❑ Studio delle proprietà chimico-fisiche di sistemi complessi (gel, polimeri, macromolecole di interesse biologico, ecc.)
- ❑ Studio delle proprietà dinamiche e termodinamiche di liquidi e sistemi glass-forming verso l'arresto dinamico
- ❑ Studio delle proprietà termodinamiche dell'acqua e delle sue soluzioni (acqua confinata in nanotubi, acqua d'idratazione delle proteine, acqua in soluzione con sali o piccole molecole anfipatiche, ecc.) in diverse condizioni
- ❑ Idrofilicità ed effetto idrofobico in polielettroliti e peptidi
- ❑ Studi mediante tecniche spettroscopiche dei processi di degradazione dei beni culturali
- ❑ Determinazione del profilo metabolico di matrici biologiche nel particolare stato oggetto di studio



### Potenzioli ricadute tecnologiche:

- ❑ Sviluppo di nuovi modelli per le interazioni radiazione-materia in sistemi nano- e meso-scopici per lo studio della loro struttura e dinamica
- ❑ Sviluppo di metodologie utili a comprendere l'insorgere di malattie neurodegenerative e lo sviluppo di eventuali strategie farmacologiche
- ❑ Uso di nanosistemi (macromolecole, colloidi e loro interfasi) nei beni culturali: determinazione dello stato di degradazione e delle conseguenti strategie di restauro
- ❑ Determinazione del profilo metabolico per la caratterizzazione e per la conservazione degli alimenti
- ❑ Uso della metabolomica nei nano- e bio-sistemi

### Main collaborations:

USA (MIT, Boston University, NIST);

Spain (Universitat de Barcelona);

China (Peking University);

Sweden (Stockholm University);

Slovakia (Slovak Academy of Sciences);

Italy (CSGI, ISC-CNR, UniPA, UniRoma, etc.)

### Possibili Tesi Magistrali:

- ❑ Caratteristiche di universalità nei processi dinamici
- ❑ Interazione idrofilica ed idrofobica nella determinazione delle proprietà di sistemi biologici

# People

---



Prof. F. Neri  
Professore Ordinario  
fneri@unime.it



Prof.ssa R. Saija  
Professore Ordinario  
rsaija@unime.it



Prof.ssa E. Fazio  
Professore Associato  
enfazio@unime.it



Prof.ssa AM Mezzasalma  
Professore Associato  
rsaija@unime.it



Prof. S. Patanè  
Professore associato  
patanes@unime.it



Prof. S. Savasta  
Professore Associato  
ssavasta@unime.it



Dott. C. Corsaro  
RTD  
ccorsaro@unime.it



Dott. G. Finocchio  
RTD  
gfinocchio@unime.it