

AGENZIA SPAZIALE ITALIANA

Via di Villa Patrizi, 13 - 00161 ROMA

tel. 06-4404/205/206/051 - fax 06-4404212

RISERVATO ALL'ASI

RICHIESTA DI FINANZIAMENTO PER PROGETTO DI RICERCA (1*) Anno 1995

TITOLO PROGETTO

Rivelatore a bolometro superconduttore a struttura sospesa per l'infrarosso.

CAMPO DI RICERCA (5*)

RESPONSABILE SCIENTIFICO E COORDINATORE

Vincenzo Lacquariti

Istituzione o

Unità di Ricerca

Istituto Elettrotecnico Nazionale Ferraris

Città

Torino

Sottoprogetti Coordinati

Responsabile di Sottoprogetto

Istituzione o Unità di Ricerca

Collaborazioni internazionali (4*)

Personale dedicato all'intero Progetto per l'anno di riferimento

PERSONALE	TOTALE MESI
Ricercatori	Ricercatori
Tecnici	Tecnici

10

29

0

0

Finanziamento dell'intero progetto per l'anno di riferimento

INVESTIMENTO	100
FUNZIONAMENTO	50
TOTALE	150



Il Funzionario incaricato
Mariella Ferrasi
Funzionario Amministrazione

II

(6*)

UNITA' CHE COLLABORANO ALLA RICERCA

(un foglio per ogni Unità di Ricerca)

RESPONSABILE SCIENTIFICO DEL PROGETTO O SOTTOPROGETTO

Ing. V. Lacquariti

TITOLO PROGETTO

Rivelatore a bolometro superconduttore a struttura sospesa per
e' infrarosso.

Per Ricerca coordinata indicare

TITOLO SOTTOPROG

ISTITUZIONE o
Unità di Ricerca (3*)

Istituto Elettotecnico Nazionale "G. Ferraris"

DIRETTORE ISTITUZIONE
o Unità di Ricerca

Dott. P.A. Mastroeni

Sigla Istituz

IEN

INDIRIZZO COMPLETO DELL'Istituzione o Unità di Ricerca

Via - Num C. 50 Massimo D'Azeglio 42
Città / CAP 10125 Torino

Telefono 011-39191

Telefax 011-6507611

DENOMINAZIONE UFFICIALE DELL'ENTE (2*)

Istituto Elettotecnico Nazionale "G. Ferraris"

RETTORE o PRESIDENTE

Prof. Sigfrido Leschiutta

Codice Fiscale ENTE.

01090320019

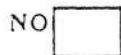
INDIRIZZO COMPLETO DELL'ENTE

Via - Num C. 50 Massimo D'Azeglio 42
Città / CAP 10125 Torino

Telefono 011-39191

Telefax 011-6507611

Domande di finanziamento all'ASI

Finanziamento
del Resp. Scient.INVESTIMENTO 100
FUNZIONAMENTO 50

TOTALE 150

PERSONALE

TOTALE MESI

Ricercatori 10
Tecnici 0Ricercatori 29
TecniciPresidente
(Signature)
(prof. Sigfrido Leschiutta)Firma Respon. Scientif. del progetto
(Specificare statuto o incarico)Firma Respon. Amministr. del progetto o sottoprogramma
(Specificare statuto o incarico)Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di Amministrazione

MOTIVAZIONI ED OBIETTIVI SCIENTIFICI

(fino a 5 pagine)

La necessità di misurare piccole potenze nel campo delle microonde e delle onde millimetriche ha portato a sviluppare dispositivi bolometrici basati su film sottili depositati.

I bolometri a film sottile sono conosciuti essere i rivelatori più sensibili nell'infrarosso e nelle onde millimetriche e sono largamente usati sia nelle osservazioni astronomiche che per un gran numero di altre applicazioni. I bolometri a superconduttore presentano alcuni vantaggi rispetto ai bolometri a semiconduttore, in particolare nei primi la risposta alla luce ha una larghezza di banda che si estende a diverse centinaia di μm in contrasto ai rivelatori a semiconduttore che tipicamente hanno un limite superiore nel range tra 1 e 20 μm . Oltre a ciò, ordinariamente i dispositivi superconduttori richiedono meno potenza di quelli a semiconduttore.

Esistono due categorie di rivelatori superconduttori a strato depositato:

a) Bolometri a film sottile a transizione resistiva che utilizzano superconduttori metallici sono facilmente fabbricati e possono condurre a prestazioni simili a quelle di bolometri compositi, ma richiedono a causa della bassa impedenza del termometro un sistema di misura più complesso. Questo inconveniente può essere superato con film superconduttori granulari, come nitrato di niobio, di basso spessore (10 nm) dove la resistenza superficiale è di 3-4 ordini di grandezza superiore a quella di film metallici di eguale spessore. Inoltre la responsività di questo tipo di dispositivo può essere accresciuta realizzando il dispositivo su supporti aventi bassa conduttanza termica come membrane di nitrato di silicio di spessore inferiore al μm .

b) Un altro tipo di rivelatore superconduttore avente buone prestazioni è realizzato utilizzando giunzioni Josephson a film sottile. In questo dispositivo la variazione di temperatura dovuta alla radiazione incidente è misurata attraverso la variazione della tensione del gap dell'elettrodo. Contrariamente alla maggior parte dei rivelatori convenzionali la risposta ad una intensità uniforme di luce di una giunzione Josephson non è proporzionale all'area del rivelatore, perciò operando con giunzioni di piccola area ($10\text{-}100\ \mu\text{m}^2$) si possono ottenere valori di responsività $10^4\text{-}10^5\ \text{V/W}$. Questi dispositivi presentano una risposta lineare della tensione con la potenza incidente su almeno 5 ordini di grandezza. Schiere di giunzioni operanti come sopra descritto sono interesse per applicazioni particolari come acquisizione di immagini in un largo range di lunghezze d'onda tra 5 μm e 100 μm .

Entrambi i dispositivi vedono aumentare le loro prestazioni in termini di responsività e Noise Equivalent Power se sono depositati su supporti che minimizzano la conduttanza termica.

Il grande interesse suscitato negli ultimi anni dal Silicio poroso (p-Si) nel campo della fotonica e dell'optoelettronica ha prodotto una vasta conoscenza delle proprietà meccaniche, termiche



Il Funzionario incaricato
Mariella Ferassi
Funzionaria di Amministrazione

MOTIVAZIONI ED OBIETTIVI SCIENTIFICI

(fino a 5 pagine)

e morfologiche di questo materiale. Grazie a indagini di tipo più fondamentale, è oggi possibile ideare e sviluppare lavorazioni micromeccaniche a basso costo che hanno larga applicazione nella sensoristica.

Uno dei processi più consolidati è la produzione di ponti e membrane ad alto isolamento termico mediante strato sacrificale in p-Si. Il p-Si viene prodotto mediante attacco elettrochimico in soluzioni di HF ed H₂O o alcool.

Grazie alla presenza di una corrente di lacune nel semiconduttore, è possibile la dissociazione dei legami Si-Si all'interfaccia solido-soluzione, e si ha un'enucleazione di pori nel materiale, che procede in modo fortemente direzionale lungo le direzioni di flusso di corrente.

In relazione al numero di lacune disponibili durante l'attacco, il silicio poroso presenta caratteristiche morfologiche diverse, che hanno origine nei diversi fenomeni fisici che si verificano nella cella elettrochimica. La grandezza delle strutture che si formano varia di tre ordini di grandezza, da silicio macroporoso in cui le dimensioni dei pori e dei "pilastri" sono dell'ordine dei micron a silicio nanoporoso con dimensioni dei cristalliti dell'ordine dei nanometri.

Le tecniche di lavorazione micromeccanica convenzionali utilizzano in genere strati di alluminio di 3-10 micrometri al massimo, che vengono poi rimossi al fine di ottenere uno strato d'aria al di sotto del sensore che ne aumenti l'isolamento termico: il grande vantaggio dell'uso del silicio poroso come strato sacrificale è rappresentato dalla possibilità di realizzare, variando il tempo di attacco, strati anche di notevole spessore, fino a 100 micrometri. Inoltre l'eccellente finitura superficiale di questo materiale è adatta alla deposizione di altri materiali ed in particolare del nitrato di silicio, che è un materiale adatto alla realizzazione di strutture sospese.

E' dunque di grande interesse utilizzare queste tecnologie integrandole con quelle dei dispositivi a film superconduttore precedentemente citate per il conseguimento di bolometri alle frequenze millimetriche in grado di avere responsività tra 10^7 - 10^8 Ω/W e NEP minore di 10^{-13} $W/Hz^{1/2}$.



Il Funzionario incaricato

Mariella Perassi

Funzionario di amministrazione

DESCRIZIONE TECNICA E STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO

(fino a 5 pagine)

Il progetto che si intende sviluppare è relativo alla realizzazione e caratterizzazione di bolometri a strato depositato di materiali superconduttori con elevata sensibilità per l'impiego a frequenze dalle microonde all'infrarosso e lontano infrarosso.

I dispositivi sono basati sia su striscie di niobio o nitruro di niobio per i quali si utilizza la transizione superconduttiva, sia su giunzioni Josephson del tipo niobio / ossido di alluminio / niobio in cui si usa come parametro sensibile la variazione della tensione di gap.

In entrambi i casi i film verranno depositati su membrane di silicio opportunamente assottigliate a livelli di pochi micrometri in modo da originare strutture a ponte sospeso.

Utilizzando opportuni processi fotolitografici e chimici si intende da un lato conseguire geometrie di ridottissime dimensioni, alcuni micrometri, dall'altro spessori dei diaframmi anche inferiori.

In tale modo la responsività e la conduttanza termica dei bolometri può ragionevolmente essere portata a 10^{-7} - 10^{-8} Ω/W e 10^{-5} - 10^{-6} W/K rispettivamente, originando cifre di rumore valutate attraverso il noise equivalent power (NEP) di $10^{-13}/10^{-14}$ $W/Hz^{1,2}$.

In una prima fase si prevede di mettere a punto due distinti processi tecnologici:

- 1) realizzazione di bolometri superconduttivi
- 2) conseguimento di strutture a ponte sospeso

Il primo processo a sua volta è relativo a due distinti tipi di dispositivo

a) bolometro a transizione superconduttiva, per il quale si prevede:

la realizzazione di striscie di niobio e nitruro di niobio di dimensioni di pochi micrometri su substrati di silicio policristallino. In particolare occorre per ognuno dei due materiali ottimizzare i parametri del processo di deposizione, sputtering, specialmente nel caso del nitruro dove occorre determinare la esatta composizione del film a partire dai gas di processo oltre che dalla tensione della scarica in plasma. Un ruolo molto importante è anche rivestito dallo stress dei film ottenuti che deve essere minimizzato per cui saranno effettuate caratterizzazioni opportune.

b) bolometro a giunzione Josephson; per esso si prevede:

la realizzazione di giunzioni Josephson niobio/ossido di alluminio/niobio su substrati di silicio con aree di pochi μm^2 . La tecnica che verrà utilizzata è quella della deposizione sequenziale del tristrato con ossidazione in situ e geometrizzazione delle aree tramite reactive ion etching (RIE). Si dovrà anche in questo caso ottimizzare le condizioni di stress della struttura; inoltre si



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

DESCRIZIONE TECNICA E STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO

(fino a 5 pagine)

valuterà l'impiego di schiere planari di giunzioni al fine di massimizzare l'efficienza del rivelatore; altresì si studieranno dispositivi ad impilamento verticale di almeno due giunzioni.

Il secondo processo verrà sviluppato secondo tre metodologie competitive al fine di scegliere la più adatta.

a) Utilizzo di p-Si come strato sacrificale per la realizzazione di un (bolometro sospeso di niobio superconduttivo): si tratta, in questo processo, di produrre una "valle di silicio poroso" profonda 50-70 micrometri e di area definita grazie a opportune metodologie di mascheratura (in parte già messe a punto dal gruppo). In seguito si deposita una strip di Nb sulla superficie del p-Si e si rimuove lo strato sacrificale mediante attacco in KOH. Il p-Si realizzato in questo caso dovrà possedere ottima finitura superficiale in modo da consentire la successiva deposizione di Nb

b) Utilizzo di p-Si come strato sacrificale per la realizzazione di un bolometro superconduttivo su ponte sospeso di Si_3N_4 : La lavorazione è molto simile alla precedente, sfrutta le proprietà del Nitrato di Silicio come strato di mascheratura durante l'attacco in HF, al fine di ottenere una struttura a ponte sospeso in Si_3N_4 che possiede ottime proprietà meccaniche, su cui depositare il bolometro.

c) Utilizzo di p-Si come strato sacrificale per la realizzazione di un bolometro superconduttivo su ponte sospeso di Si: questo obiettivo è raggiungibile con due processi di diverso tipo, che verranno sviluppati parallelamente: un processo simile ai primi due, ma che si avvale di mascherature ottenute drogando il Silicio di partenza su opportune geometrie, per definire le zone di microlavorazione, e sfrutta il sottoattacco, (l'anisotropia dell'attacco ai bordi delle maschere) per creare un ponte in silicio separato dal materiale bulk di circa 50 micrometri. Al di sopra del ponte è possibile poi depositare la strip di Nb.

Il secondo approccio è un nuovo tipo di attacco elettrochimico in miscela ternaria: HF, HNO_3 e H_2O o alcool. Questo metodo permette la formazione di strutture autoallineate fronte-retro del campione di Silicio, senza bisogno di doppie mascherature: le velocità di attacco sono elevatissime, (400 micrometri di Silicio in 15 min.) ed è possibile controllare lo spessore del silicio restante, fino ad ottenere membrane di pochi micrometri di spessore.

È sufficiente quindi utilizzare un'unica mascheratura per la definizione delle geometrie sul fronte del campione, con semplice fotoresist: segue una deposizione di metallo su tutta la zona mascherata e non, al fine di realizzare un buon contatto ohmico per il seguente attacco elettrochimico. Durante il processo elettrolitico, la rimozione del silicio avviene preferenzialmente lungo le linee di flusso di corrente, ed è possibile arrestare il processo al momento desiderato, in modo da ottenere sia membrane di silicio di vario spessore, che



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

DESCRIZIONE TECNICA E STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO

(fino a 5 pagine)

membrane di metallo sospese. Per questo progetto si pensa di realizzare una membrana di Silicio di 20 micrometri di spessore, che verrà resa porosa da un successivo attacco elettrochimico, questa volta in soluzione di HF e alcool, in modo da aumentare l'isolamento termico al di sotto dell'elemento attivo. Questo processo offre la possibilità di depositare il bolometro anche prima dell'attacco elettrochimico, sfruttando quindi la superficie polished della fetta di Silicio di partenza.

Questa fase richiede di progettare e realizzare maschere fotolitografiche con le opportune geometrie relative ad ognuno dei passi di fabbricazione.

La seconda fase della ricerca consisterà nell'affrontare il problema della integrazione dei due processi tecnologici e cioè di trasferire e adattare le tecnologie di bolometri a transizione e a giunzione Josephson messe a punto sulle membrane di silicio assottigliate valutando in particolare la corretta sequenza delle fasi di deposizione, attacchi chimici e fotolitografie.

Sia per la prima fase che per la seconda verranno effettuate approfondite caratterizzazioni dei due diversi tipi di bolometro tramite misure all'elio liquido in primo luogo di responsività e conduttanza termica irradiando i dispositivi con sorgenti alle diverse frequenze. Per tale aspetto occorre progettare e realizzare criostati adatti a convogliare il segnale focalizzato sul campione e allocare quest'ultimo nell'opportuna sede termica favorendone inoltre l'adattamento di potenza.

Il progetto è di nuova attuazione ed è la prima richiesta che viene effettuata in sede ASI tuttavia il lavoro è già avviato per quanto concerne la realizzazione dei bolometri a striscia di niobio e le giunzioni Josephson niobio/ossido di alluminio/niobio nonché le tecniche di assottigliamento delle membrane di silicio.

Sono infatti stati ottenuti finora bolometri a striscia di 10-600 micrometri di niobio su kapton spesso 15 micrometri di cui si sono misurate responsività e NEP per applicazioni alla banda di frequenze 26-40 GHz: si sono valutati NEP di 10^{-12} W/Hz^{1/2}.

Sono state realizzate giunzioni Josephson su substrati di vetro Corning con buone caratteristiche elettriche in particolare non linearità del gap di tensione con aree di 100-1500 micrometri quadrati per valori di densità di corrente tra 10 e 2000 A/cm², in particolare si sono anche sperimentati dispositivi a doppia giunzione impilati verticalmente con buoni risultati.



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

DESCRIZIONE TECNICA E STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO

(fino a 5 pagine)

Per quanto concerne la tecnologia del silicio si sono sviluppate presso lo IEN elevate competenze sul silicio poroso relativamente alla possibilità di impiego in micromeccanica ottenendo primi prototipi di membrane di 40 micrometri di spessore.



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

CONSISTENZA DEL GRUPPO DI RICERCA PROPONENTE ^(8*)

(9*)

Responsabile Scientifico Sottoprogetto

Lacquaniti Vincenzo

Cognome e nome	(10*) Ente	(7*) Qualifica	(11*) Funzioni	(12*) Tempo	(15*) Progetti ASI
Amato Giampiero	IPU	RICERCATORE	TECN. SILICIO	2	
Andreone Domenico	IPU	RICERCATORE	MIS. SUPERCONDOTT.	1	1
Boarino Luca	IPU	RICERCATORE	TECN. SILICIO	3	
Brunetti Luciano	IPU	RICERCATORE	MIS. MICROONDE	1	1
Brunetto Nicola	IPU	BORSISTA	TECN. SILICIO	6	
Lacquaniti Vincenzo	IPU	RICERCATORE	TECN. BOLOMETRO SUPERC.	4	1
Maggi Sabino	IPU	RICERCATORE	TECN. BOLOMETRO SUPERC.	2	1
Monticone Eugenio	IPU	RICERCATORE	TECN. BOLOMETRO SUPERC.	4	1
Rastello Maria Luisa	IPU	RICERCATORE	MISURE OTICHE	2	
Steni Raffaella	IPU	RICERCATORE	TECN. BOLOMETRO SUPERC.	4	1



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
 Funzionario di amministrazione

ATTREZZATURE E SERVIZI DISPONIBILI (8°)

Responsabile Scientifico Sottoprogetto (9°)

Lacquaniti Vincenzo

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 ($\times 1000$)

Sistema di deposizione per sputtering rf-magnetron rf (Leybold Z400), dotato di catodi di Nb, Al, Ta_2O_5

Sistema di reactive-ion etching (Leybold)

Evaporatore a sorgente termica (Leybold)

Cella elettrochimica per la produzione del Silicio Poroso

Sistema di Remote Plasma Chemical Vapour Deposition

Sistema di Liquid Phase Chemical Vapour Deposition



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

SVILUPPO TEMPORALE, PIANO DI GESTIONE DELLA RICERCA

e

SVILUPPO FINANZIARIO FINO AL COMPLETAMENTO DEL PROGETTO

Il progetto mira al conseguimento di un bolometro superconduttore a struttura sospesa per l'infrarosso e il lontano infrarosso, viene attuato principalmente presso il Galileo Ferraris di Torino e si svolgerà secondo il seguente piano temporale.

Dopo una fase preliminare in cui viene fatta la scelta della tipologia del dispositivo mirata al campo di frequenze di interesse considerando anche la ampiezza di banda si avrà la fase numero 1.

1) Verranno affrontate in parallelo le due differenti tecnologie:

a) su substrati di silicio di spessore normale si metteranno a punto i due tipi di bolometro, quello a striscia di niobio o nitrato di niobio e quello a giunzione Josephson.

Questo implicherà la determinazione degli spessori dei film, la larghezza delle striscie e la minimizzazione dello stress indotto dal processo di deposizione; nel caso del nitrato, che verrà affrontato in un secondo tempo e subordinatamente alla disponibilità finanziaria si deve anche mettere a punto il processo di deposizione in gas reattivo.

Per il bolometro a giunzione occorre trasferire sul silicio la tecnologia messa a punto su substrati di vetro ottimizzando i parametri a piccole aree. In una seconda fase si procederà allo sviluppo di schiere per favorire la ricezione del segnale ottico.

b) partendo dal silicio policristallino e utilizzando le tecniche descritte in precedenza si effettuerà

-la messa a punto di processi per la mascheratura del silicio in modo da favorire processi di rimozione controllata

-lo sviluppo dei processi di attacco chimico dello strato eccedente

-la ottimizzazione della superficie del silicio ottenuta al fine di renderla adatta alla deposizione dei bolometri.

Questa prima fase ha una durata prevista di 24 mesi.

La seconda fase comprende i seguenti aspetti:



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

SVILUPPO TEMPORALE, PIANO DI GESTIONE DELLA RICERCA
e
SVILUPPO FINANZIARIO FINO AL COMPLETAMENTO DEL PROGETTO

2a) Verranno effettuate prime caratterizzazioni dei dispositivi realizzati nella fase 1) con misure all' elio liquido anche irradiando alle frequenze opportune i bolometri .

2b) Per la tecnica di assottigliamento del silicio prescelta si procederà alla integrazione con il processo di fabbricazione del tipo di bolometro più semplice quindi con la definizione delle maschere fotolitografiche necessarie, la individuazione della corretta sequenza dei processi di deposizione, fotolitografia e attacchi chimici.

2c) Si realizzeranno i dispositivi completi di cui si effettuerà una approfondita caratterizzazione con misure a bassa temperatura irradiando alle frequenze di lavoro.

Questa fase che conclude la ricerca ha una durata presunta di 24 mesi.

Un ulteriore proseguimento può avvenire interagendo con la comunità dei radioastronomi.

Gestione finanziaria.

La tecnologia richiesta per la fabbricazione dei bolometri basati su strisce di niobio o su giunzioni Josephson niobio-ossido di alluminio-niobio \bar{S} presente presso il Galileo Ferraris.

Per il primo anno occorre disporre dei materiali di funzionamento legati ai processi realizzativi: gas, reagenti chimici, substrati ed elio liquido per le prime prove.

Per i bolometri basati sul nitruro di niobio occorre invece disporre di una camera di deposizione aggiuntiva completa di catodo; questa richiesta viene riferita al secondo anno del progetto.

La realizzazione delle strutture sospese a partire da membrane di silicio richiede da parte sua di completare la messa a punto di un impianto presente presso lo IEN di LPCVD dedicato al nitruro di silicio; questa richiesta viene avanzata per il primo anno.

Le spese di funzionamento precedentemente citate si ritengono estese anche per il secondo biennio della ricerca con in più la voce delle maschere fotolitografiche e di materiale per la realizzazione di criostati per le misure a bassa temperatura.



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

RESOCONTO ATTIVITA' SCIENTIFICA NEL BIENNIO PRECEDENTE

Abbiamo fabbricato bolometri per la banda 26-40 Ghz a striscia superconduttiva di Nb; per una alta sensibilità e basso livello di assorbimento della radiazione incidente è stato necessario utilizzare substrati di materiali a bassa conducibilità termica (Corning glass) e di basso spessore (polyimide $\approx 13 \mu\text{m}$). La scelta del niobio è dovuta alle sue caratteristiche meccaniche, quali l'elevata resistenza ai cicli termici tra 4.2 e 300 K e la buona aderenza ai differenti tipi di substrati, e per la sua temperatura di transizione ($\approx 9 \text{ K}$) che permette di operare con criostati all'elio liquido.

L'adattamento del bolometro alla guida d'onda pone restrizioni sulle dimensioni laterali e sulla resistenza superficiale dei film di Nb. I film di Nb depositati per rf sputtering magnetron avevano spessori tra 7 nm e 200 nm su polyimide, e 10 nm e 1000 nm su vetro. Per ridurre lo stress dei film è stata ottimizzata la pressione del gas di deposizione estrapolandone il valore corrispondente allo stress nullo.

I film sono stati caratterizzati attraverso la misura della resistività a temperatura ambiente a 77 K e alla temperatura di transizione.

Su alcuni di questi dispositivi sono state condotte misure di conduttanza termica a temperatura ambiente e in He liquido da cui emerge che valori inferiori a 10^{-4} W/K possono essere ottenuti utilizzando film di 10 nm Nb depositati su polyimide.

Le proprietà del film bolometrico vicino alla temperatura di transizione sono state indagate estesamente osservando il comportamento della resistenza sulla corrente di polarizzazione e temperatura.

Presso il nostro laboratorio si sono inoltre realizzate giunzioni Josephson del tipo Niobio-ossido di alluminio- niobiocon densità di corrente tra 10 e 2000 A/cm^2 con aree tra 100 e 1500 μm^2 con la tecnologia del tristrato depositato in sequenza e la definizione della geometria degli elettrodi e delle aree, tramite lift-off, attacco chimico liquido e anodizzazione selettiva. La qualità elettrica delle giunzioni è elevata così come la non linearità della caratteristica corrente-tensione. Questo tipo di dispositivo risulta utile, da primi esperimenti effettuati, come rivelatore di radiazione a frequenze ottiche.

Per quanto concerne lo studio delle membrane di silicio, la nostra linea di ricerca svolge ormai da alcuni anni un importante ruolo di coordinamento tra i principali gruppi che in Italia si occupano di Silicio poroso: nel corso di quest'ultimo anno sono stati indagati gli aspetti di questa promettente tecnologia che più si addicono alle lavorazioni micromeccaniche per la sensoristica, quali:

- ideazione e sviluppo di tecniche di asciugatura del materiale



Il Funzionario incaricato
Mariella Peressi
Funzionario di amministrazione

RESOCONTO ATTIVITA' SCIENTIFICA
NEL BIENNIO PRECEDENTE

- ottimizzazione delle tecniche di attacco elettrochimico su substrati di vario tipo e drogaggio (p, p⁺, n, n⁺).
- studio ed ottimizzazione delle profondità di attacco elettrochimico
- studio dei possibili metodi di mascheratura in HF
- creazione e caratterizzazione dei primi prototipi di membrane in Silicio di 40 micrometri di spessore



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

ELENCO PUBBLICAZIONI NEL TRIENNIO PRECEDENTE

(Autori, titolo, riferimento bibliografico)

Responsabile Scientifico Sottoprogetto (9*)

LACQUANITI VINCENZO

- D. Andreone, V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, R. Steni, F. Taiariol, *Properties of r.f. sputtered niobium thin films for metrological applications*, Applied Superconductivity 1 (1993) 1333-1340
- V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, R. Steni, *Effect of vacuum annealing on superconducting properties of niobium films*, Applied Superconductivity 1 (1993) 845-851
- S. Maggi, E. Menichetti, G. Rinaudo, M. Vanolo, *Characterization of Nb microstrip sensors for nuclear radiation detection*, Applied Superconductivity 1 (1993) 1373-1377
- V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Menichetti, G. Rinaudo, M. Vanolo, *Test of a Nb thin film superconducting detector*, IEEE Trans. on Nuclear Science, 40 (1993) 360-363
- V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, G.B. Picotto, *Surface characterization of sputtered niobium films by scanning tunneling microscopy*, STM'93 International Conference on Scanning Tunneling Microscopy, Beijing, China, Aug. 1993, J. Vac. Sci. Technol., 12 (1994) 1734-1737
- D. Andreone, L. Brunetti, V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, M. Petrizzelli, R. Steni, *Superconducting thin film devices for electrical precision measurement*, Proceedings of the XIII Imeko World Congress, Torino Sept. (1994) 356-359
- D. Andreone, V. Lacquaniti, S. Maggi, F. Rosso, R. Steni, *A study of Nb/Al-AlOx/Nb Josephson junctions for high frequency applications by means of structural analysis and tunneling measurements*, Proceedings of the VIII Cimtec - Forum on New Materials, Firenze June (1994) 727-734
- V. Lacquaniti, E. Monticone, R. Steni, *Electrical properties of niobium thin films on polyimide substrate for H.F. bolometer*, Proceedings of the VIII Cimtec - Forum on New Materials, Firenze June (1994) 743-748
- V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, G.B. Picotto, *Electrical and morphological properties of niobium thin films on sputter-etched substrates*, Proceedings of the VIII Cimtec - Forum on New Materials, Firenze June (1994) 281-286
- V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, R. Steni, *Thickness dependence of electrical and structural properties of Nb thin films*, in pubblicazione su Physica Status Solidi



Il Funzionario incaricato
 Mariella Perassi
 Funzionario di amministrazione

ELENCO PUBBLICAZIONI NEL TRIENNIO PRECEDENTE^(8*)

(Autori, titolo, riferimento bibliografico)

Responsabile Scientifico Sottoprogetto^(9*)

LACQUANITI VINCENZO

D. Andreone, L. Brunetti, V. Lacquaniti, S. Maggi, F. Rosso and R. Steni, *Development of a Nb/Al-AlO_x/Nb SIS mixer at 100~GHz*, accettato a "European Conference on Applied Superconductivity" EUCAS '95, Edinburgh, 3-6 July 1995

V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, G. Picotto, and R. Steni, *STM and AFM analysis of stacked Nb/Al-AlO_x/Nb Josephson junctions*, accettato a "European Conference on Applied Superconductivity" EUCAS '95, Edinburgh, 3-6 July 1995

V. Lacquaniti, D. Andreone, S. Maggi, E. Monticone, *Development of single and vertically stacked Josephson junctions for electrical precision measurement*, accettato a IMEKO TC-4, Prague, Sept. (1995)

V. Lacquaniti, E. Monticone, R. Steni, *Superconducting transition edge bolometer for microwave power measurements*, accettato a IMEKO TC-4, Prague, Sept. (1995)

V. Lacquaniti, S. Maggi, *Deposizione tramite sputtering di film superconduttivi di niobio presso l' IEN*, IEN-RT 415 (1991)

V. Lacquaniti, S. Maggi, R. Steni, *Definizione di geometrie per film di niobio mediante fotolitografia*, IEN-RT 429 (1992)

V. Lacquaniti, S. Maggi, *Fabrication of Nb/Al-AlO_x/Nb Josephson junction by selective Nb anodization*, IEN-RT 448 (1993)

V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, R. Steni, *Dipendenza dallo spessore di proprietà elettriche e strutturali di film sottili di Nb*, IEN-RT 450 (1993)

D. Andreone, L. Brunetti, V. Lacquaniti, S. Maggi, F. Rosso, R. Steni, *Development of a Nb/Al-AlO_x/Nb SIS mixer at 100~GHz*, presented at the European Conference on Applied Superconductivity EUCAS '95, Edinburgh July (1995)

V. Lacquaniti, S. Maggi, E. Monticone, G. Picotto, R. Steni, *STM and AFM analysis of stacked Nb/Al-AlO_x/Nb Josephson junctions*, presented at the European Conference on Applied Superconductivity EUCAS '95, Edinburgh July (1995)

S. Maggi, *Rf-induced steps in a pulse driven Josephson junction*, presented at the European Conference on Applied Superconductivity EUCAS '95, Edinburgh July (1995)

V. Lacquaniti, E. Monticone, R. Steni, *Superconducting transition edge bolometer for microwave power measurements*, presented at the congress IMEKO TC-4, Prague, Sept. (1995)



Il Funzionario incaricato
 Mariella Perassi
 Funzionario di amministrazione

ELENCO PUBBLICAZIONI NEL TRIENNIO PRECEDENTE^(8*)

(Autori, titolo, riferimento bibliografico)

Responsabile Scientifico Sottoprogetto^(9*)

LACQUANITI VINCENZO

V.Lacquaniti, S.Maggi, E.Monticone, R.Steni, *Thickness dependence of electrical and structural properties of Nb thin film*, to be published on Physica Status Solidi 151 (2) 16 oct. 1995

V.Lacquaniti, S.Maggi, E.Monticone, R.Steni, *Properties of rf sputtered Nb/Al-AlO_x/Nb Josephson SNAP junctions*, submitted to IEEE Trans. Appl. Supercond. (March 1995)

G.Amato, L.Boarino, S.K.Debb, *Why Porous Silicon is luminescent? Why Porous Silicon is poorly conducting?*, presented at INSEL '95, Torino, Oct. (1995)

N.Brunetto, G.Amato, *Drying of Porous Silicon*, presented at INSEL '95, Torino, Oct. (1995)

A. Rossi, G.Amato, *Porous SiGe*, presented at INSEL '95, Torino, Oct. (1995)

R.Steni, L.Boarino, E.Monticone, *A Superconducting Bolometer using the porous silicon micromachining approach*, presented at INSEL '95, Torino, Oct. (1995)

L.Boarino, G.Amato, N.Brunetto, S.Maggi, E.Monticone, *Fabrication of micromachined membranes with a low-cost procedure*, presented at INSEL '95, Torino, Oct. (1995)



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

DESCRIZIONE DEL PRODOTTO DEL PROGETTO

(8*)

Dovrà contenere la descrizione sintetica degli obiettivi e dei risultati attesi.

Responsabile Scientifico Sottoprogetto (9*)

Lacquaniti Vincenzo

Un primo obbiettivo è rappresentato dalla messa a punto delle tecnologie specifiche citate nella descrizione del progetto:

1) Bolometri a film superconduttore di niobio o nitrato di niobio su substrato a bassa conduttanza termica per le microonde e le onde millimetriche.

Si depositeranno su substrati di silicio film sottili di qualche micrometro di ampiezza con spessori in grado di fornire alta responsività e buon adattamento alle frequenze utilizzate, minimizzando lo stress.

2) Bolometri costituiti da giunzioni Josephson singole o in schiera planare per l'infrarosso e lontano infrarosso. Per questo dispositivo si realizzeranno elementi di aree micrometriche sia singole che doppie e si formeranno schiere planari adatte alla ricezione di segnali ottici.

3) Realizzazione di membrane sospese sul silicio policristallino e poroso utili per strutture a bassa dissipazione termica. Tre diversi tipi di struttura sospesa verranno implementati: su supporto di nitrato di silicio, su strato sacrificale di silicio poroso e su silicio poroso ottenuto su substrato di silicio.

Il secondo prodotto è la realizzazione della struttura integrata dove i bolometri dei punti 1) e 2) vengono ottenuti sui diaframmi di cui al punto 3) del primo obbiettivo.

Tali dispositivi per la loro potenziale alta responsività e bassissimo NEP sono di grande interesse per la radioastronomia oltre che per altre applicazioni.



Il Funzionario incaricato
Mariella Perassi
Funzionario di amministrazione

(8*)

PREVISIONI DI SPESA PER L'ANNO 1995

Responsabile Scientifico Sottoprogetto (9*)

Vincenzo Lacquaniti

Importo

Investimento (13*) (Allegare offerte ove possibile)		
Completamento di sistema per L.P.C.V.D (Liquid phase chemical vapour deposition)		100 Ml
Tot INV.		100 Ml
Funzionamento (Allegare elenco motivato e costi singoli)		
MATERIALI E SERVIZI	materiale per deposizioni e fotolitografia	40 Ml
COLLABORAZIONI	misure STM presso Istituto "Colonnaletti"	5 Ml
SPESE DI CALCOLO		
CONTRATTI INDUSTRIALI		
MISSIONI		5 Ml
Tot FUNZ.		50 Ml
TOTALE		150 Ml



Il Funzionario incaricato
 Mariella Perassi
 Funzionario di amministrazione

Finanziamenti ASI
 Quadro Economico relativo all'intero programma
 (in ML)

ANNO	I ANNO	II ANNO	III ANNO	IV ANNO	V ANNO
<u>INVESTIMENTO</u>	100 ML	100	50	0	
<u>FUNZIONAMENTO</u>					
Materiali e servizi	40	40	50	50	
Collaborazioni	5	5	5	5	
Spese di calcolo					
Contratti industriali					
Missioni	5	5	5	5	
TOTALE	50	50	60	60	
<u>TOTALE</u>	150	150	110	60	



Il Funzionario incaricato
 Mariella Perassi
 Funzionario di amministrazione

XV

(8*)

FONDI DI FINANZIAMENTO NON ASI

(14*)

(CNR, MPI 40% 60%, Progetti Speciali, Contratti di altri Enti)

Responsabile Scientifico Sottoprogetto (9*)

LACQUANITI VINCENTO

I temi attinenti l'area scientifica di questo progetto interessano anche un accordo di collaborazione con il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, Sottoprogetto Sensori per Astrofisica del Progetto Sensoristica, che prevede il prestito di strumentazione per la produzione di film sottili e un contributo per le spese relative alle attività di 28 milioni di Lire per il 1995.

Il responsabile del contratto è l'ing. Lacquaniti, ^{responsabile} ~~collaboratore~~ del presente spttoprogetto.



7 NOV. 1995

PER COPIA CONFORME
ALL'ORIGINALE di pagine ventuno

Il Funzionario incaricato

Mariela Perassi

Funzionario di Amministrazione

I firmatari assicurano che tutte le informazioni fornite,
nell'intera domanda, corrispondono a verità.

Fatto a: Torino

il: 30-10-95



Il Presidente

Sigfrido Leschiutta
(prof. Sigfrido Leschiutta)

V. Lacquaniti

Firma Responsabile Scientifico

(Specificare statuto o incarico)

Firma Responsabile Amministrativo

(Specificare statuto o incarico)