

PROGRAMMA IN CORSO

Agenzia Spaziale Italiana

V.le Liegi, 26 - 0019861 Roma
Tel. 0685671 - Fax 068567304

Richiesta di finanziamento per

progetto di ricerca

Ricerca Scientifica 2000

PROGETTO

Titolo del progetto: REALIZZAZIONE DI GIUNZIONI SUPERCONDUTTIVE AD EFFETTO JOSEPHSON E LORO APPLICAZIONE ALLO SVILUPPO DI RIVELATORI IN REGIME DI CONTEGGIO DI FOTONI PER APPLICAZIONI ASTROFISICHE

Coordinatore: Nome: Marialuisa Titolo: dr. Cognome: Rastello

Ente: ISTITUTO ELETTROTECNICO NAZIONALE GALILEO FERRARIS

Istituto:

Indirizzo: Strada delle Cacce, 91 - 10135 Torino

Telefono: 011 39 19 229

Fax: 011 34 63 84

E-mail: rastello@ft.ien.it

Linea Strategica: Ricerca di Base per le Tecnologie Spaziali

Indirizzo di ricerca: Elettronica e tecnologie per sistemi di rivelazione

PERSONALE

Personale dedicato al progetto per il 2000

	N° persone	Mesi
<u>Ricercatori:</u>	13	52
<u>Tecnici:</u>	5	16

Gruppo di ricerca proponente (organizzato per unità operative)

Nome e cognome	Ente	Qualifica	Funzioni	Tempo	N° altri progetti ASI
Gabriele Villa	CNR-IFC	Dir. Ric.	Resp. Sottopr.	1	4
Michela Uslenghi	CNR-IFC	Ricercatore	Ricerca	1	4
R. Santambrogio	CNR-IFC	Ass. tec.	Ricerca	2	4
Mauro Fiorini	CNR-IFC	Ass. tec.	Elettronica	3	2
Sabino Maggi	IEN	Ricercatore	Resp. Sottopr.	7	2
Raffaella Steni	IEN	Ricercatore	Tecnologia	6	2
Vincenzo Lacquaniti	IEN	Ricercatore	Tecnologia	4	2
Marialuisa Rastello	IEN	Ricercatore	Misure	8	1
Mauro Rajteri	IEN	Ricercatore	Misure	3	1
Stefania Castelletto	IEN	Ricercatore	Misure	4	1
Ivo Degiovanni	UNI	Dottorando	Misure	6	1
Paolo Pisoni	IEN	Coll.Tec.	Misure	4	2
Roberto Rocci	IEN	Coll..Tec.	Tecnologia	4	2
Fabio Saccomandi	IEN	Coll.Tec.	Misure	3	2
Piero Mazzetti	PoliTO	Prof. Ord.	Resp. Sottopr.	3	-
Anna Carbone	PoliTO	Ricercatore	Ricerca	3	-
Renato Gonnelli	PoliTO	Ricercatore	Ricerca	3	-
Simona Ravinale	PoliTO	Borsista	Ricerca	3	-

Finanziamento del progetto per il 2000 (Mlit.)

<u>Finanziamento</u> (totale):	250
<u>Investimento</u> :	80
<u>Funzionamento</u> :	170

Previsioni di spesa per il 2000 (Mlit.)

	<i>Istituto</i>	<i>Importo</i>	<i>Descrizione</i>
<u>Investimento</u> :	IEN	30	Tecnologia
	IEN	10	Criogenia
	IEN	15	Sistemi di misura
	CNR-IFC	15	Sistemi di misura
	PolITO	10	Sistemi di misura
<u>Funzionamento</u> :	IEN	65	Materiali
	IEN	25	Collaborazioni
	IEN	20	Missioni
	CNR-IFC	40	Materiali, missioni, collaborazioni
	PolITO	20	Materiali, collaborazioni

Rendiconto schematico dei fondi già assegnati al progetto fino alla data di presentazione
(Voci generali per investimento e funzionamento; importi in Mlit.)

	<i>Anno</i>	<i>Importo</i>	<i>Commenti</i>
<u>Investimento</u> :	1998	230	
	1999	107	Fondi non ancora pervenuti
<u>Funzionamento</u> :	1998	100	
	1999	118	Fondi non ancora pervenuti

Quadro economico relativo all'intero programma (Mlit.)

	<i>I anno</i>	<i>II anno</i>	<i>III anno</i>	<i>IV anno</i>	<i>V anno</i>
<u>Anno</u> :	1998	1999	2000		
<u>Finanziamento</u> (totale):	330	225	250		
<u>Investimento</u> :	230	107	80		
<u>Funzionamento</u> :	100	118	170		

Proposte "cofinanziate" e "partecipate"

In caso di ricerca "cofinanziata" (una proposta che riceve finanziamenti da ASI e da altri enti, istituti o agenzie diversi dai proponenti) e/o "partecipata" (una proposta che riceve finanziamenti da ASI, e altri enti, istituti o agenzie, diversi dai proponenti, mettono a disposizione strutture e/o attrezzatura e/o personale), si debbono riportare i finanziamenti e/o investimenti e/o entità della partecipazione, espressi in percentuale, dei singoli enti, istituti o agenzie (detta partecipazione può consistere anche nella messa a disposizione di ricercatori).

	<i>Ente</i>	<i>Finanziamento</i>
<u>Cofinanziamento</u> (%):	-	
<u>Cofinanziamento</u> (Mlit.):	-	
<u>Partecipazione</u> (%):	-	

Sviluppo temporale e finanziario

Le fasi previste nel progetto per il terzo anno sono le seguenti:

- modifiche al processo di fabbricazione per ottimizzare la qualità intrinseca delle giunzioni singole di niobio;
- modifiche alle geometrie dei dispositivi con il progetto di nuove maschere fotolitografiche;
- caratterizzazione completa delle giunzioni come contatore di fotoni alla singola lunghezza d'onda ed estensione a più lunghezze d'onda, dai raggi x fino al visibile;

- perfezionamento del modello della giunzione per lo studio del rumore e degli altri parametri caratteristici.

Gestione finanziaria.

Per il terzo anno occorrono i set per la realizzazione delle nuove maschere. Sono necessari materiali di consumo relativi ai processi di fotolitografia, deposizione e misura e cioè gas, substrati - in particolare substrati in zaffiro - ed elio liquido. Inoltre la sperimentazione dei rivelatori in misure astronomiche prevede costi addizionali.

Attrezzature e servizi (organizzati per unità operative)

Unità IEN

- Camera pulita di classe 100 dotata di: cappe chimiche, spinner per la deposizione del photoresist (Sulzer Electro Technique), mask-aligner per l'esposizione delle maschere (Karl Suss MJB 3), microscopio Leitz (x1000) dotato di telecamera ed interfaccia per l'acquisizione delle immagini;
- Camere grigie (classe 100000) in cui sono posti gli impianti di deposizione e caratterizzazione;
- Sistema di deposizione per sputtering rf-magnetron (Leybold Z400), dotato di catodi di Nb, Al, Ta₂O₅;
- Evaporatore a sorgente termica e a cannone elettronico (Leybold);
- Sistema di attacco chimico dei film in plasma reattivo (reactive-ion etching) (Leybold);
- Profilometro per misure di spessore e rugosità di film sottili (Tencor P-10) su tavolo antivibrante;
- Sistema di misura per caratterizzazione elettrica delle giunzioni in elio liquido;
- Laser ad Argon COHERENT INNOVA 400-20 con ottiche UV e visibile;
- Radiometro criogenico RADIOX per misure di potenza in regime analogico con accuratezza 4×10^{-5} ;
- Sorgente campione di numero di fotoni generati per fluorescenza parametrica in cristalli non lineari;
- Sistema di misura per la determinazione dell'efficienza quantica di contatori di fotoni;
- Sistema di misura per lo studio della linearità in funzione del livello di segnale in ingresso;
- Contatori di fotoni di tipo tradizionale (fotomoltiplicatori raffreddati) di sensibilità spettrale nota;
- Elettronica per il conteggio di fotoni;
- Sistema di sputtering in ultra-alto vuoto con camera di loadlock, catodi da 4" e riscaldatore del substrato fino a 1000°C (Kenotec) Il sistema è attualmente in fase di costruzione. La consegna è prevista per il prossimo mese di ottobre;
- Saldatore ad ultrasuoni deep-access (West Bond);
- Criostato compatto da 400 mK (in prestito dalla sezione INFM di Firenze)

Unità CNR-IFC:

Laboratorio di fotonica:

- banco ottico e relativa componentistica;
- componenti ottici di base;
- autocollimatore;
- laser He-Ne;
- monocromatore per il visibile-UV;
- sorgente UV ed X;
- diversi fotomoltiplicatori;
- radiometro.

Laboratorio di elettronica:

- strumentazione di base per elettronica analogica e digitale (alimentatori bassa ed alta tensione, oscilloscopi, generatori di funzioni e di impulsi);
- catene di amplificazione (preamplificatori ed amplificatori lineari);
- discriminatori (Leading Edge, CFD);
- convertitore tempo ampiezza (TAC);
- Analizzatori a Multicanale.

Laboratorio di criogenia

- pompe rotative, componentistica e strumentazione di base per vuoto;
- Criostato a ³He.

Risorse di calcolo:

- Workstation per design e simulazione elettronica con CAE ViewLogic e sistema di sviluppo per FPGA Xilinx M1;
- 2 workstation HP9000 con CAD;
- 16 workstation Sun (sistema operativo SunOS 5.5, con oltre 6 Gb di disco, unità DAT 4mm, unità Exabyte 8 mm, unità CD-ROM e stampanti laser PostScript) dedicate al supporto generale delle attività dell'Istituto per analisi di dati astronomici. Numerosi personal computer.

Unità Politecnico di Torino

- Microscopio a scansione a forza atomica (AFM);
- Sistema di misura delle caratteristiche I-V della giunzione (tunnel di quasiparticella e Josephson) tra 2 e 300 K;
- Apparato sperimentale per la rilevazione e l'analisi del rumore (0-100kHz).

Scientific rationale (in lingua inglese - MASSIMO una pagina)

The objective of this research project is the realization and characterization of single and matrix detectors based on superconducting junctions to be employed from x rays and u.v. to infrared in astronomy space missions and ground base optical observations. Three sub-projects are present, each one referring to a specific goal:

- for the IEN research group, the junction technology development, mainly Nb/Al-AlOx-(Al)/Nb, but possibly also Ta-based, and the detector metrological characterization in the optical band, with the measurement of the absolute quantum efficiency;
- for the CNR-IFC research group, the employ of both single junction and matrix detectors for astrophysical observations from x rays to u.v.;
- for the Politecnico group (PoliTO), the study of the structural, electrical and noise properties of the junctions.

General motivations.

Detectors based on Superconducting Tunneling Junctions (STJ) represent the natural step forward from detectors based on semiconductor technology in photon counting regime. From an astronomical point of view, a detector based on STJ technology excels in the following areas.

- Intrinsic spectral resolution STJ detectors have intrinsic wavelength resolution; this is particularly interesting in the visible-UV spectral range where spectral resolution is so far obtained by means of either filters or dispersive elements placed in front of the detector. Although the spectral resolution attainable by STJ detectors in this spectral range is not comparable with that achievable employing dispersive elements (at 350 nm the theoretical resolution is 20 nm for Nb Junctions), these devices promise unprecedented performances in the field of low resolution spectroscopy of faint sources. In the high energy range, the theoretical spectral resolution is about a factor 30 better than that attainable with a conventional Si detector.
- Broad spectral response STJ detectors are sensible to radiation spanning from IR to x-rays. The low energy cut-off is set by the charge generated by an incident photon being comparable to that generated by a photon coming from the thermal background surrounding the detector; typically this happens for wavelength longer than a few microns. The high energy cut-off is set by the thickness of either the superconducting layers or the substrate: for energies lower than a few hundreds of eV an incident photon can be stopped within the junction (QE=66% @ 1 KeV in 0.2 mm Nb junctions), whereas for higher energies a photon can be detected through the phonons generated in a suitable substrate and capable to generate quasi particles in the superconductor.
- High time resolution In a STJ the generation of charge takes place on time scales of nanoseconds and its confinement time is of the order of microseconds. Hence STJ detectors could be operated as time-tagged photon counters at event rates of order 100 kHz.
- Very high quantum efficiency The quantum efficiency of the STJ detector at optical and UV wavelengths is determined by the reflection losses occurring at the substrate and superconductor /substrate surfaces: by choosing suitable materials, such as for example niobium, tantalum or hafnium which have extremely favorable optical properties, it is possible to obtain a net efficiency in excess of 55% at all wavelengths below 600 nm, reaching higher than 70% at the shortest far-UV wavelengths. This anticipated high far-UV sensitivity is of particular interest for UV space astronomy since all far-ultraviolet detectors up to now make use of photocathodes which seldom achieve quantum efficiencies higher than about 20%. Absolute quantum efficiency will be measured in the visible and IR with a newly established technique based on correlated photons, generated by parametric fluorescence in a non linear crystal. The broad band emission of the fluorescence makes available couples of correlated photons from the pump wavelength (351 nm typically) up to infrared. The technique allows the number and the wavelength of the incident photons to be known with an accuracy higher than other methods shown in literature.
- Imaging capabilities It is possible to build a detector based on an array of STJs, allowing the construction of an imaging camera.

Technical description

The project's main goal is the fabrication of reliable Nb/Al-AlOx-(Al)/Nb Josephson junctions with optimised electrical parameters. In particular, the thermal subgap current of the junctions must be of the order of tens of nA at $T < 1$ K. In fact, in these devices it is essential that the thermal quasiparticle population, i.e., the background thermal noise, be lower than the excess of quasiparticle generated by the incoming photons. To confine the photon-generated quasiparticles close to the barrier, thus increasing the tunneling probability, it is convenient to have a superconducting film between the insulating and the absorbing layers, with an energy gap smaller than the gap of the irradiated layer. The well-known Nb/Al technology is used to fabricate this kind of junctions. Niobium ($T_c = 9.2$ K, energy gap $\Delta = 1.55$ meV) is a very good superconducting material, but its photon-counting capabilities are limited within the spectral range from x-rays to ultraviolet, up to 500 nm. On the other hand, aluminium ($T_c = 1.14$ K, $\Delta = 0.172$ meV) is a very good trapping material.

As extremely low and uniform subgap currents are crucial in these devices, the surface morphology of the different layers of the junctions has to be studied by AFM and STM. Also electrical and noise measurements can be used to infer the structural characteristics of the junction structure. Very low subgap currents can be obtained only when the surfaces of the Nb and Al films are flat enough to give a very uniform and homogeneous tunneling barrier.

The device behavior as photon detector also depends on the geometry of the tunneling junction. A new set of photolithographic masks will be developed, having a set of STJ junctions with different areas and junction geometries.

As already discussed, the device works below 1 K and a ^3He cryostat should be used with a working temperature of 0.3 K. Moreover, a magnetic field must be applied to the device to suppress the Josephson supercurrent and Fiske steps. The junction is coupled to the light source by a optic fibre, suitably aligned by micropositioners. Photon counting is performed mostly with devices already available by IEN.

IFC will apply the device to astrophysics. The first prototype is a single Josephson Junction in a ^3He cryostat. A x-ray source within the cryostat will allow IFC to verify the device sensitivity to the incoming radiation and to determine some characteristics of the junction. An optical fibre system will couple the device to UV sources, installed within the cryostat. Then a scientific test will be performed by a telescope.

The behaviour of the quasi particle tunnelling current with and without incoming radiation will be studied as a function of other relevant parameters like temperature, magnetic field and incoming radiation. The device will be characterized with respect to dark noise and stray light. SNR values in different conditions will allow the designer to optimise the performances of the devices in view of the digital detection of photon flux. Please note that the current noise in the presence of light will show the quasi particle clustering due to single photons even for a digital detection disturbed by thermal noise. Noise will be modeled as for photoconducting devices to optimise the parameters characterising the junction.

After the test of the measuring system as a whole, the device performances will be optimised. To this aim, the fabrication process will be modified by using a new dc sputtering system in which Nb can be deposited at very high temperatures (up to 1000°C), in order to create a quasi monocrystalline film and reduce diffusion effects.

Quantum efficiency will be improved by reducing reflection losses by the absorber. A wide band antireflection coating for niobium will be designed, produced and characterized to this goal.

Further developments will depend on specific requirements by the astrophysics community. By designing suitable masks with several elements, matrices of detectors will be realized with a distance among elements suitable to reconstruct images.

Detailed report on previous activities (in lingua inglese)

Research activity in 1999 focused on the following basic topics:

Junction fabrication — During 1999 the fabrication process of STJ junctions at IEN has been further improved, reaching the technological limit of our present sputtering system. A number of Nb/Al-AlO_x-(Al)/Nb STJ devices has been fabricated on both Corning glass and zapphire substrates, using a set of photolithographic masks designed for this project. Each sample is composed of 3 symmetrical pairs of square junctions (20×20, 50×50 e 100×100 μm²) and a long (20×400 μm²) test junction. All the junctions can be separately measured. An external magnetic field can also be applied to suppress the junction critical current.

It has been found that: (a) the subgap current is independent of the substrate, at least in the limit reachable in our sputtering system, (b) junction insulation is improved by the addition of a SiO_x film above the standard anodized surface of the junctions, resulting in a decrease of the subgap current by roughly one order of magnitude at 0.3 K, (c) at present the subgap current seems to depend essentially on the microstructure of the tunneling barrier, i.e., on the presence of defects and microshorts in the barrier, on border effects in the junctions, related to the etching and anodization processes, on residual stress in the films and finally on a slight damage of the barrier caused by the deposition of the subsequent Nb (or Al) film. This is confirmed by the experimental evidence that the subgap current does not scale well with temperature, decreasing between 4.2 and 0.3 K by only about an order of magnitude, much less than what has been theoretically calculated.

All the problems noted above are related to the limits of our present rf sputtering system. It is in fact well known that rf sputtering results in films whose quality is worse than that attainable with dc sputtering. Also, the base pressure of the system of about 10⁻⁷ mbar, seems to high to produce high-quality and contaminants-free films.

To overcome all these limitations, a new ultra-high vacuum dc sputtering system with a sputtering chamber and a loadlock, capable of heating the substrate up to 1000°C during the deposition of Nb, has been designed and will be presumably shipped next October.

2) Electrical and optical characterization — In the current year, in order to test junctions either electrically and optically, a new compact ³He cryogenic system has been set up at IEN. Such cryostat has the advantage to be of reduced size, can easily be transferred among laboratories or telescope sites for astronomical observation. Moreover, it has a low helium consumption rate and it allows a wide cold working area (55 mm height with a diameter of 250 mm). The cryostat consists of a dewar with a volume of 3 litres of He, shielded by a liquid nitrogen reservoir. The ³He refrigerator, which allows to reach a temperature lower than 400 mK, is linked with the cold plate of the liquid helium reservoir. In the preliminary tests a minimum temperature of 360 mK has been measured, as a result of the optimised thermal link between the cold plate and the refrigerator. In fact, at very low temperatures, the thermal boundary resistance increases as T⁻³ and hence can produce high thermal gradients which could limit the refrigerator performance.

Waiting for the new sputtering system at IEN, preliminary tests of the junction characterization system have been done by using STJ's fabricated at ETL (Japan). The power dissipated by the junction and the thermal load of the electrical wiring produces a slight increase of the minimum working temperature of the cryostat. In the worst case, the highest temperature was 420 mK, well below the T=500 mK limit, at which the thermal tunnel current is low enough. Leakage currents of the order of 10 μA were measured. Such a value was temperature independent for T<1 K, thus avoiding the photon counting.

To suppress the critical current, Helmholtz coils made by superconducting Nb wire have been tested. They showed thermal problems related to the transition to the normal state of the Nb wire at current values not sufficient for a complete reduction of the Josephson current. New superconducting coils made by Cu/NbTi wire have been realized in order to achieve a better thermalization also in vacuum, as requested by the experiment. They are actually under test.

An optical fibre has been inserted in the cryostat in order to irradiate junctions. At the moment the positioning system of the fiber is made by xyz micro slides, in order to align the core of the fiber to the junction area.

In order to improve the quantum efficiency of the device, antireflection coatings for the junctions absorption film are currently under investigation. In the wavelength range 0.65-1 μm, the reflectivity can be reduced to values lower than 0.29, while the maximum value for Nb in the above mentioned range is 0.8. Room temperature experiments have been performed on a two-layer antireflection coating: results confirmed a good agreement between the design and the measured values.

3) Photon counting — In 1999 an intercomparison has been performed with NIST (USA) to state the accuracy achievable when calibrating photon counting devices with the so-called correlated photon technique. To this aim an avalanche photodiode by NIST has been calibrated at both NIST and IEN. IEN experimental set up has been improved, reaching an accuracy (0.5%) much better than the value (1%) previously reported for the same kind of detectors. First, a thin and weakly absorbing crystal has been pumped, then all non-linearities in the electronic chain have been studied and the related dead times corrected. Finally, the alignment of the detectors has been improved and consequently, some systematic contributions to the uncertainty have been reduced. Measurements have been almost completely automated to improve repeatability.

Final results confirm the accuracy level stated by the participating laboratories and clearly indicates that 0.1% level will be easily reachable. Moreover, they showed also that the method itself is much more reliable than the detectors used in the comparison.

4) Noise models for STJ — Some tests have been performed on STJ current noise by a preliminary experimental set up and

sensitivity and background noise have been determined in order to characterise the devices with respect to noise. Results showed that a new experimental set up was required with a halogen lamp as a light source, because the laser in the first tests was too noisy for measuring the intrinsic noise of the device. Moreover, an extra low noise transformer and a differential amplifier are required to reject or minimise the external noise. Finally, it has been proved that a special permanent magnet is required to reduce the induced noise instead of the electromagnet used in the first tests. Magnetic field can be changed by changing the position of the magnet with respect to the junction. A new experimental set up is under completion at IEN.

Motivazioni e obiettivi scientifici (MASSIMO una pagina)

L'obiettivo di questo progetto di ricerca è la realizzazione e caratterizzazione di rivelatori sia a singola giunzione superconduttiva che a schiera di elementi per l'impiego dai raggi x agli uv, fino all'infrarosso sia per missioni astronomiche spaziali che per osservazioni ottiche da terra.

Tre sottoprogetti sono coordinati, ciascuno mirato ad uno specifico obiettivo:

- per il gruppo di ricerca dello IEN lo sviluppo della tecnologia delle giunzioni, principalmente Nb/Al-AlOx-(Al)/Nb ma possibilmente anche giunzioni basate sul Tantalio e la caratterizzazione metrologica in banda ottica del rivelatore con la misura dell'efficienza quantica assoluta;
- per il gruppo di ricerca CNR-IFC l'impiego del rivelatore a giunzione singola e a matrice per osservazioni astrofisiche dai raggi x agli uv;
- per il gruppo del Politecnico di Torino (PoliTO) lo studio delle proprietà strutturali, elettriche e di rumore delle giunzioni.

Motivazioni

I rivelatori basati su giunzioni superconduttrici ad effetto tunnel (STJ, Superconducting Tunnelling Junction) rappresentano sotto molti aspetti la naturale evoluzione dei rivelatori basati su tecnologia a semiconduttore per le misure in regime di conteggio di fotoni.

Da un punto di vista astronomico, le prerogative di un rivelatore STJ sono le seguenti:

- Risoluzione spettrale intrinseca I rivelatori STJ possiedono una risoluzione energetica intrinseca. Ciò è particolarmente interessante a bassa energia, dove, attualmente, l'unico modo per avere risoluzione spettrale è quello di ricorrere all'uso di filtri o di elementi dispersivi. Sebbene il potere risolutivo ottenibile in questa regione spettrale (risoluzione teorica del Nb: 20 nm a 350 nm) non sia paragonabile a quello ottenibile mediante l'uso di dispersori, i rivelatori STJ sono senza dubbio potenzialmente molto utili nel campo della spettroscopia a bassa risoluzione di oggetti deboli. Ad alta energia la risoluzione spettrale teorica è circa un fattore 30 migliore di quella ottenibile con un normale rivelatore al Si.
- Larghissima risposta spettrale I rivelatori STJ sono sensibili in tutta la banda dall'IR ai raggi X. A bassa energia il taglio avviene allorché la carica generata dall'assorbimento di un fotone diventa paragonabile a quella generata dall'interazione con i fotoni provenienti dal fondo termico dell'ambiente circostante al rivelatore; tipicamente ciò avviene per lunghezze d'onda superiori a qualche micron. Ad alta energia il taglio è invece fissato dagli spessori dei materiali utilizzati: sino a qualche centinaio di eV è infatti possibile assorbire direttamente nella giunzione i fotoni incidenti (efficienza del 66% a 1 KeV in giunzioni da 0.2 μ m di Nb), mentre per energie superiori i fotoni incidenti vengono rivelati tramite l'assorbimento in un opportuno substrato ove generano fononi in grado di rompere le quasiparticelle nel superconduttore. A questo riguardo giova ricordare che, a differenza di quanto capita nei rivelatori a semiconduttore, nel caso di rivelatori superconduttori i fononi generati dall'interazione con i fotoni incidenti non rappresentano un meccanismo di perdita in quanto contribuiscono, almeno in parte, alla creazione di quasiparticelle nel superconduttore: ottimizzando il materiale utilizzato come substrato è possibile privilegiare la creazione di fononi con energia superiore all'energia di legame delle coppie di Cooper.
- Ottima risposta temporale Il processo di generazione di carica in una giunzione superconduttrice avviene su una scala di tempi dell'ordine dei nanosecondi; il tempo di confinamento della carica generata dipende dalla geometria e dalle proprietà del superconduttore utilizzato, ma è dell'ordine dei microsecondi. E' quindi possibile realizzare rivelatori STJ che operino in regime di conteggio di fotoni (con misura del tempo d'arrivo) con tassi di conteggio fino a circa 100 kHz.
- Ottima efficienza quantica L'efficienza quantica di un rivelatore STJ è determinata, nella regione dell'ottico e dell'UV, dalle perdite per riflessione in corrispondenza della superficie del substrato e della transizione tra substrato e superconduttore. Sotto i 600nm ci si aspetta un'efficienza netta dell'ordine del 55%, mentre tale efficienza sale fino a circa il 70% nel lontano UV. Quest'ultimo dato è di particolare interesse se si pensa che i fotocatodi normalmente utilizzati nei rivelatori per quest'intervallo spettrale hanno un'efficienza quantica che difficilmente supera il 20%. La determinazione dell'efficienza quantica assoluta del rivelatore verrà effettuata usando un fascio di fotoni correlati, generati per fluorescenza parametrica in un cristallo non lineare, con un'accuratezza superiore a quella delle tecniche finora riportate in letteratura.
- Possibilità di realizzare matrici È possibile realizzare matrici bidimensionali di giunzioni STJ in modo da poter costruire rivelatori sensibili alla posizione.

Il progetto comporta la realizzazione di giunzioni Josephson del tipo Nb/Al-AlOx-(Al)/Nb con caratteristiche elettriche ottimizzate ed in particolare una corrente di subgap essenzialmente di tipo termico e di poche decine di nA o meno a $T < 1$ K. È necessario infatti, che la popolazione di quasiparticelle originate termicamente, che costituisce il rumore termico di fondo, sia inferiore all'eccesso di quasiparticelle generato dai fotoni incidenti.

Per confinare le quasiparticelle generate vicino alla barriera, e quindi aumentare la probabilità di tunneling, è conveniente utilizzare un film superconduttore intermedio tra l'isolante ed il film assorbente, con un gap di energia più piccolo rispetto a quello dello strato illuminato. La scelta del Niobio (temperatura critica $T_c=9.2$ K e gap di energia $\Delta=1.55$ meV), è determinata dalla conoscenza ormai consolidata della tecnologia necessaria: essa limita il conteggio di fotoni nell'intervallo spettrale che va dai raggi x all'ultravioletto e fino a circa 500 nm. L'Alluminio, a sua volta, presenta le caratteristiche appropriate ($T_c=1.14$ K e $\Delta=0.172$ meV) come materiale per lo strato trappola. Poiché come detto risulta cruciale un basso ed uniforme valore della corrente di subgap è necessario da un lato studiare accuratamente la morfologia superficiale dello strato di base di niobio tramite AFM e misure elettriche anche di rumore, dall'altro sperimentare nuove tecniche per la miglior planarizzazione durante la deposizione del film stesso. Poiché le prestazioni del dispositivo dipendono sia dalla geometria che dall'area della giunzione, è prevista la progettazione di maschere litografiche per la realizzazione dei dispositivi, in modo da disporre di rivelatori caratterizzati da aree e geometrie differenti.

Il funzionamento del dispositivo deve avvenire, come già spiegato, a temperature inferiori ad 1 K. Per questo si utilizza un criostato raffreddato con ^3He , che consente una temperatura di esercizio di 0.30 K. È necessaria anche la presenza di un magnete per produrre il campo magnetico necessario a sopprimere la corrente Josephson e i gradini di Fiske.

L'accoppiamento della giunzione con la sorgente di luce viene effettuato mediante una fibra ottica, opportunamente allineata mediante un sistema di microposizionamento. Il conteggio di fotoni viene effettuata basandosi sulla strumentazione in gran parte già disponibile presso i laboratori IEN.

All'IFC viene curata l'applicazione in campo astrofisico del rivelatore sviluppato. Il primo prototipo è costituito da una singola giunzione STJ montata in un criostato operante a 0.3 K. In particolare, una sorgente X montata direttamente all'interno del criostato permetterà di effettuare una prima verifica della risposta dei dispositivi alla radiazione incidente e di determinare alcuni parametri caratteristici della giunzione. Un sistema a fibre ottiche permetterà poi di illuminare i dispositivi con sorgenti ottiche-UV poste all'esterno del criostato. Sarà a questo punto possibile anche un test scientifico al fuoco di un telescopio.

Il comportamento della corrente di tunneling di quasi-particella generata sia in assenza che in presenza della radiazione incidente viene studiato in funzione degli altri parametri fisici rilevanti come la temperatura, il campo magnetico e la radiazione incidente. Il dispositivo viene così caratterizzato sia nei riguardi del rumore di buio che di quello generato in presenza di luce. Lo studio del rapporto segnale/rumore in diverse condizioni operative permetterà pertanto di ottimizzare le prestazioni del dispositivo rivelatore in vista della fase successiva, consistente nel passaggio alla rilevazione digitale del flusso fotonico. È interessante notare che il rumore di corrente in presenza di luce dovrebbe rilevare la formazione di cluster di quasi-particelle per effetto di un singolo fotone anche in condizioni in cui la rilevazione digitale risulta ancora difficile a causa del rumore termico. Verrà sviluppato un modello interpretativo del rumore analogo a quello sviluppato per dispositivi fotoconduttori, con lo scopo di ottimizzare i parametri che caratterizzano la giunzione.

Dopo aver sperimentato il sistema di misura nel suo complesso, sarà possibile procedere al miglioramento delle caratteristiche del dispositivo. A questo fine si rende necessario modificare il processo di fabbricazione del dispositivo. Un possibile miglioramento è rappresentato dalla realizzazione di uno strato epitassiale di Niobio, anziché policristallino, che dovrebbe ridurre i fenomeni di diffusione. Un miglioramento dell'efficienza quantica del dispositivo può essere ottenuto riducendo le perdite per riflessione che si hanno sullo strato assorbente. Per questo occorre progettare fabbricare e caratterizzare uno strato antiriflesso a larga banda per il Niobio.

Si prevede di ottenere un ulteriore miglioramento del dispositivo utilizzando come materiale superconduttore il Tantalio invece del Niobio. Questo tipo di materiale, infatti, presenta due sostanziali vantaggi rispetto al Nb: un gap di energia più basso ($\Delta=0.664$ meV) che determina un maggior numero di quasiparticelle create per fotone ed un tempo di ricombinazione delle quasiparticelle più lungo. Questi due aspetti permettono la rivelazione di fotoni nell'intervallo di lunghezze d'onda del visibile e dell'infrarosso sino a 2 μm . Inoltre, avendo il Tantalio una temperatura critica $T_c=4.48$ K è possibile continuare a lavorare a temperature che non scendono sotto gli 0.3 K e dunque utilizzare lo stesso tipo di criostato usato con il Niobio.

Un ulteriore proseguimento dello sviluppo del dispositivo può avvenire in base alle specifiche esigenze della comunità degli astrofisici. Attraverso la progettazione di opportune maschere contenenti le configurazioni dei vari elementi si realizzeranno infine matrici di rivelatori valutando le corrette distanze tra gli elementi in modo da ricostruire le immagini.

Resoconto dell'attività precedente (MASSIMO una pagina)

L'attività svolta nel 1999 nell'ambito di questo progetto si è concentrata sui seguenti aspetti fondamentali.

1) Giunzioni STJ. Sono stati realizzati un certo numero di dispositivi STJ del tipo Nb/Al-AlOx-(Al)/Nb depositati sia su substrati di vetro Corning che di zaffiro, utilizzando un set di maschere fotolitografiche sviluppate appositamente. Ogni campione è costituito da tre coppie simmetriche di giunzioni Josephson quadrate di 20×20 , 50×50 e $100 \times 100 \mu\text{m}^2$, più una giunzione di test da $20 \times 400 \mu\text{m}^2$. Tutte le giunzioni sono connesse ad un terminale centrale comune e sono misurabili separatamente sia in assenza che in presenza di un campo magnetico esterno.

I principali risultati ottenuti sono: (a) la corrente di subgap è indipendente dal substrato utilizzato, ciò almeno nei limiti di qualità delle giunzioni raggiungibili nel nostro sistema di sputtering, (b) l'isolamento delle giunzioni viene migliorato utilizzando un film di SiOx depositato al di sopra della superficie della giunzione anodizzata con il metodo standard, dando origine ad una diminuzione della corrente di subgap di circa un'ordine di grandezza a 0.3 K, (c) attualmente la corrente di subgap sembra dipendere essenzialmente dalla microstruttura della barriera tunnel, quindi dalla presenza di difetti e microshort nella barriera, da effetti di bordo nelle giunzioni legati ai processi di attacco chimico e di anodizzazione, da stress residui nel film e, infine, da leggeri danneggiamenti della barriera causati dalla successiva deposizione del film di Nb (o Al). Ciò è confermato sperimentalmente dal fatto che la corrente di subgap non scala con la temperatura secondo quanto previsto dalla teoria, ma diminuisce fra 4.2 e 0.3 K di solo un ordine di grandezza. Tutti i problemi elencati sopra sono legati ai limiti del nostro attuale sistema di sputtering rf. Si sa infatti che lo sputtering rf produce film di qualità molto inferiore a quelli ottenuti con lo sputtering dc. Inoltre, la pressione di base del sistema di circa 10^{-7} mbar è troppo alta per produrre film di elevata qualità e purezza. Per superare questi problemi, un nuovo sistema di sputtering dc in ultra-alto vuoto, comprendente una camera di sputtering e un loadlock, in grado di riscaldare i substrati fino a 1000°C durante la deposizione del Nb, è stato progettato e verrà consegnato presumibilmente il prossimo mese di Ottobre.

2) Caratterizzazione elettrica e ottica Nel corso di questo anno, per poter effettuare la caratterizzazione elettrica ed ottica delle giunzioni, è stato messo in funzione presso lo IEN un refrigeratore criogenico di tipo compatto funzionante ad ^3He . Tale criostato ha il vantaggio di avere dimensioni contenute, facilitando quindi il suo trasporto presso i laboratori di misura o i telescopi per le osservazioni astronomiche, di funzionare utilizzando piccole quantità di elio liquido, e garantendo tuttavia un ampio spazio utile per l'esperimento. Il criostato risulta costituito da un dewar con una capacità di 3 litri di elio protetto da uno schermo collegato ad un riserva di azoto liquido. Lo spazio utile per l'esperimento risulta alto 55 mm per un diametro di 250 mm. Attaccato al piatto freddo del contenitore dell'elio liquido vi è un refrigeratore ad ^3He che consente di raggiungere temperature inferiori ai 400 mK. Nelle misure preliminari effettuate per verificare il funzionamento del criostato si è misurata una temperatura minima di 360 mK, che è stata raggiunta solo dopo essere riusciti ad ottenere un buon contatto termico tra il piatto freddo ed il refrigeratore. A queste temperature, infatti, la resistenza termica di boundary aumenta con l'inverso del cubo della temperatura e può generare dei salti termici notevoli, tali da non consentire un corretto funzionamento del refrigeratore.

In attesa della messa in funzione del nuovo sistema di produzione di giunzioni dello IEN, sono stati effettuati dei test del sistema di caratterizzazione delle giunzioni utilizzando delle giunzioni prodotte presso l'ETL (Japan). La potenza dissipata dalla giunzione insieme al carico termico costituito dai suoi collegamenti elettrici fa sì che la temperatura minima di funzionamento del criostato si innalzi. Nel caso peggiore non si è comunque andati oltre i 420 mK, temperatura ampiamente al di sotto del limite di 500 mK sufficiente alle giunzioni per ridurre della quantità adeguata la corrente termica prodotta dal tunneling di quasiparticelle. Le misure effettuate hanno rivelato che le giunzioni esaminate hanno una corrente di perdita dell'ordine dei 10 μA che non scende con la temperatura al di sotto di 1 K, rendendo quindi impossibile il conteggio di fotoni.

Per abbattere la corrente critica sono state provate delle bobine in configurazione di Helmholtz realizzate con del filo superconduttore di Nb. Esse, tuttavia, hanno presentato dei problemi di termalizzazione legati alla transizione allo stato normale del filo per valori di corrente insufficienti ad ottenere un campo magnetico nel piano della giunzione in grado di abbattere completamente la corrente Josephson. Sono quindi state realizzate altre bobine superconduttrici con filo di NbTi in matrice di rame che dovrebbero garantire una buona termalizzazione anche in vuoto come richiesto dall'esperimento. Il loro funzionamento è in fase di verifica sperimentale.

All'interno del criostato è stata anche inserita una fibra ottica per consentire di illuminare le giunzioni. Attualmente il suo posizionamento viene effettuato mediante un sistema xyz di microslitte che permette di allineare con buona precisione il core della fibra all'area della giunzione.

Per quanto riguarda il problema dell'efficienza quantica del dispositivo sono stati proseguiti gli studi sugli strati antiriflesso da applicare al film assorbente della giunzione. Si è dimostrato che nell'intervallo di lunghezza d'onda $0.65\text{--}1 \mu\text{m}$ è possibile ridurre la riflettività a valori inferiori a 0.29, rispetto al valore massimo di 0.8 del solo Nb. Una verifica sperimentale a temperatura ambiente è stata effettuata per un progetto di antiriflesso a due strati e i risultati hanno confermato un buon accordo tra i dati di progetto e le misure.

3) Misura di segnali in regime di conteggio di fotoni Nel corso del 1999 è stato portato a termine un confronto con il National Institute of Standards and Technology (NIST) per stabilire i limiti e il livello di accuratezza raggiungibile con la tecnica a due fotoni correlati. Un fotodiodo ad effetto valanga operante in regime di conteggio del NIST è stato tarato sia al NIST che all'IEN. A questo scopo l'IEN ha migliorato le prestazioni del proprio sistema di misura, ottenendo una accuratezza (0.5%) migliore rispetto a misure precedenti (1%) sugli stessi rivelatori. Questo è stato possibile utilizzando un cristallo sottile e poco assorbente; studiando sistematicamente e correggendo le non-linearità presenti nell'elettronica di misura dovute ai tempi morti e gli errori sistematici associati al banco stesso, causati ad esempio da un cattivo allineamento. La quasi totale automatizzazione delle misure ed il miglioramento della micromovimentazione dei rivelatori hanno permesso di mettere a

punto una procedura di misura più affidabile di quella adottata in precedenza. In particolare il confronto ha messo in evidenza: il livello di accuratezza attuale dei due laboratori (0.5%), quello raggiungibile facilmente (0.1%), e la necessità di un protocollo di misura, attualmente in corso di stesura sulla base dei test effettuati finora o che verranno in futuro effettuati in modo indipendente nei due laboratori. Il confronto ha inoltre evidenziato come la sorgente a due fotoni presenti un livello di riproducibilità superiore a quello degli attuali rivelatori operanti in regime di conteggio; non sono infatti state rilevate differenze sostanziali nei due sistemi di misura imputabili alle sorgenti a due fotoni, diverse nei due casi. Infine, il confronto ha evidenziato come la tecnica sia attualmente limitata dalle caratteristiche degli attuali contatori di fotoni: quello misurato presenta disuniformità spaziali al livello del 40% su un'area sensibile di diametro pari a 500 μm .

4) Modelli di rumore nei dispositivi STJ - Durante il 1999 sono state effettuate prove di misura del rumore di corrente in dispositivi STJ utilizzando un'apparecchiatura preliminare, allo scopo di determinare le caratteristiche relative alla sensibilità ed al rumore di fondo necessarie per caratterizzare il rumore del dispositivo. Tali prove hanno evidenziato la necessità di costruire una nuova apparecchiatura aventi le seguenti caratteristiche: a) sorgente di luce ottenuta utilizzando una lampada ad incandescenza di tipo alogeno. La sorgente laser utilizzata nell'apparecchiatura preliminare si è dimostrata troppo rumorosa per poter evidenziare il rumore intrinseco del dispositivo. Tale sorgente permetterà inoltre di selezionare la lunghezza d'onda mediante l'uso di filtri interferenziali. b) Utilizzo, per il rilievo del rumore, di un trasformatore 'extra low noise' e di un amplificatore differenziale, che consentano una buona reiezione di modo comune, in modo da ridurre al minimo i disturbi esterni. c) Utilizzo di un magnete permanente del tipo cobalto- terre rare per l'abbattimento della corrente critica, al posto dell'elettromagnete utilizzato durante le prove preliminari, allo scopo di semplificare l'apparecchiatura e di eliminare il rumore indotto. Il campo magnetico può venire cambiato spostando la posizione del magnete rispetto alla giunzione. Un'apparecchiatura basata su tali presupposti è attualmente in corso di completamento presso i laboratori IEN.

Elenco delle pubblicazioni relative al progetto in oggetto (organizzato per unità operative)

- P. Mandracci, M.L. Rastello, P. Rava, F. Giuliani, F. Giorgis, *Stability and quantum efficiency of a novel type of a-Si:H/a-SiC:H based UV detector*, Thin Solid Films, Vol. 337, nos. 1-2, pp. 232-234, 1999.
- E. Monticone, V. Lacquaniti, R. Steni, M. Rajteri, M.L. Rastello, L. Parlato, G. Ammendola, *Niobium Josephson Junction Bolometers for Optical Detection in the Visible-Infrared Region*, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 9, no. 2, part III, pp. 3866-3869, 1999.
- G. Ammendola, G.P. Pepe, G. Peluso, A. Barone, L. Parlato, E. Esposito, E. Monticone, M. Rajteri, *Non-Equilibrium Experiments in LTS Josephson Double Tunnel Devices*, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 9, no. 2, part III, pp. 3974-3977, 1999.
- E. Monticone, M. Rajteri, S. Maggi, R. Steni, M.L. Rastello, V. Lacquaniti, G.P. Pepe, L. Parlato, G. Ammendola, *Analysis of NB Josephson junction properties under optical irradiation*, International Journal of Modern Physics B, Vol. 13, nos. 9-10, pp. 1295-1300, 1999.
- G. Brida, S. Castelletto, C. Novero, M.L. Rastello, *Quantum-efficiency measurement of photon detectors by means of correlated photons*, Journal of Optical Society of America B, Vol. 16, no. 10, pp. 1623-1627, 1999.
- P. Mandracci, F. Giorgis, C.F. Pirri, M.L. Rastello, *Large area and high sensitivity a-Si:H/a-SiC:H-based detectors for visible and UV light*, Review of Scientific Instruments, Vol. 70, no. 5, pp. 2235-2237, 1999.
- S. Castelletto, I.P. Degiovanni, M.L. Rastello, *Non-demolition photon number measurement via $\chi(2)$ non-linearity*, Int. J. Mod. Phys. B vol. 13, n. 28, pp. 1-10, 1999.
- S. Castelletto, I.P. Degiovanni, M.L. Rastello, *Theoretical aspects of the photon number measurement*, to appear on Metrologia.
- M. Rajteri, M.L. Rastello, E. Monticone, R. Steni, V. Lacquaniti, F. Giorgis, C.F. Pirri, *Antireflection coating for superconducting tunnel junction photodetectors in the visible range*, Philosophical Magazine B, Vol. 80, no. 4, pp 531-538, 2000.
- E. Monticone, A.M. Rossi, M. Rajteri, R.S. Gonnelli, V. Lacquaniti, G. Amato, *Structural and morphological properties of evaporated silicon oxide*, Philosophical Magazine B, Vol. 80, no. 4, pp 523-528, 2000.
- M. Rajteri, M.L. Rastello, E. Monticone, *Antireflection coatings for superconducting photodetectors*, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A, Vol. 444, pp 461-464, 2000.
- M. Greco, E. Menichetti, G. Rinaudo, S. Maggi, V. Lacquaniti, *Semiconductor-like Behavior in Superconducting Nb/Al Films*, Int. J. Modern Physics Vol. B 13, pp. 1229-1233 (1999).
- M. Greco, V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Menichetti, G. Rinaudo, *Anderson Localization in Nb/Al Superconducting Bilayers*, J. Low Temp. Phys. Vol. 118, pp. 75-89 (2000).
- M. Greco, V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Menichetti, and G. Rinaudo, *Characterization of Superconducting Localized Structures*, Phil. Mag. Vol. B 80, pp. 889-895 (2000).
- G. Brida, S. Castelletto, I.P. Degiovanni, C. Novero, M.L. Rastello, *Quantum efficiency and dead time measurement of single-photon photodiodes: a comparison between two techniques*, to appear in Metrologia.
- S. Castelletto, I.P. Degiovanni, M.L. Rastello, *Theoretical aspects of the photon number measurement*, to appear in Metrologia.
- G. Brida, S. Castelletto, I. Degiovanni, C. Novero, M.L. Rastello, *Metrology of photon quantities*, to appear in the Proceedings of the 24th Session of the Commission Internationale de l'Eclairage – CIE, Varsavia, June 1999.
- V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, A. Polcari, R. Steni, D. Andreone, *Development of a Nb/Al Technology for SNS Josephson Junctions*, submitted to Int. J. Mod. Phys. B.

M. Greco, E. Menichetti, G. Rinaudo, S. Maggi, V. Lacquaniti, *Development of Superconducting Nb/Al Detectors*, submitted to Int. J. Mod. Phys. B.

S. Castelletto, I.P. Degiovanni, M.L. Rastello, *Distortion effects induced on photon statistics by non-ideal behaviour of detectors*, IEN Technical Report no. 584, October 1999.

Maria Luisa Rastello

Firma del coordinatore del progetto
(specificare statuto o incarico)

Paolo Mastroeni

Firma del responsabile amministrativo
(specificare statuto o incarico)

Redatto il

Titolo del progetto: REALIZZAZIONE DI GIUNZIONI SUPERCONDUTTIVE AD EFFETTO JOSEPHSON E LORO APPLICAZIONE ALLO SVILUPPO DI RIVELATORI IN REGIME DI CONTEGGIO DI FOTONI PER APPLICAZIONI ASTROFISICHE

Coordinatore: *Nome:* Marialuisa *Titolo:* dott. *Cognome:* Rastello
(in sostituzione dell'ing. Vincenzo Lacquaniti, Coordinatore del 1° anno di progetto)

Descrizione del prodotto - allegato tecnico (massimo una pagina)

Lo IEN svilupperà da un lato la tecnologia completa dei rivelatori a giunzione Josephson Nb/Al-AlOx-(Al)/Nb ed i sistemi per la caratterizzazione elettrica di base di questi dispositivi, dall'altro i metodi di caratterizzazione di tali dispositivi superconduttivi come rivelatori per il conteggio di fotoni nell'intervallo di frequenze dall'ultravioletto all'infrarosso.

Durante i tre anni del progetto si prevede di realizzare, partendo dalla tecnologia dei multilayer di Nb e Al e dalle tecniche fotolitografiche già sviluppate in questo laboratorio, tre diverse generazioni di dispositivi.

La prima consisterà in dispositivi di area compresa tra 20×20 e $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ ed elettrodi di collegamento (wiring) di 5–10 μm , depositati su substrati di vetro e silicio utilizzando il processo standard di fabbricazione e geometrie appositamente progettate. Per essere usate come rivelatori ad elevata risoluzione energetica le giunzioni Josephson devono avere una corrente di subgap estremamente bassa, dell'ordine del nA. Nel corso della caratterizzazione elettrica di base dei dispositivi fabbricati si valuterà pertanto principalmente il valore di tale corrente di subgap in funzione dei parametri di deposizione.

La seconda generazione consisterà in dispositivi in cui sia il substrato che la tecnologia di deposizione saranno ottimizzati, ad esempio usando substrati in zaffiro e sputtering dc, al fine di pervenire a superfici del film base di Nb il più possibile planari e prive di stress, essendo questi requisiti essenziali per minimizzare la corrente di subgap.

La generazione finale di dispositivi, che dovrà essere utilizzata come rivelatore per i raggi x e gli uv, sarà ottenuta con la tecnologia di deposizione precedentemente messa a punto applicata a giunzioni di geometria calcolata per avere un andamento ottimale della corrente critica in funzione del campo magnetico esterno, cioè con lobi secondari tendenti a zero. Questa è una condizione essenziale per l'uso pratico di questi dispositivi come rivelatori in regime di conteggio di fotoni.

Il secondo prodotto del gruppo dello IEN consisterà nella caratterizzazione dei dispositivi fabbricati come contatori di fotoni sulla singola lunghezza d'onda, attraverso la misura dell'efficienza quantica, della carica raccolta e del tempo di risposta. La sensibilità verrà ottimizzata con la realizzazione di uno strato antiriflesso che limiti le perdite sulla superficie della giunzione.

L'obiettivo principale del sottoprogetto IFC-CNR di Milano è quello di applicare i prototipi di rivelatori superconduttivi per osservazioni astrofisiche dai raggi x agli infrarossi. Lo sviluppo di capacità italiane, non solo nell'ambito dello sviluppo e nella fabbricazione dei dispositivi, ma anche in quello del loro utilizzo pratico come rivelatori per astrofisica è fondamentale affinché la comunità italiana possa avere accesso a questa tecnologia.

Il primo prototipo sarà costituito da una singola giunzione STJ montata in un criostato operante a 300 mK e permetterà sia misure di laboratorio in banda ottica, uv ed x, sia un test scientifico in banda ottica al fuoco di un telescopio. È previsto, poi, un secondo prototipo analogo al primo, ma costituito da un array di giunzioni.

Lo scopo del sottoprogetto del Politecnico di Torino è quello di caratterizzare strutturalmente le giunzioni mediante microscopia a forza atomica nonché di studiare, mediante analisi del rumore relativo alla corrente di tunneling nelle giunzioni realizzate nel progetto di base, i processi fisici che sono alla base della conduzione elettrica attraverso la barriera. Ciò dovrebbe permettere di ottimizzare i parametri relativi alla giunzione onde ottenere il miglior rapporto segnale-rumore per ciascun valore della temperatura e della lunghezza d'onda della luce incidente. Una parte del sottoprogetto sarà anche riservata alla caratterizzazione superconduttiva delle giunzioni in assenza di radiazione incidente mediante misure di conduttanza di tunnel di quasi-particella in funzione della temperatura e studio, anche teorico, delle proprietà della barriera e delle interfacce (effetto prossimità ed altri fenomeni di superficie) a partire dalle misure di conduttanza di tunnel.

...