

**PROGRAMMI PER L'INCENTIVAZIONE DEL PROCESSO DI INTERNAZIONALIZZAZIONE DEL SISTEMA UNIVERSITARIO**

(D.M. 5 agosto 2004 n. 262 - ART. 23)

**COLLABORAZIONI INTERUNIVERSITARIE INTERNAZIONALI**

**Programmazione 2004-2006 - Scheda singolo progetto**

**prot. II04CBCF18**

**PROPOSTE PER TIPOLOGIA C**

---

**COORDINATORE SCIENTIFICO DEL PROGETTO DI RICERCA**

<i>BELTRAM</i>	<i>Fabio</i>
(Cognome)	(Nome)
<i>09/06/1959</i>	<i>Prof. Ordinario</i>
(Data di nascita)	(Qualifica)
<i>BLTFBA59H09E098T</i>	<i>FIS/03</i>
(Codice fiscale)	(Settore)
<i>Sc. Norm. Sup. PISA</i>	<i>Classe SC.MM.FF.NN.</i>
(Università)	(Facoltà)
<i>CLASSE DI SCIENZE</i>	<i>050563513</i>
(Dipartimento)	(Fax)
<i>050509065</i>	<i>beltram@sns.it</i>
(Telefono)	(Indirizzo posta elettronica)

---

**ATENEIO**

*Scuola Normale Superiore di PISA*

---

**INDICARE EVENTUALI ALTRI BANDI O PROGRAMMI NELL'AMBITO DEI QUALI IL PROGETTO E' STATO SELEZIONATO**

*Il progetto è stato selezionato dal Comitato Congiunto nominato nell'ambito dell'accordo siglato dal Ministro dell'Istruzione, Università e Ricerca per promuovere le collaborazioni scientifiche con la Division of Engineering and Applied Sciences dell'Università di Harvard il 1/4/2004.*

---

**RECENTE ATTIVITÀ SCIENTIFICA NEL SETTORE DEL PROGETTO CON PARTICOLARE ATTENZIONE ALLE ESPERIENZE INTERNAZIONALI E ALLA MOBILITÀ DEI RICERCATORI**

*Il gruppo alla Scuola Normale Superiore possiede una documentata esperienza di ricerca sperimentale sia sulle proprietà di trasporto di sistemi elettronici altamente correlati confinati in eterostrutture e nanostrutture a semiconduttore sia sulle loro proprietà di spin studiate tramite tecniche di spettroscopia ottica.*

*Rilevante per il presente progetto è l'attività riguardante il magneto-trasporto di liquidi unidimensionali di Luttinger chirali (realizzati in regime di effetto Hall quantistico frazionario) attraverso una costrizione realizzata tramite deposizione di "gate" metallici. E' da menzionare che questa attività si è recentemente avvalsa della collaborazione con il gruppo di crescita MBE del Dr. Loren Pfeiffer (laboratori Bell, New Jersey) con il quale le strutture a semiconduttore successivamente studiate alla Scuola Normale sono state discusse e concordate. Questa attività di ricerca ha altresì beneficiato di una intensa collaborazione con i gruppi teorici dei Prof. Allan MacDonald (Università del Texas ad Austin) e del Prof. Giovanni Vignale (Università del Missouri). I risultati ottenuti dal nostro gruppo hanno portato a*

diverse pubblicazioni su riviste internazionali.

Infine è da menzionare l'ampia attività nel campo della spettroscopia ottica di nanostrutture a semiconduttore portata avanti dal gruppo in stretta collaborazione con il gruppo del Prof. Aron Pinczuk alla Columbia University (New York). Grazie a questa collaborazione il gruppo alla Scuola Normale ha messo a punto un sistema di diffusione anelastica di luce in grado di monitorare eccitazioni di spin e di carica di sistemi elettronici confinati in nanostrutture a semiconduttore anche nei regimi di temperature ultra-basse e alti campi magnetici. Questa attività ha inoltre beneficiato di una ampia mobilità dei ricercatori e studenti della Scuola Normale che hanno passato periodi significativi di tempo presso i laboratori alla Columbia University.

### **PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE (MASSIMO 4) PIU' SIGNIFICATIVE DEGLI ULTIMI TRE ANNI DELLO STAFF DEL PROGETTO**

1.	<i>S. Roddaro, V. Pellegrini, F. Beltram, G. Biasiol, L. Sorba, R. Raimondi, G. Vignale, Non-linear quasiparticle tunneling between fractional quantum-Hall edges, Phys. Rev. Lett. 90, 046805 (2003)</i>
2.	<i>S. Roddaro, V. Pellegrini, F. Beltram, G. Biasiol, L. Sorba, Interedge strong-to-weak scattering evolution at a constriction in the fractional quantum Hall regime, Phys. Rev. Lett. 93, 046801 (2004)</i>
3.	<i>M.A. Topinka, R.M. Westervelt, E.J. Heller, Imaging electron flow, Phys. Today 56, 47 (2003)</i>
4.	<i>Y. Wu, J. Xiang, C. Yang, W. Lu, C.M. Lieber, Single-crystal metallic nanowires and metal/semiconductor nanowire heterostructures, Nature 430, 6995 (2004)</i>

### **RICERCATORI STRANIERI OSPITATI PRESSO LA PROPRIA STRUTTURA DI RICERCA NEGLI ULTIMI 3 ANNI**

<b>Numero</b>	<b>Sede di Provenienza</b>	<b>Durata del soggiorno (in mesi)</b>
5	<i>Accademia Russa delle Scienze, Columbia University, Università del Texas, Università di Sydney, Università di Cambridge</i>	28

### **PARTNER ITALIANI (Università e altro)**

<b>n°</b>	<b>Ente</b>	<b>Università</b>	<b>Denominazione della struttura di ricerca</b>	<b>Tipo di convenzione</b>	<b>Responsabile scientifico</b>
-----------	-------------	-------------------	---	----------------------------	---------------------------------

### **PARTNER STRANIERI (Università e altro)**

<b>n°</b>	<b>Ente / Università</b>	<b>Denominazione della struttura di ricerca</b>	<b>Paese</b>	<b>Tipo di convenzione</b>	<b>Responsabile scientifico</b>
1.	<i>Harvard University</i>	<i>Division of Engineering and Applied Sciences</i>	<i>UNITED STATES</i>	<i>Convenzione da sottoscrivere</i>	<i>Robert Westervelt</i>

### **TITOLO DEL PROGETTO DI RICERCA**

*Sistemi elettronici unidimensionali: imaging STM e interazioni elettroniche*

## **AREA DISCIPLINARE PREVALENTE**

02: Scienze fisiche

---

## **AREA GEOGRAFICA PREVALENTE DI APPARTENENZA DEI PARTNERS**

U.S.A.

---

## **ABSTRACT DEL PROGETTO DI RICERCA**

*La presente proposta integra le peculiari competenze dei gruppi di ricerca USA e Italiani proponenti per affrontare in modo nuovo alcune attuali questioni della fisica dei sistemi unidimensionali nelle nanostrutture di semiconduttori. Il gruppo italiano della Scuola Normale Superiore contribuirà alla collaborazione con la sua esperienza nell'ambito della nanofabbricazione di strutture semiconduttrici e della fisica sperimentale dei sistemi elettronici in regime di coerenza e di forte interazione elettrone-elettrone. Il gruppo americano dell'Università di Harvard, in modo complementare, fornirà strumentazione ed esperienza per lo studio spazialmente risolto delle nanostrutture e per la nanofabbricazione di nanofili semiconduttori con la tecnica messa a punto dal Prof. Lieber dell'Università di Harvard stessa. I due filoni progettuali oggetto della proposta sono collegati e vedranno il diretto coinvolgimento sull'intero spettro dell'attività di giovani ricercatori delle due strutture proponenti presso entrambe le sedi grazie alle risorse per la mobilità richieste con la presente proposta.*

*I recenti risultati del gruppo della Scuola Normale sulla fisica delle eccitazioni frazionarie in regime Hall quantistico in presenza di una punta di contatto quantica come paradigma per lo studio dei liquidi di Luttinger saranno estesi ed arricchiti grazie alla strumentazione STM a temperatura criogenica sviluppata dal gruppo del Prof. Westervelt di Harvard. Le nanostrutture prodotte dal gruppo italiano saranno studiate nel set-up americano per selezionare i singoli modi chirali al bordo e studiarne individualmente l'impatto sul trasporto. Importante sarà il contributo del gruppo teorico del Prof. Halperin per l'analisi dei risultati. E' previsto in questo ambito un soggiorno esteso di un giovane assegnista italiano e diversi soggiorni più brevi sia da parte USA che italiana.*

*Sempre nel contesto dei sistemi unidimensionali le nanostrutture prodotte dal gruppo americano del Prof. Lieber saranno studiate dal gruppo italiano che vanta una lunga esperienza nello studio delle proprietà elettroniche nei sistemi unidimensionali e ben si integra alle esperienze in ambito di scienza dei materiali del gruppo di Harvard. Gli obiettivi saranno la dinamica coerente elettronica e i fenomeni di spin studiati sia con tecniche ottiche che con tecniche di trasporto a temperature criogeniche. Due assegnisti italiani saranno coinvolti assieme a personale più esperto di entrambe le istituzioni.*

---

## **TIPOLOGIA DI PROGETTO**

*di recente avvio*

---

## **CONCLUSIONE DEL PROGETTO**

2007

---

## **OBIETTIVI SCIENTIFICI DELLA PROPOSTA PROGETTUALE**

*L'obiettivo del progetto è quello di studiare con un approccio multidisciplinare innovativo una classe di sistemi unidimensionali che rivestono particolare interesse sia per le loro proprietà fondamentali sia per le possibili applicazioni nel campo della nanoelettronica coerente, computazione quantistica e nanofotonica. Saranno attivati due filoni di ricerca. Il primo si focalizzerà su sistemi unidimensionali realizzati in nanostrutture definite tramite litografia a fascio elettronico a partire da eterostrutture GaAs/AlGaAs e soggette ad appropriati campi magnetici. Questo regime definisce sistemi unidimensionali che si propagano ai bordi del campione (stati di edge) e che a particolari valori del campo magnetico presentano proprietà non-Fermioniche (liquidi di Luttinger). Questi stati unidimensionali di "edge" sono altamente correlati e le loro eccitazioni cariche sono quasi-particelle a carica frazionaria. Il profilo del potenziale di confinamento al bordo del campione definisce inoltre una struttura spaziale composta da molteplici stati di edge (con estensione complessiva di circa 500nm dal bordo) ognuno dei quali con caratteristiche peculiari di correlazione elettronica. L'obiettivo principale di questa attività sarà quello di visualizzare la trasmissione delle eccitazioni frazionarie attraverso punte di contatto quantiche e di chiarire il ruolo selettivo di ognuno dei canali di "edge" coinvolti. a questo scopo, si applicheranno tecniche di imaging spazialmente risolto (STM a temperature criogeniche) per monitorare il flusso coerente delle eccitazioni cariche attraverso la punta di contatto. Per meglio individuare il contributo di ciascuno dei canali di "edge" alla trasmissione delle cariche frazionarie si perturberanno selettivamente*

---

gli stati di edge tramite la punta STM (muovendosi dal bordo verso il centro del campione) monitorando contemporaneamente la conduttanza attraverso la punta di contatto. Questa attività sarà complementata da una analisi teorica che quantificherà la trasmissione delle eccitazioni frazionarie attraverso la punta di contatto.

Il secondo filone di ricerca si pone come obiettivo quello della misura delle lunghezze di coerenza e del rilassamento di spin in nanofili semiconduttori realizzati con la tecnica messa a punto dal Prof. Lieber dell'Università di Harvard. Oltre all'interesse di natura fondamentale legati allo studio degli effetti di interazione elettrone-elettrone in sistemi unidimensionali, questi risultati permetteranno di sviluppare una classe di dispositivi elettronici coerenti e di ottimizzarne il funzionamento in funzione di parametri esterni quali per esempio la temperatura e permetteranno altresì di individuare tra gli schemi ottimali per applicazioni di spin-fotonica (per esempio laser di spin). A questo fine verranno effettuate sia misure di trasporto coerente in funzione della temperatura sia misure di eccitazioni di spin tramite diffusione anelastica di luce. Queste ultime misure permetteranno di studiare le eccitazioni elementari di spin e la loro dispersione. La larghezza dei picchi di diffusione anelastica di luce associati ai modi di spin permetterà di quantificare l'impatto dei processi di rilassamento di spin mentre l'analisi della loro dispersione (ottenuta variando l'angolo tra la luce incidente e la perpendicolare al filo) permetterà di valutare il grado di coerenza di spin del sistema. In nanofili opportunamente definiti con contatti metallici verranno anche studiati effetti di Coulomb blockade nel trasporto elettronico con particolare riferimento alla loro dipendenza dalla temperatura. Verrà inoltre esplorato il trasporto di supercorrente in presenza di contatti superconduttori connessi dal nanofilo.

## **DESCRIZIONE DELLA RICERCA**

Verranno descritte separatamente le due linee di ricerca:

### **Indagine STM di nanostrutture in regime Hall frazionario**

I recenti risultati del gruppo proponente apparsi in *Phys. Rev. Lett.* **90**, 046805 (2003) ed *ibid.* **93**, 046801 (2004) hanno messo in evidenza un inatteso comportamento delle eccitazioni frazionarie nelle nanostrutture. In presenza di una costrizione realizzata con tecniche nanolitografiche su un gas elettronico duedimensionale è stato indotto tunneling controllato tra stati di edge in presenza di un intenso campo magnetico nel regime Hall quantistico. I risultati hanno mostrato l'influenza della **densità locale** di carica -in prossimità della costrizione- nel determinare le caratteristiche **macroscopiche** del tunnelling tra edge. Questi risultati hanno destato sorpresa nella comunità dei ricercatori attivi nel campo dei sistemi elettronici fortemente correlati perché hanno evidenziato un complesso gioco di influenza tra proprietà estensive del sistema elettronico e proprietà locali della costrizione.

L'attività di ricerca proposta in questa linea agisce in modo mirato per affrontare questa problematica. Il coinvolgimento dei Proff. Westervelt e Halperin nell'attività fornirà gli strumenti sperimentali e teorici ideali per lo studio sopra delineato. Il primo metterà infatti a disposizione la strumentazione STM che consentirà un'indagine spazialmente risolta delle nanostrutture prodotte dal gruppo di Pisa. Recenti risultati del gruppo del Prof. Westervelt (*Phys. Rev. B* **70**, 205302 (2004)) hanno infatti mostrato come un STM renda possibile l'investigazione della struttura degli stati di edge in sistema elettronico in regime Hall quantistico. Questa informazione unita ai risultati in presenza di una costrizione ottenuti con il sistema sperimentale messo a punto dal gruppo di Harvard dimostrano che le nanostrutture del gruppo di Pisa potranno essere esaurientemente caratterizzate con il set-up disponibile. Le densità elettroniche utilizzate nei lavori già menzionati dal gruppo di Pisa sono infatti compatibili con i campi magnetici disponibili a Harvard e sarà così possibile portare il sistema elettronico in stati Hall quantistici sia interi sia frazionari.

Sono previste misure di tunnelling inter-edge in funzione della perturbazione locale portata dalla punta dell'STM sia nella regione della costrizione, sia lontano da questa per agire selettivamente sui singoli stati di edge e valutarne separatamente l'influsso sul trasporto. Non va poi sottovalutato il contributo che sarà portato alla ricerca dal gruppo del Prof. Halperin, uno dei massimi leader a livello internazionale nell'investigazione dei sistemi elettronici correlati.

### **Fisica dei nanofili autoorganizzati**

L'attività in questa linea è in qualche modo simmetrica rispetto alla precedente. Le nanostrutture verranno ora prodotte a Harvard con le tecniche messe a punto dal gruppo del Prof. Lieber, mentre il gruppo di Pisa contribuirà con la sua esperienza sulle caratterizzazioni ottiche ed elettriche delle nanostrutture nonché con le sue conoscenze sulle proprietà di coerenza dei sistemi nanostrutturati anche ibridi. Il gruppo di Harvard è prevalentemente di formazione chimica e ha grande interesse a coinvolgere il gruppo di fisici della Scuola Normale per valorizzare le tecnologie abilitanti di nanofabbricazione che ha messo a punto.

Saranno fabbricati sistemi ibridi superconduttore-nanofilo e nanostrutture per studi ottici atti a verificare le potenzialità di questi sistemi per la fabbricazione di dispositivi optoelettronici innovativi. Sia le proprietà di coerenza della fase elettronica, sia dello spin saranno investigate a diverse temperature. Un particolare capitolo sarà dedicato allo studio in temperatura degli effetti di Coulomb blockade per verificarne l'applicabilità a dispositivi operanti a temperature elevate grazie alle miniaturizzazioni estreme rese possibile dalla particolare tecnica di fabbricazione.

## **FASI DI LAVORO**

Il progetto si articola su quattro fasi di lavoro che copriranno i due anni di attività. Due fasi (I e IV) saranno caratterizzate da mobilità Harvard-->Pisa e le restanti due (II e III) da mobilità Pisa-->Harvard. Inoltre le fasi I e III e quelle II e IV si sovrapporranno nel tempo così che per ogni segmento previsto di attività (della durata di 6 mesi) si avranno ricercatori di entrambe le istituzioni in visita presso l'istituzione partner. Con questa struttura di lavoro si vuole quindi creare la massima sinergia tra le due istituzioni creando una stretta piattaforma di collaborazione sulle tematiche



scientifiche oggetto della proposta. Più nel dettaglio si prevede:

**FASE I realizzazione delle nanostrutture in regime frazionario**

In questa prima fase i giovani ricercatori di entrambe le istituzioni lavoreranno a Pisa definendo le nanostrutture tramite nanolitografia a fascio elettronico. I ricercatori di Harvard verranno coinvolti in modo diretto nella definizione delle geometrie più opportune e nella scelta dei regimi di densità elettroniche ottimali per la successiva analisi tramite STM. In questa fase si prevedono quindi alcune visite a Pisa del personale di Harvard. L'attività prevista in questa fase proseguirà sempre a Pisa con lo studio delle caratteristiche di trasporto delle nanostrutture precedentemente definite. A questo fine verrà utilizzato il set-up a disposizione presso la Scuola Normale che permette di raggiungere temperature nel regime dei mK e alti campi magnetici. Gli studi svolti permetteranno di individuare i parametri ottimali (in termini di campo magnetico, voltaggi dei "gate", temperatura) per il successivo studio STM ad Harvard. Anche questi esperimenti vedranno una partecipazione significativa dei ricercatori di Harvard. Come tempistica si prevede che la Fase I si protragga per i primi 6 mesi di attività del progetto e venga ripetuta nei primi 6 mesi del secondo anno.

**FASE II indagine STM sulle nanostrutture in regime frazionario**

Questa fase di lavoro si svolgerà ad Harvard ed utilizzerà la strumentazione STM messa a punto dal gruppo del Prof. Westervelt. In questa fase si prevedono almeno due visite significative del personale Scuola Normale in relazione agli esperimenti previsti basati sulla strumentazione STM. La fase II seguirà temporalmente la fase I e sarà costituita da due segmenti di 6 mesi ciascuno. Questa fase vedrà anche il coinvolgimento del Prof. Halperin e del suo gruppo per quanto riguarda l'analisi teorica dei risultati ottenuti.

**FASE III crescita e caratterizzazione dei nanofili autoorganizzati**

Questa fase e quella seguente si svilupperanno in modo simmetrico rispetto alle due fasi precedenti. In questa fase le nanostrutture verranno prodotte a Harvard presso i laboratori del Prof. Lieber e sarà il personale della Scuola Normale ad effettuare visite e periodi di lavoro presso Harvard per partecipare all'attività di crescita e definire i parametri dei nanofili ottimali per i seguenti studi ottici e di trasporto. Verrà inoltre effettuata una caratterizzazione preliminare delle loro proprietà ottiche e di trasporto. Analogamente alla fase I, la fase III si svilupperà per i primi sei mesi del primo e del secondo anno di attività.

**FASE IV analisi ottica e di trasporto di nanofili autoorganizzati**

Questa fase sarà incentrata sulla analisi ottica e di trasporto dei nanofili cresciuti durante la Fase III. L'attività si svolgerà a Pisa e vedrà l'utilizzo sia della strumentazione di magneto-trasporto sia della strumentazione di spettroscopia ottica e diffusione anelastica di luce entrambe operanti nel regime di bassa temperatura e alti campi magnetici. In questa fase sarà il personale di Harvard a passare periodi significativi di lavoro presso le strutture della Scuola Normale. Questa fase di lavoro seguirà temporalmente la fase III e come per le altre fasi di lavoro sarà costituita da due segmenti della durata di 6 mesi.

---

## **METODOLOGIA PREVISTA**

Il presente progetto è caratterizzato da una significativa multidisciplinarietà nella metodologia che verrà applicata per il raggiungimento degli obiettivi previsti.

Per quanto riguarda l'attività sull'imaging STM di sistemi unidimensionali chirali in semiconduttori GaAs/AlGaAs verranno inizialmente impiegate tecniche di nanofabbricazione tramite litografia a fascio elettronico e successiva deposizione di "gate" metallici tramite evaporazione termica. In una fase successiva le strutture così definite verranno studiate tramite misure di magneto-trasporto a bassa temperatura ed alto campo magnetico. La metodologia utilizzata sarà basata su tecniche a due e quattro fili a bassissimo rumore con le quali i valori di conduttanza e resistività verranno determinati in funzione dei vari parametri in gioco (potenziale della punta di contatto quantica, valore del campo magnetico applicato, temperatura, potenziale applicato agli stati di "edge"). Successivamente verrà applicata la metodologia di indagine spazialmente risolta basata sull'utilizzo di un microscopio a scansione STM operante alle condizioni di temperatura e campo magnetico volute. Infine questa attività verrà completata dall'utilizzo di una metodologia teorica che verrà applicata allo studio dei meccanismi di trasmissione delle eccitazioni cariche frazionarie attraverso punte di contatto quantiche nelle geometrie studiate sperimentalmente. Questa analisi includerà inoltre la determinazione della prevista struttura spaziale degli stati di "edge" in presenza di un potenziale confinante di tipo elettrostatico.

Relativamente alla attività su nanofili a semiconduttore, la metodologia inizialmente utilizzata sarà quella relativa all'impiego di diverse tipologie di crescita e fabbricazione dei nanofili semiconduttori che includono l'utilizzo sia di reattori MOCVD sia di meccanismi di sintesi vapore-liquido-solido in tubi di quarzo utilizzando una varietà di precursori chimici. I nanofili così ottenuti (nanofili basati su semiconduttori GaN, InAs, CdS, SiGe) verranno poi studiati singolarmente tramite tecniche di trasporto dopo aver proceduto alla realizzazione di contatti sia tramite tecniche di litografia post-crescita sia crescendo in-situ regioni del filo con le caratteristiche metalliche volute. L'indagine elettrica utilizzerà sistemi di magneto-trasporto a temperature criogeniche (fino a 20mK) ed alti campi magnetici (fino a 16T). Verrà inoltre applicata una metodologia di spettroscopia ottica ad alta risoluzione spettrale basata sulla tecnica della diffusione anelastica di luce. Questa tecnica verrà impiegata per lo studio delle eccitazioni di spin a temperature basse (inizialmente 1.5K e in una fase successiva verrà esplorata la risposta ottica a temperature

inferiori e in presenza di campo magnetico).

## **RISULTATI ATTESI E APPLICABILITÀ NEL MERCATO**

Diversi tipi di risultati sono previsti come conseguenza dell'effettivo finanziamento del programma di mobilità.

### **Progresso scientifico**

E' stato ampiamente argomentato nelle sezioni precedenti che l'unione delle diverse competenze offerte dai partner italiano e americano consentirà di affrontare in modo ottimale delle problematiche scientifiche di grande interesse a livello internazionale. Sono previsti quindi l'avanzamento delle conoscenze sui sistemi elettronici in regime Hall frazionario e sull'applicabilità delle nanostrutture autoaggregate per applicazioni optoelettroniche avanzate.

### **Acquisizione di metodologie avanzate**

Il gruppo italiano intende implementare in sede un sistema analogo a quello di Westervelt e unirsi così al ristretto numero di gruppi a livello internazionale in grado di effettuare le analisi STM a temperature criogeniche in campo magnetico. Anche il secondo filone proposto (nanofili autoaggregati) rappresenta per il gruppo italiano un vero e proprio "studio di fattibilità" per valutare di prima mano l'applicabilità della tecnica di Lieber alla realizzazione di dispositivi optoelettronici avanzati. In caso positivo, tale tecnica potrà essere implementata in Italia.

### **Applicabilità al mercato**

L'ultimo punto menzionato sopra è, potenzialmente, di grandissimo impatto per l'industria optoelettronica. Le verifiche oggetto della proposta e la successiva implementazione della tecnica di crescita in Italia potranno avere rilevanti ricadute sulla fabbricazione di dispositivi innovativi ad alte prestazioni.

## **FORME PREVISTE DI VALUTAZIONE DEGLI ESITI DELLA RICERCA**

Crediamo che la valutazione del progetto sarà un compito semplice grazie alla sua struttura e alla specifica scansione temporale data per ogni attività. Desideriamo sottolineare che le pubblicazioni su riviste internazionali e la partecipazione a convegni internazionali rappresenteranno un canale verificabile di diffusione dei risultati originali. Particolare importanza rivestiranno le pubblicazioni congiunte frutto della collaborazione tra i due enti. Il numero e mesi uomo spesi dal personale di entrambe le istituzioni presso l'istituzione partner sarà un'ulteriore parametro di valutazione dell'esito del presente progetto.

Di importanza cruciale per il raggiungimento delle finalità del presente progetto sarà l'aspetto del trasferimento di know-how sulle tematiche affrontate ed in particolare per quanto riguarda l'applicazione delle tecniche di microscopia a scansione per lo studio di sistemi unidimensionali altamente correlati e la realizzazione e studio di nanofili a semiconduttore. Questi aspetti sono intimamente legati alla formazione dei giovani ricercatori coinvolti nel progetto di mobilità. Al personale coinvolto verrà quindi chiesta una relazione dettagliata sul lavoro svolto, tecniche utilizzate, risultati ottenuti durante il periodo di soggiorno e durante il successivo periodo di studio presso l'istituzione di origine. Queste informazioni e risultati verranno messi di volta in volta in sezioni ad accesso riservato nella pagina web del progetto che verrà realizzata in caso di approvazione dello stesso alla quale sia il personale ad Harvard che quello a NEST avrà possibilità di accesso. Queste sezioni costituiranno l'interfaccia virtuale del progetto e renderanno più efficaci gli scambi di informazioni tra i due partner. I documenti così preparati convergeranno in una relazione finale che verrà pubblicata sulle pagine ad accesso pubblico del sito web di progetto e che potrà costituire un ulteriore elemento di valutazione degli esiti della ricerca congiunta.

## **MOBILITÀ PREVISTA**

### **A. Personale italiano**

n°	Cognome	Nome	Ruolo	Sede Universitaria	Mesi	Giorni	Previsione di spesa (Euro)
1.	Beltram	Fabio	Prof. Ordinario	Scuola Normale Superiore di PISA	0	14	3.000,00
2.	Roddaro	Stefano	Assegnista di ricerca	Scuola Normale Superiore di PISA	6	0	15.000,00
3.	Luin	Stefano	Assegnista di ricerca	Scuola Normale Superiore di PISA	3	0	7.500,00
4.	da	selezionare	Assegnista di ricerca	Scuola Normale Superiore di PISA	3	0	7.500,00
	<b>TOTALE</b>				<b>12</b>	<b>14</b>	<b>33.000</b>

## B. Personale straniero

n°	Cognome	Nome	Ruolo	Sede Universitaria /Ente	Mesi	Giorni	Previsione di spesa (Euro)
1.	Capasso	Federico	Prof. Ordinario	Harvard University	0	7	1.500,00
2.	Westervelt	Robert	Prof. Ordinario	Harvard University	0	7	1.500,00
3.	Aidala	Kathy	Dottorando	Harvard University	3	0	7.500,00
4.	Bleszynski	Ania	Dottorando	Harvard University	2	0	5.000,00
5.	Bao	Jiming	Borsista post-dottorato	Harvard University	2	0	5.000,00
6.	Xian	Jie	Dottorando	Harvard University	2	0	5.000,00
7.	Barrelet	Carl	Dottorando	Harvard University	2	0	5.000,00
	<b>TOTALE</b>				<b>11</b>	<b>14</b>	<b>30.500</b>

## Totale costi di mobilità

Euro 63.500

## APPORTO DELL'EQUIPE STRANIERA ALL'ATTIVITA' DI RICERCA

Tre sono i gruppi dell'Università di Harvard coinvolti nella presente proposta che contribuiscono all'attività con le loro specifiche competenze. Queste sono sinteticamente delineate nel seguito:

### **Prof. R. Westervelt**

Il gruppo ha messo a punto un sistema sperimentale basato su STM che consente lo studio spazialmente risolto a temperature criogeniche ed in presenza di campi magnetici del trasporto elettronico in nanostrutture a semiconduttore

### **Prof. B. Halperin**

E' uno dei leader mondiali della fisica dei sistemi elettronici altamente correlati. Contribuirà all'analisi dei risultati dell'investigazione STM sulle nanostrutture prodotte dal gruppo di Pisa.

### **Prof. C. Lieber**

Il docente ha messo a punto una tecnica di fabbricazione di nanostrutture autoaggragate per la quale la sua leadership internazionale è ampiamente riconosciuta. Metterà a disposizione le nanostrutture per le attività sperimentali e le tecniche per la manipolazione e la nanofabbricazione delle stesse.

### **Prof. F. Capasso**

Il docente ha lunga e riconosciuta esperienza nel campo dei dispositivi optoelettronici. Si integrerà nelle attività sui nanofili autoaggragati fornendo competenze di progettazione e caratterizzazione di dispositivi optoelettronici basati su tali nanostrutture innovative.

## COFINANZIAMENTO ALLA MOBILITA' RICHIESTO AL MIUR

Euro 31.750

## FONTI DI FINANZIAMENTO DELLA MOBILITA'

	Euro
- Contributo di Ateneo	16.500
- Contributo dei partner italiani	0
- Contributo dei partner stranieri	15.250
- Contributo da parte dell'UE	0
- Contributo di altri soggetti	0
<b>TOTALE</b>	<b>31.750</b>

**INFORMAZIONI SUL PROGETTO:**

**COSTO TOTALE DEL PROGETTO**

*Euro 100.000*

**FINANZIAMENTI**

	<b>Euro</b>
- Contributo di Ateneo	20.000
- Contributo dei partner italiani	0
- Contributo dei partner stranieri	30.000
- Contributo da fondi MIUR diversi dalla presente richiesta	35.000
- Contributo da parte dell'UE	15.000
- Contributo di altri soggetti	0
<b>TOTALE</b>	<b>100.000</b>

---

**ALTRI ELEMENTI UTILI**

*La presente richiesta è organicamente inserita nell'insieme delle iniziative promosse dal Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca con la Division of Engineering and Applied Sciences dell'Università di Harvard con l'accordo del 1/4/2004.*

*Tale iniziativa è stata stimolata dal Comitato Congiunto nominato a seguito dell'accordo firmato dal Ministro e dal Dean della Divisione.*

---

**DATA** 23/02/2005 12:00

**FIRMA del COORDINATORE**

---