



Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Il sottoscritto _ Luca Camilli_ qualifica (ricercatore/associato/ordinario) __Ricercatore____
afferre al Dipartimento di _____FISICA____
____Corridoio C0____ Interno __4433_ email ____luca.camilli@roma2.infn.it_____

CHIEDE

l'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: FISICA

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

Innovazione – transizione digitale

Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: _____

Persona di Riferimento: _____ Telefono _____

Email _____

Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca (massimo 10.000 battute complessive spazi inclusi) che comprenda

Descrizione: Il progetto ha lo scopo di realizzare ed ingegnerizzare un fotorivelatore su substrato plastico flessibile per il monitoraggio, tramite detezione ottica non invasiva, di segnali vitali quali la frequenza cardiaca, la saturazione arteriosa dell'ossigeno e la frequenza respiratoria. Il dispositivo finale sarà indossabile, a basso consumo energetico e funzionante in condizioni ambientali di luminosità variabile. Connettendo il dispositivo ad una rete di comunicazione (es., Internet) sarà possibile monitorare e immagazzinare i segnali vitali anche da remoto, facilitando dunque la transizione digitale.

Rispetto al panorama di letteratura, si sfrutterà l'elevatissima mobilità ($\sim 10^3 \text{cm}^2/\text{Vs}$) del grafene monocristallino per ottenere un aumento significativo di guadagno rispetto ai dispositivi ad oggi disponibili/proposti. Tale sistema, che data la presenza del grafene è flessibile e a basso consumo energetico, avrà ovvie ripercussioni nel campo dell'elettronica flessibile, al di là del dispositivo da noi proposto. Inoltre, la presenza di punti quantici semiconduttori con determinate proprietà ottiche permetteranno di allargare lo spettro di risposta del fotorivelatore.

Attività previste: Il progetto prevede la realizzazione e l'ingegnerizzazione di un prototipo di fotorivelatore ad alto guadagno fotoconduttivo basato su grafene ad altissima mobilità sensitivizzato con punti quantici semiconduttori su substrato plastico flessibile per il monitoraggio ottico di segnali vitali. Lo studente sarà coinvolto in un progetto di ricerca ad alta sfida tecnologica di tipo sperimentale. Dopo un breve periodo di formazione la cui durata è legata alla preparazione di base del soggetto, le fasi dell'attività si articoleranno come segue:

Fase 1- Sintesi mediante deposizione da fase vapore (CVD) di grafene su substrato di crescita e ottimizzazione del trasferimento del grafene sui supporti plastici per il dispositivo finale. La crescita del grafene avverrà



secondo protocolli standard e sarà seguita da caratterizzazione strutturale e morfologica (Microscopie AFM, STM, Raman, Microscopia elettronica SEM). Seguirà lo studio del processo di trasferimento a secco del grafene su substrati polimerici flessibili [polietilenterefalato (PET), polietilene naftalato (PEN), poliimide]. (Durata prevista 1 anno)

Fase 2- Fabbricazione dei fotorivelatori su substrato flessibile e caratterizzazione elettro-ottica. Verranno realizzati tramite litografia i contatti metallici del dispositivo. Seguirà una sensitivizzazione mediante deposizione di punti quantici semiconduttori di PbS. Si realizzeranno dapprima prototipi di dimensioni maggiori (indossabili su polso per esempio) e, in seguito, si ridurrà la dimensione per avere sensibilità maggiore (per misure su polpastrello). Infine, si realizzerà un prototipo con la fabbricazione di un gate su substrato flessibile per migliorare la sensibilità e la tunabilità del dispositivo. Di ogni prototipo realizzato si effettuerà una caratterizzazione elettrico-ottica completa, per evidenziarne la fotosensibilità. I dispositivi saranno caratterizzati in diverse condizioni di illuminazione esterna ed in funzione dell'intensità e della lunghezza d'onda della sorgente diodo laser integrata. In questa fase di lavoro lo studente trascorrerà un periodo di tempo non inferiore a 6 mesi presso l'Università di Salamanca in Spagna. (Durata prevista della fase: 1 anno)

Fase 3 – Validazione del prototipo: integrazione su scheda circuitale di comunicazione. Il successo del dimostratore consentirà l'integrazione con una scheda circuitale di comunicazione a corto raggio per la comunicazione wireless del fotorivelatore con uno smartphone o l'integrazione con una cella fotovoltaica a basso costo per operatività in assenza di batterie. Entrambe queste soluzioni sono perfettamente in linea con il concetto di transizione digitale; dunque, il carattere innovativo della proposta.

Ulteriori passaggi, come l'integrazione del fotorivelatore in una più ampia piattaforma elettronica di alimentazione e controllo (cella fotovoltaica di alimentazione, molteplici sorgenti diodo esterne, ...), il trasferimento della tecnologia del processo ad una linea di produzione pilota o l'uso del dispositivo in diagnostica o fitness monitoring, sono tutte chiare possibilità per la continuazione della ricerca e sviluppo di questa tecnologia successiva al progetto e dimostrano il potenziale grado di innovazione determinato dalla nostra proposta. In questa fase di lavoro lo studente trascorrerà un periodo di tempo non inferiore a 6 mesi presso l'azienda AlphaIOT - <https://alfaiot.com/>. (Durata prevista della fase: 1 anno).

Obiettivi formativi: Le opportunità formative offerte da questo progetto allo studente di dottorato sono triplici. Per prima cosa, il livello internazionale del progetto darà l'opportunità allo studente di fare esperienza in un ambiente accademico sia italiano che internazionale (Spagna) e in un ambiente aziendale internazionale. In secondo luogo, lo studente avrà l'opportunità di interagire con docenti esperti, ereditando e condividendo le conoscenze ottenute nel campo della crescita dei materiali bidimensionali, della tecnologia di fabbricazione e caratterizzazione optoelettronica e della sensoristica. Questo chiaramente sottolinea il carattere multidisciplinare del progetto. Infine, le conoscenze acquisite contribuiranno ad arricchire e completare il percorso formativo dello studente, stabilendo una diretta connessione fra Educazione, Ricerca ed Innovazione. In particolare, l'attività prevista presso l'azienda AlphaIOT consentirà al dottorando di avere un primo contatto diretto con l'ambiente di lavoro esterno a quello universitario. Non è esclusa dunque una ricaduta diretta nel mondo del lavoro.

Attinenza del progetto all'area indicata: Il progressivo invecchiamento della popolazione è ormai diventato una criticità a livello mondiale. Si stima infatti che nel 2050 circa un terzo della popolazione mondiale avrà più di 60 anni. Tale problematica è particolarmente rilevante in Italia, che, come indicato dall'OCSE, possiede un tasso demografico d'invecchiamento fra i più elevati del mondo. Una popolazione più anziana comporta un maggiore rischio sanitario e, di conseguenza, un maggiore carico sul sistema sanitario. I sistemi convenzionali di monitoraggio diagnostico sono tipicamente massivi, ad alto costo, invasivi e quindi implicano, in particolare per malati cronici ed anziani, una permanenza relativamente prolungata in ambito ospedaliero, il che spesso produce gravi conseguenze dal punto di vista del benessere psicologico.



I sensori indossabili rappresentano una risposta a questa criticità diffusa. Difatti possono fornire un monitoraggio domiciliare o addirittura mobile dello stato di salute identificando in maniera tempestiva situazioni di rischio che richiedano interventi o diagnostiche specifiche maggiormente invasive. Inoltre, in una popolazione a rischio, ma anche in una sana nel caso il monitoraggio risponda a ragioni atletiche e di fitness, i sensori indossabili permettono un agevole e ben tollerato ausilio per la prevenzione. Anche dal punto di vista dell'organizzazione del sistema sanitario, l'uso di dispositivi di monitoraggio in tempo reale da remoto tramite sensori indossabili consente un monitoraggio più efficiente, consentendo ai professionisti sanitari di focalizzare la propria attenzione solo sui casi più gravi e, al contempo, ai pazienti di godere di una qualità della vita nettamente migliore.

La tecnologia qui proposta è intrinsecamente integrabile e compatibile con il monitoraggio continuo e da remoto (transizione digitale), facilitando l'immediatezza e la celerità dell'intervento nel caso di crisi acute dei pazienti, il che favorisce tassi di sopravvivenza maggiori ed un recupero più rapido, che implica prestazioni meno onerose per il sistema sanitario.

Risultati attesi: Se il progetto avrà successo, alla fine dei tre anni avremo a disposizione un dispositivo opto-elettronico che è leggero e flessibile, dunque indossabile, a basso consumo che sarà connesso a reti di comunicazione wireless e che permetterà il monitoraggio a distanza in tempo reale tramite tecniche non invasive e la registrazione di segnali vitali di persone. Tale dispositivo rappresenterebbe dunque un chiaro passo in avanti verso la transizione digitale. Come detto prima, un altro significativo risultato atteso alla fine del progetto è la formazione di uno studente, che sarà pronto a continuare il suo percorso sia in accademia che in industria/azienda.

Azienda pubblica o privata coinvolta nazionale o straniera in cui si prevede di far svolgere il periodo obbligatorio da 6 a 12 mesi previsto dal Decreto Ministeriale:

Nell'ambito del presente progetto di ricerca si prevede che lo studente svolga attività di ricerca e/o sviluppo presso le seguenti aziende straniere:

- Università di Salamanca (Spagna) – tempo 6 mesi. Qui è previsto lo svolgimento di parte della fase di fabbricazione del dispositivo e sua caratterizzazione elettro-ottica. Il responsabile di riferimento presso l'Università di Salamanca è il Dr. José M. Caridad (jose.caridad@usal.es). La sede spagnola ha a disposizione una camera pulita con dispositivi litografici e strumenti per la deposizione dei contatti metallici che sono necessari per la fabbricazione. Inoltre, ci sono a disposizione vari sistemi per la caratterizzazione elettro-ottica, capaci di funzionare in ampi intervalli di temperatura e di condizione di luce.
- AlphaIOT (<https://alfaiot.com/>) – tempo 6 mesi. Qui è previsto lo svolgimento di parte della fase di validazione del prototipo.

AlfaIOT è un'azienda Europea di consulenza e sviluppo tecnologico con sede in Spagna che si specializza nell'*Internet of Things (IoT)*.

IoT è un concetto che si riferisce all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi reali e di uso quotidiano. Descrive in particolare oggetti fisici che sono dotati di sensori, capacità di processo, software e altre tecnologie "intelligenti" e che sono connessi e scambiano dati tra di loro e/o con altri dispositivi attraverso Internet oppure altre reti di comunicazione. Ha avuto un notevole sviluppo negli ultimi anni grazie alla confluenza di tecnologie come sistemi integrati, computazione ubiqua, sensori economici e machine learning. Oggi, *IoT* trova applicazione in reti di sensoristica senza filo, sistemi di controllo e automazione, compresa quella domestica (luci regolabili, termostati, camere di sicurezza) e industriale. Può anche essere usata nel campo medico, per esempio mettendo in comunicazione le risorse mediche disponibili e i servizi di salute (digitalizzazione), o realizzando monitoraggio a distanza di parametri sanitari.



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

**Direzione II – Ricerca, Terza Missione, Procedure
Elettorali**

Divisione I – Ricerca Nazionale

Ripartizione III – Scuola di Dottorato

In aggiunta ad operare come impresa di consulenza, la AlfaIOT è dedicata anche alla realizzazione di prototipi, al disegno e alla messa a punto di sistemi elettrici che costituiranno il sistema di collezione dati per la tecnologia *IoT*.

Firma