



## Consiglio Nazionale delle Ricerche

### Proposta progettuale

### “Materials and processes Beyond the Nano–scale (Beyond-Nano)”

### Fondo Sviluppo e Coesione

#### 1. Amministrazione proponente

Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca

#### 2. Denominazione del progetto

Materials and processes Beyond the Nano–scale (Beyond-Nano)

#### 3. Descrizione generale del progetto

##### *Introduzione*

Il progetto propone il potenziamento dell’infrastruttura di ricerca “materials and processes Beyond the Nano–scale” (Beyond–Nano upgrade) in Sicilia orientandola verso lo studio di materiali e processi e lo sviluppo di nuove tecnologie per applicazioni avanzate nel campo della microelettronica (*high–performance microelectronics*), con particolare riferimento all’elettronica di potenza e ad alta frequenza e al fotovoltaico avanzato. L’infrastruttura avrà come punto di riferimento l’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (IMM), mettendo a sistema, in modo perfettamente complementare, le migliori competenze presenti anche nelle altre strutture CNR a Catania, attive nel campo dei materiali avanzati e delle nanotecnologie.

L’infrastruttura sarà dotata di strumentazioni allo stato dell’arte per la sintesi di materiali innovativi, la fabbricazione di nano– ed eterostrutture, la loro caratterizzazione elettrica, ottica, e strutturale con elevata risoluzione spaziale, il *processing* avanzato e la simulazione mediante *parallel–computing*. Le attività saranno concepite in modo da creare un *continuum* fra la scienza dei materiali e la tecnologia dei dispositivi al fine di ridurre i tempi di trasferimento dalla ricerca alle applicazioni di mercato. I campi di applicazione sono rivolti ai settori strategici dell’energia, dell’*automotive*, e della sensoristica in generale, con ricadute anche nel campo della sicurezza e dell’*health–care*, e con la potenzialità di orientarsi, grazie alla flessibilità stessa dell’infrastruttura e alla polifunzionalità dei materiali sviluppati, in altri settori in base alle esigenze del tessuto industriale di riferimento. Il potenziamento è pianificato in modo da favorire la stretta correlazione con altre infrastrutture e centri di ricerca Europei.

In tema di innovazione tecnologica e di interazione pubblico–privato, il rafforzamento dell’infrastruttura proposto nel presente progetto favorirà ulteriormente le interazioni con il Distretto Tecnologico “Sicilia Micro– Nanosistemi”, ponendosi come struttura di riferimento per lo sviluppo di attività di interesse industriale ed il consolidamento dei diversi *joint–labs* già avviati con le aziende. Il rapporto con l’Industria è rilevante per la presenza di due nodi dell’infrastruttura

presso la sede di STMicroelectronics, importante *player* internazionale nel campo della Microelettronica, e di Enel Green Power, attiva nel campo del fotovoltaico.

L'intervento di potenziamento si svilupperà attraverso l'implementazione di tre grandi *facilities* integrate di ricerca: Lab\_MAT, Lab\_Power&RF, Lab\_PV. La *facility* Lab\_MAT, dedicata allo studio delle proprietà fondamentali di materiali innovativi per applicazioni multi-funzionali, sarà realizzata all'interno di un capannone acquisito dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) in Zona Industriale di Catania. Le *facilities* Lab\_Power&RF e Lab\_PV, dedicate allo sviluppo di processi innovativi e nanotecnologie applicate all'elettronica di potenza / radio frequenza e al fotovoltaico, saranno collocate negli spazi concessi in comodato d'uso gratuito al CNR, ancora in Zona Industriale di Catania, da STMicroelectronics ed Enel Green Power, rispettivamente.

Le azioni proposte attraverso il progetto di potenziamento con impatto per **le attività produttive della Regione Sicilia** sono:

- a) **Creazione della facility Lab\_MAT dell'infrastruttura Beyond-Nano.** La facility Lab\_MAT di Beyond-Nano svilupperà attività di ricerca finalizzata al miglioramento delle funzionalità dei semiconduttori ad ampia banda proibita (WBG) attraverso l'integrazione con *materiali bi-dimensionali* (quali il *grafene*, MoS<sub>2</sub>, ...). La crescita di grafene su SiC può essere realizzata grazie a dei processi termici ad alte temperature (che necessitano di forni adeguati). D'altra parte, i materiali bi-dimensionali cresciuti su metalli o esfoliati possono essere trasferiti e definiti localmente con tecniche litografiche su etero-strutture di GaN per la realizzazione di transistor ad elettroni caldi (*hot electron transistors*) in grado di operare a frequenze estremamente elevate. Questo settore di ricerca può trovare delle importanti applicazioni nel campo dei dispositivi ad alta frequenza e nella *sensoristica*. In questo contesto, sarà sviluppata un'attività di ricerca di base sulle realizzazioni di transistor ad effetto di campo basati su grafene e materiali bi-dimensionali (quali MoS<sub>2</sub>) con dielettrici ultra-sottili depositati per *Atomic Layer Deposition* (ALD). L'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi del CNR di Catania opera ormai da più di quindici anni nel campo dei materiali e delle tecnologie dei WBG per elettronica di potenza ed ha una esperienza riconosciuta in campo internazionale, oltre a vantare numerose collaborazioni con i maggiori centri di ricerca e Università Europei, ed industrie operanti nel settore: Università di Erlangen (Germania), ASCATRON ed Università di Linköping (Svezia), CNRS-CHREA (Francia), TopGaN e Unipress (Polonia), ecc.

**Attività previste in stretta collaborazione con Università Siciliane e Enti ed Istituzioni di Ricerca Nazionali**

- b) **Creazione della facility Lab\_Power&RF dell'infrastruttura Beyond-Nano.** Il silicio ha occupato durante gli ultimi 40 anni una posizione dominante nel campo della microelettronica ed i dispositivi in silicio hanno rivoluzionato il campo dei sistemi di conversione basati su elettronica di potenza. È ormai assodato, tuttavia, che per migliorare l'efficienza energetica è necessario introdurre tecnologie innovative basate su *nuovi semiconduttori*, quali i semiconduttori ad *ampia banda proibita* (WBG). In elettronica di potenza, il cuore dei moduli per la conversione dell'energia è rappresentato da un dispositivo di "*switch*" che, nel caso ideale, può essere visto come un *transistor* che offre una resistenza ( $R_{on}$ ) trascurabile nello stato "acceso" ed una resistenza infinita nello stato "spento". Sebbene negli ultimi dieci anni siano stati fatti enormi progressi nel campo dello sviluppo di materiali e processi per dispositivi in carburo di silicio (SiC) ed in nitruro di gallio

(GaN), che hanno portato alla semplice dimostrazione a livello di *ricerca e sviluppo* (R&D) o, in diversi casi, alla commercializzazione di diodi e di dispositivi “*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors*” (MOSFET) in SiC e di dispositivi “*High Electron Mobility Transistor*” (HEMT) in GaN, in un ampio intervallo di tensioni di lavoro (200 V – 10 kV), esistono ancora diverse questioni scientifiche–tecnologiche aperte che saranno affrontate dalla facility Lab\_Power&RF dell’infrastruttura Beyond – Nano. Da un punto di vista del *processing* per i dispositivi, la possibilità di effettuare processi termici sia rapidi che lenti, a temperature più elevate rispetto all’attuale tecnologia, grazie alla strumentazione che sarà acquisita per Lab\_Power&RF, troverà applicazione in alcuni processi fondamentali per sia per la tecnologia del SiC che del GaN. Chiaramente, lo sviluppo di una attività su nuovi processi abilitanti e dispositivi richiede l’utilizzo di sistemi di litografia più flessibili rispetto ai *mask-aligner* tradizionali, che consentano cioè di potere cambiare rapidamente (via software piuttosto che tramite la realizzazione e l’acquisto di maschere fisiche) il *layout* da realizzare, adeguando opportunamente le strutture test da realizzare per la caratterizzazione elettrica. Oltre alla flessibilità, è necessario altresì spingersi verso sistemi di nuova concezione che consentano anche un migliore compromesso in termini di velocità di scrittura.

**Attività previste in stretta collaborazione con Università Siciliane e realtà imprenditoriali locali (STMicronics)**

- c) **Creazione della facility Lab\_PV dell’infrastruttura Beyond–Nano.** L’attività di ricerca focalizzata nel campo del fotovoltaico avanzato sarà organizzata su tre azioni distinte: i) caratterizzazione a livello di laboratorio di materiali e dispositivi per celle solari e moduli fotovoltaici; ii) caratterizzazione outdoor, in condizioni operative di celle solari e moduli fotovoltaici; iii) realizzazione di celle solari innovative a base silicio cristallino e multicristallino.

Lab\_PV investigherà tecnologie fotovoltaiche ad altissima efficienza di conversione ed affidabilità. Un approccio, che è quello di maggiore interesse industriale, è quello di innovare radicalmente le tecnologie basate su silicio cristallino e multicristallino. L’attività proposta riguarda alcuni approcci tecnologici sulle giunzioni, contatti, e tecniche di *light trapping* per celle principalmente in silicio. I target proposti sono: efficienze maggiori del 20%, costi potenzialmente inferiori a 0.5 USD / W, vita media del modulo superiore ai 35 anni, e *Light Induced Degradation* (LID) minore di 0.3% / anno.

**Attività previste in stretta collaborazione con Università Siciliane e realtà imprenditoriali locali (Enel Green Power)**

### 3.1.1 Contesto di riferimento programmatico

#### **Coerenza delle attività di ricerca proposte con la RIS3 Regionale**

Il territorio siciliano, ed in particolare la provincia catanese, ha sviluppato, già a partire dalla fine degli anni '90, una particolare vocazione nel settore della microelettronica (la cosiddetta “*Etna Valley*” è considerata un caso di rilievo nazionale e internazionale). Secondo i dati del censimento effettuato dall’ISTAT nel 1996, il territorio catanese mostrava, già a quel tempo, una spiccata specializzazione in tale settore con un incidenza relativa, in termini di numero degli addetti,

rispetto a tutte le attività manifatturiere locali pari al 10,6% (da confrontare con il 4,4% misurato a livello regionale e con il 3,7% misurato a livello nazionale).

Lo sviluppo del settore *high-tech* nel campo della microelettronica è significativamente cresciuto nella seconda metà degli anni '90 ed è soprattutto a partire dall'anno 2000 che nell'area catanese si sono sviluppate più di un centinaio di iniziative imprenditoriali basate, per la natura dell'attività svolta, per i processi di genesi, per i modelli organizzativi adottati, per l'intensità di capitale umano rispetto ad altre forme di investimento, sulla cosiddetta "*net economy*". Sul territorio Catanese sono presenti diverse imprese multinazionali che hanno deciso di stabilire una sede operativa nei pressi dell'azienda per servire meglio STMicroelectronics, l'azienda di semiconduttori più importante in Italia che a Catania è presente con uno stabilimento di produzione che impiega circa 3600 addetti e con un importante centro di ricerca e sviluppo che impiega circa 900 unità, prevalentemente tra ingegneri elettronici, fisici e chimici. Tali imprese forniscono a STMicroelectronics servizi avanzati ad alto contenuto tecnologico e la loro prossimità all'azienda permette di promuovere lo sviluppo congiunto di innovazioni di prodotto e, soprattutto, di processo.

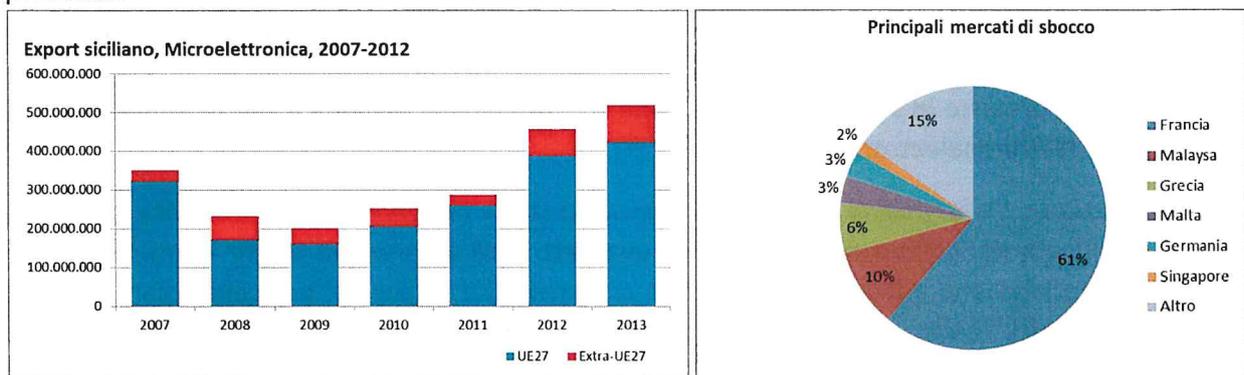


Fig. 1 Andamento dell'export Siciliano nel settore della Microelettronica nel corso del settennio 2007-2013. Fonte: ISTAT, COEWEB

In Sicilia, si assiste, peraltro, ad una buona ripresa dell'attività economica correlata al settore della Microelettronica, con esportazioni che, nel settennio 2007-2013, sono sensibilmente aumentate, passando dai 373 milioni di euro del 2007 ai 519 del 2013 (Fig. 1). La crescita è stata notevole soprattutto dopo il biennio di crisi 2008-2009. La stragrande maggioranza del fatturato estero è realizzato nel mercato comunitario (81,5%), ma anche in questo caso le esportazioni extra-UE (arrivate a quasi 80 milioni di euro nel 2012) crescono ad un ritmo più sostenuto di quelle comunitarie.

La Sicilia presenta alcuni segnali positivi nella spesa pubblica per la ricerca e sviluppo e nella vitalità nella microelettronica e nel settore ICT in generale, evidenziando proprio l'esistenza di alcune eccellenze sul territorio, come, appunto, l'Etna Valley. Uno dei punti di forza dell'Etna Valley è, in effetti, il circolo virtuoso, stabilito nel corso degli anni, basato su una stretta collaborazione tra Industria, Sistema Universitario, ed Enti di Ricerca. La sinergia, in particolare, attivata tra il CNR (con l'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi) e la STMicroelectronics è dovuta non soltanto alle competenze che i gruppi di ricerca CNR possono vantare nel campo dei materiali, dei processi e dei dispositivi a semiconduttore, ma anche al ruolo di collegamento con il sistema Universitario svolto dal CNR stesso per la formazione di giovani ricercatori sul campo. Tutto questo si traduce in un'ottima propensione del sistema a produrre, nel campo della microelettronica, un notevole grado di innovazione tecnologica come dimostrato dai dati sui brevetti riportati in Tab. I.

Sicilia	Settori					Totale
	Elettronica elettronica	Strumenti ottici, di mis. e contr.	Chimica, farmaceutica, ambiente	Meccanica, trasporti	Altri settori	
Inventori	486	42	33	23	4	588

Tab. I Numero di inventori Siciliani per brevetti che hanno impatto nei diversi settori applicativi nel periodo 2001–2011. Fonte: elaborazione su dati DINTEC

Se consideriamo i dati cumulati tra il 2001 e il 2011 per inventore in Sicilia, la microelettronica segna, rispetto agli settori, un numero nettamente più grande di brevetti (486 per l'esattezza). Ciò indica il grande fermento nella ricerca in Sicilia dovuto al settore della microelettronica capace di trascinare con sé un notevole indotto con ancora ampi spazi di crescita.

Per il futuro, la strategia regionale prevede di puntare allo sviluppo di settori a maggiore contenuto di conoscenza e di tecnologia, come la microelettronica, per introdurre forti elementi di innovazione nella ricerca su ambiti tematici di grande rilevanza strategica per la Regione stessa (scienze della vita, energia, *smart cities & communities*, turismo & beni culturali, economia del mare, scienze agro–alimentari). In questo senso la microelettronica è la *key enabling technology* più rilevante che la Sicilia può mettere in campo per incrementare fortemente in contenuto tecnologico avanzato tutti gli altri settori di interesse della strategia Regionale (Scienze della vita, Energia, Smart Cities & Communities, Turismo & Beni culturali, Economia del mare, Agroalimentare).

L'azione di aggregazione e di valorizzazione dell'offerta di ricerca di livello internazionale, integrata con attività di alta formazione, proposta nel presente progetto di potenziamento dell'infrastruttura Beyond–Nano potrà: *i*) attrarre investimenti di grandi imprese nazionali e multinazionali; *ii*) favorire la nascita e lo sviluppo di imprese innovative (New Technology–Based Firm) anche attraverso *spin–off* generati dai centri di ricerca e dalle imprese stesse.

### **Inclusione nel contesto EU**

Ad inizio dello scorso decennio, l'urgenza della competizione a livello globale ha indotto gli scienziati europei a sollecitare i Governi Nazionali (attraverso l'interazione con le proprie Regioni) e la Commissione Europea per la definizione di una *roadmap* riguardante lo sviluppo delle *grandi infrastrutture* per la ricerca del XXI secolo e la conseguente predisposizione d'iniziative coordinate tra i vari Stati Membri dell'Unione Europea e percorsi finanziari di respiro ventennale. L'attività è stata assunta come un'iniziativa strategica coordinata dalla struttura organizzativa ESFRI (*European Scientific Forum for Research Infrastructure*), costituita al proposito dalla Commissione UE, come organo consultivo. A metà degli anni 2000 ESFRI ha rilasciato il primo documento quadro che identifica le *research infrastructures* come opportunità di sviluppo e le caratterizza per il *respiro continentale*, prevedendo un investimento economico nell'ordine di diverse centinaia di milioni di Euro e richiedendo un'azione strutturata da parte degli Stati membri. Inoltre, ESFRI impegna la Commissione Europea a finanziarne le azioni preparatorie e di disegno, le prime fasi d'implementazione, e, in prospettiva, a mitigare le differenze di disponibilità e accesso per i ricercatori che operano nelle *regioni europee economicamente meno sviluppate*.

Il ruolo di Beyond–Nano in Sicilia è cruciale nel panorama delle attuali altre facilities già inserite nella "Roadmap Italiana delle Infrastrutture di Ricerca di interesse Pan–Europeo": la sorgente di luce di sincrotrone ELETTRA (un laboratorio internazionale multi–disciplinare, composto da una sorgente di radiazione di sincrotrone di terza e da una sorgente di luce di quarta generazione basata su laser a elettroni liberi) con sede a Basovizza (Trieste) e il Laboratorio Europeo di

Spettroscopia Non-Lineare (LENS) con sede a Sesto Fiorentino, e l'infrastruttura del CINECA (nodo Italiano di PRACE) per il calcolo ad alte prestazioni con sede a Bologna. Importanti anche le partnership con i centri attivi nel campo delle Nanoscienze e Nanotecnologie, grazie alle connessioni dirette con l'*Italian University NanoElectronics Team* (IUNET) e l'*Italian Institute of Technology* (IIT) di Genova.

Attraverso le collaborazioni già attive (o in fase di attivazione), Beyond-Nano sarà collegata ad importanti infrastrutture di ricerca a livello Europeo e dell'*Area Mediterranea*, in particolare (Fig. 10). Sono, altresì, previsti accordi Internazionali con grossi centri ed organismi di ricerca Europei per l'esecuzione di grandi progetti strategici nel campo dei materiali, processi nanotecnologici e dispositivi per il fotovoltaico avanzato, l'elettronica di potenza, la nanoelettronica. I centri / strutture che hanno, al momento, in questo senso, manifestato interesse all'interazione con l'infrastruttura Beyond-Nano, di cui si propone il potenziamento, sono, oltre alle citate multinazionali STMicroelectronics ed Enel Green Power, il *Laboratoire de Microelectronique de Puissance* (LMP) di Tours, il *Laboratoire d'Electronique de Technologie et d'Instrumentation* (LETI) del CEA di Grenoble, e il centro tedesco *Innovations for High Performance Microelectronics Leibniz-Institut fuer innovative Mikroelektronik* (Frankfurt-Oder). Il LETI, in particolare, ha già, nel recente passato, attivato efficaci sinergie con l'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi del CNR basate sull'uso esperto di tecniche di microscopia elettronica ad altissima risoluzione spaziale per lo sviluppo di innovative memorie non volatili a trappole discrete (nanocristalli di silicio, o stati trappola in nitruro di silicio), con il coinvolgimento di STMicroelectronics. A questi centri si aggiungono i collegamenti che Beyond-Nano potenzierà con l'infrastruttura *Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East* (SESAME) ad Allan (Giordania), la *facility* di luce di sincrotrone ALBA a Barcellona (Spagna), la *European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF) a Grenoble (Francia), l'infrastruttura di ricerca dell'Università Aristotele di Salonicco in Grecia, e l'Università di Malta.

### 3.1.2 Il contesto normativo e procedurale

Il presente progetto è presentato a valere sulle risorse del Fondo Sviluppo e Coesione.

Esso è presentato in coerenza con gli interventi previsti dal PNR 2015-2020 relativamente alle aree di specializzazione:

Aerospazio  
Energia  
Mobilità sostenibile  
Smart, Secure and Inclusive Communities

## 4. Descrizione degli obiettivi del progetto

Obiettivo I) Realizzazione di Lab\_MAT. Lab\_MAT consisterà in un laboratorio per lo studio delle proprietà strutturali e chimico-fisiche dei materiali con tecniche ad altissima sensibilità e risoluzione spaziale.

Obiettivo II) Realizzazione di Lab\_Power&RF. Lab\_Power&RF sarà dedicato allo sviluppo di processi su materiali semiconduttori per l'elettronica di potenza e radio frequenza e al *testing* dei dispositivi.

Obiettivo III) Realizzazione di Lab\_PV. Lab\_PV sarà dedicato allo studio e allo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche ad altissima efficienza di conversione ed affidabilità.

## 5. Risultati attesi

Con i suoi nuovi tre grandi laboratori (Lab\_MAT, Lab\_Power&RF, Lab\_PV), l'infrastruttura Beyond-Nano fornirà un sistema di servizi rivolto al *cutting edge* della ricerca sui materiali grazie all'impiego di tecniche di analisi spettroscopiche e strutturali con risoluzione sub-Ångstrom e allo sviluppo di sofisticate metodologie di processo *top-down* e *bottom-up* fondamentali per la realizzazione, anche su larga scala, di nano-microdispositivi innovativi applicabili a settori di interesse strategico per valenza sociale ed economica, come l'energia, la sicurezza, l'*automotive*.

## 6. Durata temporale del progetto

Il progetto viene prevede una realizzazione nell'arco di **36 mesi**.

## 7. Area geografica di localizzazione dell'intervento

Regione Sicilia. L'infrastruttura avrà come punto di riferimento l'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (IMM), mettendo a sistema, in modo perfettamente complementare, le migliori competenze presenti nelle altre strutture CNR a Catania, attive nel campo dei materiali avanzati e delle nanotecnologie.

## 8. Descrizione delle attività che saranno poste in essere per il conseguimento dei risultati attesi

### Opere edili

#### **importo complessivo: Euro 8.159.444,94**

Ci si riferisce alla realizzazione all'opera edile che ospiterà la *facility* Lab\_MAT all'interno di una porzione di capannone industriale ubicato nella Zona Industriale di Catania (Fig. 2). *La porzione di capannone è stata già acquisita al prezzo di Euro 1.350.000* a seguito dell'espletamento di tutte le procedure previste dalla normativa vigente (bando pubblico, valutazione da parte dell'Agenzia del Territorio, parere di congruità dell'Agenzia delle Entrate, autorizzazione del Ministero di Economia e Finanza). È stato, inoltre, elaborato il progetto esecutivo dell'opera edile da realizzare all'interno dell'immobile acquistato e sono state ottenute le autorizzazioni necessarie per procedere alla costruzione (permesso di costruire, parere tutela ambientale, parere ASP, parere unità operativa igiene pubblica, verbale conferenza dei servizi).

### Spese Tecniche: personale

#### **importo complessivo: Euro 659.080,08**

Trattasi di spese relative al personale impiegato nella progettazione, direzione lavori, coordinamento della sicurezza, e collaudo dell'opera edile che ospiterà la componente Lab\_MAT dell'infrastruttura da realizzare presso il capannone acquisito dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) in Zona Industriale di Catania.

**Attrezzature e strumentazioni scientifiche****importo complessivo: Euro 29.981.475,00**

La strumentazione da acquisire per la realizzazione dei tre grandi facilities di Beyond-Nano è la seguente.

**Lab\_MAT**

<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Importo</b>
L1.1	<i>Focussed Ion Beam (FIB)</i>	924.000
L1.2	<i>Rivelatore singolo elettrone per microscopio elettronico a risoluzione sub-Ångstrom</i>	730.000
L1.3	<i>Portacampioni per microscopia elettronica in trasmissione in-situ: heating-biasing; heating-gas; microscopy in liquids</i>	710.000
L1.4	<i>Ultra-microtomo</i>	145.000
L1.5	<i>Microscopio a scansione di sonda per caratterizzazioni elettriche/termiche alla nanoscala</i>	825.000
L1.6	<i>Cluster di workstations multicore per un totale di oltre 500 cores</i>	535.718
L1.7	<i>Sistema per analisi di spettroscopia elettronica di superfici (XPS)</i>	970.000
L1.8	<i>Sistema per analisi in diffrazione X</i>	775.000
L1.9	<i>Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)</i>	650.260
L1.10	<i>Auger Electron Spectroscopy (AES)</i>	1.170.000
L1.11	<i>Time of Flight Secondary Ion Mass Spectroscopy (TOF-SIMS)</i>	1.020.000
L1.12	<i>Ultra high temperature nano-indenter</i>	630.000

Sub-totale **9.084.978****Lab\_Power&RF**

<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Importo</b>
L2.1	<i>Litografia laser a scrittura diretta accessoriata con spinner hot plate</i>	460.000
L2.2	<i>Sistema per processi termici rapidi (RTP)</i>	215.000
L2.3	<i>Forno orizzontale per processi ad alte temperature per l'attivazione elettrica</i>	580.000
L2.4	<i>Forno per processi di ossidazione e post-ossidazione ad alte temperature</i>	390.000
L2.5	<i>Laser annealing</i>	2.400.000
L2.6	<i>Ellissometro spettroscopico in situ per sistema ALD</i>	115.000
L2.7	<i>Sistema per attacchi in plasma</i>	485.000
L2.8	<i>Sistema di evaporazione termica per film metallici</i>	290.000
L2.9	<i>Sistema di caratterizzazione elettrica per materiali e dispositivi per l'elettronica di potenza</i>	1.550.000
L2.10	<i>Cluster di sistema Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD)</i>	1.000.000
L2.11	<i>Clean-room per sviluppo processi nanotecnologici</i>	2.635.497
L2.12	<i>Banco per power cycling</i>	240.000
L2.13	<i>Sistema per cicatura e shock termici su dispositivi</i>	165.000
L2.14	<i>Scanning acoustic microscopy</i>	165.000
L2.15	<i>Sistema di electro-mechanical and dynamical press con camera climatica</i>	90.000
L2.16	<i>Warpage measurement equipment</i>	165.000
L2.17	<i>Sistema di electro-mechanical and dynamical press con camera climatica</i>	165.000
L2.18	<i>Differential Scanning Calorimetry (DSC)</i>	45.000
L2.19	<i>Reattore MOCVD per la crescita di nitruri</i>	4.800.000
L2.20	<i>Impiantatore ionico</i>	1.641.000

Sub-totale **17.596.497****Lab\_PV**

<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Importo</b>
L3.1	<i>Spettrometri FTIR e Raman / Fotoluminescenza</i>	240.000
L3.5	<i>Sistema di Laser Beam Induced Current (LBIC)</i>	195.000
L3.2	<i>Strumentazione Generale Elettronica di Misura</i>	195.000

L3.3	<i>Simulatore solare per celle in classe AAA con elettronica di corredo</i>	195.000
L3.4	<i>Hardware e Software TCAD per modeling di celle solari</i>	100.000
L3.6	<i>Spettrofotometro UV-Vis-NIR</i>	80.000
L3.7	<i>Microscopio confocale per misure in riflessione e trasmissione</i>	140.000
L3.8	<i>Camera climatica per test affidabilistici su moduli fotovoltaici</i>	460.000
L3.9	<i>Strumentazione per la caratterizzazione OUTDOOR di celle solari e moduli fotovoltaici</i>	145.000
L3.10	<i>Cappe chimiche per lavaggio wafer e attacchi</i>	75.000
L3.11	<i>Sistema di deposizione di film sottili per celle solari</i>	580.000
L3.12	<i>Strumentazione di deposizione per sputtering</i>	580.000
L3.13	<i>Screen printer semi-automatica con forno di annealing</i>	240.000
L3.14	<i>Laminatore manuale</i>	75.000

Sub-totale **3.300.000**

### Reti di collegamento

#### **importo complessivo: Euro 1.000.000,00**

L'accesso remoto di apparecchiature in tempo reale e lo scambio di grosse quantità di dati sarà reso possibile dalla realizzazione di una rete intranet di connessioni ultra veloce (superiori a 10 GBytes / s) da integrare con le infrastrutture di rete nazionali esistenti in ambito scientifico, per esempio con il Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti della Ricerca (GARR). La portata della connessione al GARR passerà dall'attuale 100 MBytes / s a 2(1+1) GBytes / s.

### Costi specifici di progetto

#### **importo complessivo: Euro 200.000,00**

Trattasi delle spese relative all'espletamento delle gare d'appalto (pubblicazione degli avvisi e degli esiti in GURI – GUCE – quotidiani), necessarie per la realizzazione degli interventi edili e per l'acquisizione delle attrezzature.

9. Cronoprogramma dell'intervento			1° anno				2° anno				3° anno									
			1° trim.	2° trim.	3° trim.	4° trim.	1° trim.	2° trim.	3° trim.	4° trim.	1° trim.	2° trim.	3° trim.	4° trim.						
	Euro	%																		
Spese tecniche	659.080,08	1,65%																		
Opere edili	8.159.444,94	20,40%																		
Acquisto di attrezzature e strumentazioni scientifiche	29.981.475,00	74,95%	Codice attrezzatura																	
			Lab_MAT	L1.1	924.000															
				L1.2	730.000															
				L1.3	710.000															
				L1.4	145.000															
				L1.5	825.000															
				L1.6	535.718															
				L1.7	970.000															
				L1.8	775.000															
				L1.9	650.260															
				L1.10	1.170.000															
				L1.11	1.020.000															
				L1.12	630.000															
			Sub-totale	9.084.978																
			Lab_Power&RF	L2.1	460.000															
				L2.2	215.000															
				L2.3	580.000															
				L2.4	390.000															
				L2.5	2.400.000															
				L2.6	115.000															
				L2.7	485.000															
				L2.8	290.000															
				L2.9	1.550.000															
				L2.10	1.000.000															
				L2.11	2.635.497															
				L2.12	240.000															
			L2.13	165.000																
			L2.14	165.000																
			L2.15	90.000																
			L2.16	165.000																
			L2.17	165.000																
			L2.18	45.000																
			L2.19	4.800.000																
			L2.20	1.641.000																
			Sub-totale	17.596.497																
			Lab_PV	L3.1	240.000															
				L3.5	195.000															
				L3.2	195.000															
				L3.3	195.000															
				L3.4	100.000															
				L3.6	80.000															
				L3.7	140.000															
				L3.8	460.000															
L3.9	145.000																			
L3.10	75.000																			
L3.11	580.000																			
L3.12	580.000																			
L3.13	240.000																			
L3.14	75.000																			
Sub-totale	3.300.000																			
Reti di collegamento	1.000.000,00	2,50%																		
Costi specifici progetto	200.000,00	0,50%																		

<b>Spesa /anno (KEuro)</b>	<b>Anno 1 (2019)</b>	<b>Anno 2 (2020)</b>	<b>Anno 3 (2021)</b>	<b>Totale</b>
Finanziamento richiesto	10.000	4.000	1.000	15.000
Cofinanziamento CNR	5.000	0	0	5.000
Cofinanziamento regione Sicilia	8.000	6.000	6.000	20.000
<b>Finanziamento totale</b>	<b>23.000</b>	<b>10.000</b>	<b>7.000</b>	<b>40.000</b>

#### **10. Modalità di attuazione (con indicazione del/i soggetto/i gestore/i, ove già individuati, o comunque la tipologia dei soggetti stessi)**

Le attività previste nel presente piano sono destinate alla creazione di infrastrutture per la ricerca. Questo progetto prevede allo stato attuale il co-finanziamento da parte della Regione Sicilia per 20 Milioni di Euro, oltre che del CNR per 5 Milioni di Euro.

#### **11. Eventuali adempimenti necessari per l'avvio e la realizzazione dell'intervento (a titolo esemplificativo: conferenze di servizi, concertazioni partenariali, sostenibilità ambientale, sostenibilità amministrativa, studio di fattibilità, progettazione, appalto lavori, etc.)**

Per la realizzazione delle infrastrutture sono previste: progettazione e realizzazione secondo le normative vigenti.

Rischi: il progetto è condizionato alle tempistiche della normativa vigente. In caso di problemi sarà convenuta con il Ministero la soluzione alternativa più idonea per la realizzazione di Beyond – Nano.

#### **12. Coerenza programmatica dell'intervento con i principali strumenti di programmazione settoriale a livello comunitario e nazionale.**

Si rinvia a quanto illustrato nei punti 3.1.1 e 3.1.2

#### **Risorse finanziarie**

La stima dei costi del progetto è fornita nella seguente tabella. Il totale è 40 Milioni di Euro: 5 Milioni coperti dal CNR, 20 Milioni dalla Regione Sicilia, 15 Milioni è il finanziamento richiesto al Fondo di Sviluppo e Coesione.

Le stime di costo si basano su proiezioni di costi attuali indicativamente disponibili all'inizio del 2019. Le spese sono così articolate tra le varie attività sopra descritte:

Spese tecniche	€ 659.080,08
Opere edili	€ 8.159.444,94
Attrezzature e strumentazioni scientifiche	€ 29.981.475,00
Reti di collegamento	€ 1.000.000,00
Costi specifici di progetto	€ 200.000,00
	€ 40.000.000,00

Lab_MAT	€ 9.084.978
Lab_Power&R	€ 17.596.497
Lab_PV	€ 3.300.000

Il finanziamento richiesto è pari a 15 milioni in tre anni a valere sul Fondo di Sviluppo e Coesione distribuiti come segue:

Spesa /anno (KEuro)	Anno 1 (2019)	Anno 2 (2020)	Anno 3 (2021)	Totale
Finanziamento richiesto	10.000	4.000	1.000	15.000