

A1 Titolo dell'attività di ricerca

Dispositivi ibridi e nanostrutture con superconduttori

A2 Responsabile

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

Responsabile Giovanni Piero Pepe

A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)

Prof. Ordinari: Francesco Tafuri
Prof. Associati: Giovanni Piero Pepe
Ricercatori universitari: Loredana Parlato
RTDA: Daniela Stornaiuolo
RTDB:

A4 Collaborazioni con altri enti

Chalmers University (Svezia), Cambridge University (UK), CNR, Seconda Università di Napoli, Scuola Normale di Pisa, University of Rochester (USA), Saitama University (Giappone), Argonne National Lab (USA), University of Liege (Belgium), University of Leuven (Belgium),

A5 Personale strutturato ricercatore o tecnologo altri enti convenzionati

Procolo Lucignano (Ricercatore, CNR-SPIN)
Mikkel Ejrnaes (Ricercatore, CNR SPIN)
Roberto Cristiano (Dirigente ricerca, CNR SPIN)

A6 Altro personale di ricerca (Assegnisti, Borsisti)

Assegnisti: Davide Massarotti
Borsisti Post-doc:
Borsisti:

A7 Dottorandi di Ricerca

Roberta Caruso (30esimo ciclo di Dottorato in Fisica, UNINA)

B1 Breve descrizione della linea di ricerca

(max 1000 caratteri)

Il gruppo è impegnato sui seguenti temi di superconduttività: 1) effetto Josephson anche in giunzioni ibride con barriere non convenzionali, 2) fenomeni quantistici macroscopici anche per lo sviluppo di prototipi per la circuitistica quantistica; 3) nanostrutture superconduttive di vari materiali. Le attività si sviluppano sia nella fase di design e fabbricazione dei dispositivi che nella loro caratterizzazione, in primis delle proprietà di trasporto con misure alle bassissime temperature e a basso rumore.

Nelle strutture a bassa dimensionalità l'attenzione è rivolta sia agli aspetti di base, quali ad esempio effetti quantistici e superconduttività di nonequilibrio sia alle nuove soluzioni elettroniche. Esempi sono lo sviluppo di nanofili ibridi Superconduttore-Ferromagnete per rivelatori a singolo-fotone, oppure di giunzioni Josephson spin-polarized per stati di memoria e come cellule per qubit.

Le giunzioni Josephson ibride con barriere di isolanti topologici, grafene o nanofili semiconduttivi aprono la strada allo studio di nuovi fenomeni coerenti o eccitazioni in dispositivi a stato solido quali ad esempio fermioni di Majorana.

B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016

(max 2000 caratteri)

Nell'ultimo triennio l'attività del gruppo si è focalizzata sui seguenti temi:

- *nanodispositivi con superconduttori ad alta temperatura critica*: sono stati studiati nanofili e nano-giunzioni a bordo di grano realizzati con YBCO, fabbricati presso i Laboratori Dipartimentali, fatta eccezione per la fase di nanolitografia realizzata in collaborazione con Chalmers University e Scuola Normale Superiore, Pisa. Obiettivi: studio dei fenomeni di dissipazione a livello microscopico (e.g. pinning e flusso di vortici) in nanostrutture HTS e del trasporto elettronico in regime quantistico macroscopico.
- *nanofili per rivelatori singoli fotoni (UV-near IR)*: sono stati studiati nanofili impieganti NbN, ibridi NbN/Ferromagnete e HTS (YBCO) per rivelatori single-photon, fabbricati presso i Laboratori Dip. e di CNR SPIN Pozzuoli, in collaborazione con Chalmers University e Saitama University. Obiettivo principale è lo sviluppo di materiali superconduttori per rivelatori single-photon in grado di operare con elevate efficienze quantiche a lunghezze d'onda $>1.5\mu\text{m}$, bassi livelli di dark counts e risposta temporale $<100\text{ps}$.
- *giunzioni ibride basate sull'utilizzo di strutture non convenzionali Superconduttore-Ferromagnete (SF)*: sono stati studiati dispositivi ibridi a giunzione tunnel prossimizzate con strutture S/F e/o di barriere magnetiche, realizzati in collaborazione con Cambridge University UK. Obiettivi: studio del ruolo della fase superconduttiva in presenza di un trasporto spin-polarized in regime di tunneling quantistico macroscopico.
- *nanodispositivi basati su ossidi di metalli di transizione*: lo studio del trasporto elettronico accoppiato allo spin-orbita e dell'effetto Josephson "estremo" vengono condotti su strutture superconduttive non convenzionali come ad es. il gas elettronico 2D all'interfaccia fra ossidi di metalli di transizione in presenza di effetto di campo e di inclusioni ferromagnetiche, in collaborazione con CNR SPIN ed Università di Ginevra CH.

B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2017-2019

(max 2000 caratteri)

Nel prossimo triennio il gruppo sarà impegnato in:

- studio della superconduttività non convenzionale in giunzioni impieganti strutture ibride S/F (superconduttività di tripletto) ed in giunzioni basate su gas 2D (coesistenza fra superconduttività, spin-orbita e ferromagnetismo), in collaborazione con Cambridge University. Questo studio è svolto in collaborazione con gruppo Tagliacozzo/Lucignano per lo sviluppo di modelli teorici in grado di descrivere comportamento non convenzionale di tali giunzioni

- studi di fattibilità per l'utilizzazione di giunzioni ferromagnetiche in circuiti superconduttivi per la quantum computation, in particolare trasmone
- sviluppo di dispositivi ibridi avanzati con superconduttori a bassa ed alta temperatura critica e materiali a bassa dimensionalità (e.g. grafene o isolanti topologici), in collaborazione con Chalmers University e CNRS Montpellier ;
- sviluppo di nanofili superconduttivi impieganti materiali superconduttori non convenzionali in grado di lavorare in regime single-photon a $>1.5\mu\text{m}$ per applicazioni in campo ambientale mediante tecniche LIDAR in coll con Dipartimento e CNR SPIN (N. Spinelli, Wang);
- studio dell'interazione della luce su dispositivi superconduttivi per lo studio di fenomeni di non equilibrio anche in materiali non convenzionali e/o in dispositivi con accoppiamento Josephson non-convenzionale
- studio di dispositivi di memoria di tipo superconduttivo in giunzioni ferromagnetiche e loro integrazione con elettronica digitale superconduttiva di tipo SFQ (Single Flux Quantum) all'interno di una collaborazione attiva sul territorio campano con la Hypres – The Digital Superconductot Company TM

C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016/7

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

N. complessivo: 42

Pubblicazioni più significative:

- Weak localization and spin-orbit interaction in side-gate field effect devices at the LaAlO₃/SrTiO₃ interface, *Phys. Rev. B*, 90, 235426 (2014)
- Macroscopic quantum tunnelling in spin filter ferromagnetic Josephson junctions *Nature Communications* 6, 7379 (2014)
- Tunable spin polarization and superconductivity in engineered oxide interfaces, *Nature Materials*, 15, 278 (2016)
- Unconventional superconductivity in LaAlO₃/SrTiO₃ two dimensional system, *Phys. Rev. B* 95, 140502(R) (2017)
- Incipient Berezinskii Kosterlitz and Thouless transition in 2D coplanar Josephson junctions, *Phys. Rev. B* 94, 054525 (2016)
- Breakdown of the escape dynamics in Josephson junctions, *Phys. Rev. B* 92, 054501(2015)
- Suspended InAs nanowire Josephson junctions assembled via dielectrophoresis, *Nanotechnology* 26, 385302 (2015)
- Influence of Topological Edge States on the properties of Al/Bi₂Se₃/Al Hybrid Josephson Devices *Phys. Rev. B* 89, 134512 (2014)
- Thermal fluctuations in superconductor/ferromagnet nanostripes, *Phys. Rev. B* 92, 014501 (2015)
- Statistics of localized phase slips in tunable width planar point contacts,, *Scientific Reports* 7, 44569 (2017)

C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali

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

Invited talks

- 4th International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM2014), April 27th to May 2nd 2014, Antalya (Turkey) - (D. Stornaiuolo)
- Superconductivity on the verge 27 – 31 July 2015, Leiden (Netherland)- (D. Stornaiuolo)
- International workshop: "Probing Superconductivity at the Nanoscale : New advances", Saas-Fee, Svizzera 12-15 April 2016 (D. Stornaiuolo)
- "SUPERSTRIPES 2016: QUANTUM IN COMPLEX MATTER", Ischia, Italia dal 23-29 June 2016 (D. Stornaiuolo)
- International workshop: 'NANO CONFINED SUPERCONDUCTORS AND THEIR APPLICATION', Garmisch-Partenkirchen, Germany 3-7 Sept 2016 (D. Stornaiuolo)
- international workshop: "WOE 23 Workshop on Oxide Electronics", Nanjing, Cina 12-14 Oct 2016 (D. Stornaiuolo)
- Second meeting of the DESCO Dutch program "2-dimensional electron systems in complex oxides" Amsterdam, February 1 -2 (2017) (D. Stornaiuolo)
- SPIE Optics and Optoelectronics, Prague 13-16 April 2015 (G. P. Pepe)
- 4th International Conference "**Progress in Applied Surface, Interface and Thin Film Science** (SURFINT-SREN IV)", Florence IT **23-26 Nov 2015** (G. P. Pepe)
- SPIE Optics and Optoelectronics, Prague 13-16 April 2015 (L. Parlato)
- SPIE Optics and Optoelectronics, Prague 24-26 April 2017 (L. Parlato,)
- 2014 May "Invited talk" at Advances in nanostructured superconductors: materials, properties and theory, Miraflores de la Sierra, Madrid, 4-7 May (2014)(title " Nano domain encoding in transport properties of unconventional Josephson junctions and nanostructures) (F.Tafuri)
- 2014 Dec "Invited talk" at The 9th International Symposium on Intrinsic Josephson Effects and THz Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors, Kyoto, Japan (title "Effects of Nano-domain in macroscopic quantum phenomena in unconventional Josephson junctions") (F.Tafuri)
- 2015 Mar "Invited talk" at the "International Symposium on Photonics and Electronics Science and Engineering 2015", Kyoto, Japan (F.Tafuri)
- 2015 May "Invited talk" at the workshop "Advances in Studies of Superconducting Hybrids: Theory and Modeling vs Experiment", Arcachon, France (F.Tafuri)
- 2015 June "Invited talk" at International Conference Superstripes 2015, Ischia, Italy (F.Tafuri)
- 2015 Sept "Invited talk" at the Conference Vortex IX: Vortex Matter in Nanostructured Superconductors (12-17 Sept, Rhodes) (F.Tafuri)

- 2016 April "Invited talk" at the Conference: Probing Superconductivity at the Nanoscale (12-15 April, Saas-Fee, Switzerland) (F.Tafuri)
- 2016 Sept "Invited talk" at the Conference on Nano confined superconductors and their application, Garmisch-Partenkirchen (Germania) (3 -7 Sept 2016) (F.Tafuri)

Contributed talks

- International Conference M2S HTSC 2015 August 23-28, Geneva, Switzerland – contributed talk (D. Stornaiuolo)

C3 Presentazioni di brevetti internazionali e nazionali

Partecipazione al brevetto "Method to make a flexible thermoelectric generator device and related devices", presented to the U.S. Patent and Trademark, on July 31st, 2015, application number 14/814660. Inventors: I. Pedaci (STMicroelectronics), G.P.Pepe (Università di Napoli Federico II), V. Casuscelli (STMicroelectronics), A. Cimmino (STMicroelectronics)

D1 Progetti di ricerca attivi

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

Progetto MIUR FIRB 2012 HybridNanoDev RBFR1236VV001

Progetto EU Nanoscale Superconductivity – NanoSC COST action MP1201

Progetto Premiale CNR 2013 "Beyond classical limits of measurement" with CNR SPIN e INRIM (PI)

Project FP7- Europe-Japan "Establishing the basic science and technology for Iron-based superconducting electronics applications" G.A. N. 283141 36 with CNR SPIN NA

Progetti di Ricerca industriale e sviluppo sperimentale per la realizzazione del Campus dell'innovazione, "Controllo e health monitoring and Management di sistemi complessi e strutture miste metallo-composito operanti in ambienti ostili sottoposte a sollecitazioni gravose" (SiHM), CrDC Nuove Tecnologie Scarl