

Curriculum Vitae et Studiorum di Vicarelli Leonardo

DATI PERSONALI

Data di nascita: 5 Settembre 1986

TITOLI CONSEGUITI

- Sett. 2012 - Feb. 2017 **Delft University of Technology** – Doctorate in Physics
Titolo della tesi: “In-situ Transmission Electron Microscopy Studies on Graphene”
Supervisore: Prof. Dr. H.W. Zandbergen
Voto finale: non contemplato
Tesi disponibile online presso:
<http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ac11002b2-f033-44ac-bba9-fb3d32283d51?collection=research>
- Feb. 2009 - Gen. 2012 **Università di Pisa** – Laurea Magistrale in Fisica
Titolo della tesi: “Terahertz Photodetection in Graphene Field Effect Transistors” condotta presso il laboratorio NEST (Pisa).
Supervisori: Dr. Vittorio Pellegrini & Prof. Dr. Alessandro Tredicucci
Voto finale: 108/110
- Ott.2005 - Feb.2009 **Università di Pisa** – Laurea triennale in Fisica
Titolo della tesi: “Stato attuale dei gyrolaser di medie e grandi dimensioni e primi risultati della scarica capacitiva nel gyrolaser G-Pisa”
Relatrice: Dr. Angela Di Virgilio (INFN-Pisa)
Voto finale: 110/110 e lode

ESPERIENZE PROFESSIONALI

- Nov. 2019 – Nov. 2020 Assegno di ricerca presso l’Istituto Nanoscienze (NANO) del CNR.
Argomento di ricerca: “Microcelle Golay in Grafene per sviluppo di sensori di immagini THz sensibili al colore”.
- Gen. 2019 - Sett. 2020 Titolare di contratto di “Didattica Sussidiaria” per il corso di Fisica 1, nel CdL di Ingegneria Aerospaziale dell’Università di Pisa.
- Ott. 2018 - Sett. 2019 Assegno di ricerca presso il Dipartimento di Fisica “E. Fermi” dell’Università di Pisa.
Argomento di ricerca: “Sviluppo di transistor in grafene per rivelazione di radiazione ionizzante”.
- Ott. 2017 - Sett. 2018 Assegno di ricerca presso l’Istituto Nanoscienze (NANO) del CNR.
Argomento di ricerca: “Sviluppo di transistor in grafene per rivelazione di radiazione ionizzante”.

ESPERIENZA TECNICA DI LABORATORIO

- Microscopio Elettronico a Trasmissione (TEM), anche in modalità scansione (STEM), esperienza acquisita su macchine FEI Titan e Tecnai.
- Tecniche Electron Energy Loss Spectroscopy (EELS), Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) ed Electron Diffraction per analisi chimica e cristallografica dei materiali.
- Focused Ion Beam (FIB) con sorgente di ioni Ga+, per fabbricazione di campioni da utilizzare nel TEM (lamella). L’utilizzo del FIB include anche l’uso del Microscopio Elettronico a Scansione (SEM).
- Electron Beam Lithography (EBL), esperienza acquisita su macchine Leica/Vistec 5000+ e 5200+ e su Zeiss UltraPlus equipaggiato con sistema Raith – Elphy Multibeam.
- Optical Lithography, esperienza acquisita su macchine EVG-620 (near-UV) e Karl Suss MJB3, sia su campioni di piccole dimensioni (1x1 cm) che su wafer da 4 pollici.
- Conoscenza di vari strumenti e tecniche tipicamente utilizzate nella fabbricazione di nanodispositivi in camera pulita (da classe 10.000 fino a classe 100), tra cui: evaporatore termico per metalli; Atomic Layer Deposition per deposizione di Al₂O₃ e HfO₂; Chemical Vapor Deposition per deposizione di SiO₂; profilometro; plasma ossigeno; Reactive Ion Etching (RIE) con gas CHF₃, SF₆ per etching di Si, SiO₂ e Si₃N₄; spinner per photo-resist ed EBL-resist; cappa chimica, sia con solventi organici che inorganici (incluso HF e HNO₃); etching di Silicio tramite KOH, per fabbricazione di membrane sospese di Si₃N₄.

ESPERIENZA CON MATERIALI 2D E OPTOELETTRONICA

Durante gli ultimi otto anni della mia carriera educativa e lavorativa, ho potuto acquisire una profonda conoscenza dei materiali 2D, in particolare grafene, nitruro di boro e fosforo nero. Tale esperienza si è consolidata nei vari progetti a cui ho preso parte, in vari istituti di ricerca, Italiani ed Europei: a partire dal lavoro di tesi magistrale svolto a Pisa, su rivelatori THz a base di grafene, passando per il dottorato sulla fabbricazione e caratterizzazione di nanoribbon di grafene svolta a Delft, in Olanda,

per finire nuovamente a Pisa, con la realizzazione di dispositivi a base di grafene per rivelazione di particelle ionizzanti.

Nell'ambito dell'imaging THz, durante la tesi Magistrale ho realizzato un fotorivelatore per radiazione Terahertz basato su un field-effect transistor di grafene accoppiato con un'antenna log-periodica.

Durante il Dottorato di Ricerca, ho spostato i miei interessi verso lo studio di materiali 2D con l'ausilio della microscopia elettronica a trasmissione (TEM). In particolare, ho studiato le proprietà elettroniche di nanoribbon di grafene sospeso, fabbricati e misurati all'interno del microscopio elettronico stesso, con tecnica "in-situ". Tra i vari passaggi di fabbricazione dei dispositivi, ho personalmente realizzato numerose membrane di grafene sospeso, con superfici fino a 10 micron quadri.

Più recentemente mi sono occupato di integrare il grafene all'interno di dispositivi in Silicio e/o Nitruro di Gallio per rivelazione di particelle ionizzanti. Alcuni degli ostacoli tecnologici affrontati includono: trasferimento di grandi aree di grafene CVD (8x8 mm), miglioramento della mobilità del grafene tramite incapsulamento in nitruro di boro, studio della qualità di ossidi (ossido di Silicio e ossido di Afnio) usati come strati isolanti da interporre fra grafene e substrato (Silicio o Nitruro di Gallio), perfezionamento delle tecniche di trasferimento di grafene tramite "stamping" deterministico, con supporti in PDMS e polimeri a bassa temperatura di transizione vetrosa.

Il mio attuale argomento di ricerca è nell'ambito dell'optoelettronica: fabbricazione di membrane sospese di nitruro di silicio e celle di Golay in Grafene, da caratterizzare otticamente con interferometria self-mixing.

Nel bagaglio delle conoscenze di laboratorio, utili alla fabbricazione di nanodispositivi con materiali 2D, posso includere anche: esfoliazione di vari materiali 2D con metodo "nastro adesivo" e relativa identificazione e caratterizzazione di tramite microscopio ottico e spettroscopia Raman; trasferimento deterministico di materiali 2D tramite micromanipolatori con varie tecniche (wet con supporto polimerico, dry con supporto viscoelastico); fabbricazione di membrane sospese di grafene; fabbricazione di contatti ohmici su grafene; misura delle proprietà elettriche del grafene tramite tecniche lock-in, a bassa temperatura e/o in vuoto.

CONOSCENZE INFORMATICHE

Ottima conoscenza di Matlab, OriginLab e Labview. Nell'ambito di simulazioni numeriche, ho acquisito una buona conoscenza di Comsol Multiphysics durante il dottorato di ricerca, nella cui tesi illustro come sia possibile utilizzare simulazioni FEM (Finite Element Method) per modellare e predire la distribuzione di temperatura e di stress in una membrana sospesa di Silicon Nitride, riscaldata localmente con una sottile striscia di Platino per effetto Joule.

Nel corso dell'esperienza Post-dottorato ho simulato il passaggio di particelle ionizzanti nei dispositivi in Silicio/grafene tramite un altro software FEM, Sentaurus T-CAD, visualizzando la risposta elettronica in funzione del tempo a seconda della carica depositata, distanza fra gli elettrodi, potenziali applicati.

Posseggo inoltre una buona conoscenza di software per design CAD, tra cui L-EDIT e DesignCAD-3D MAX, per disegnare le geometrie utilizzate nella fabbricazione di dispositivi su scala nanometrica tramite litografia elettronica.

Durante i corsi della laurea triennale e magistrale ho acquisito conoscenze di base di linguaggio C, Python e piattaforma GitHub, che sono pronto ad approfondire qualora fosse necessario.

Infine, mi dedico amatorialmente a fotoediting con Photoshop, ricostruzione di modelli 3D con fotogrammetria aerea, design e rendering fotorealistico di arredamento per interni con SketchUp e V-ray.

COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE

- Collaborazione con il Dipartimento di Electrical Engineering, presso l'Università di Cambridge (UK), da Febbraio 2011 a Gennaio 2012, per la fabbricazione di un fotorivelatore Terahertz a base di grafene.
- Collaborazione all'interno del Dipartimento di Quantum Nanoscience della Delft University of Technology, da Ottobre 2013 a Febbraio 2014, per la caratterizzazione di fosforo nero, relativamente alla parte di diffrazione elettronica e immagini TEM.
- Collaborazione con il Dipartimento di BioNanoscience della Delft University of Technology, da Giugno 2013 a Marzo 2017, per la fabbricazione di un dispositivo per sequenziazione di DNA a base di grafene.
- Collaborazione con lo "Ernst Ruska-Centre (ER-C) for Microscopy and Spectroscopy with Electrons" in Jülich, Germania, da Febbraio 2016 a Febbraio 2017, per lo studio dell'accumulazione statica di carica elettrica nel grafene, misurata tramite olografia elettronica.
- Collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) da Ottobre 2017 a Settembre 2019, nell'ambito del progetto di ricerca "Sviluppo di transistor in grafene per rivelazione di radiazione ionizzante".

ATTIVITÀ DIDATTICA

- Esercitatore nel corso di "Statistical Physics, TN-2624, Bachelor course for physicist and biophysicist", presso la Delft University of Technology per tre anni accademici, dal 2012 al 2015. L'attività consisteva nel preparare e correggere esercizi di Fisica Statistica da risolvere con l'ausilio di computer (MATLAB). Inoltre era prevista la presenza e l'assistenza agli studenti durante le esercitazioni in classe.
- Titolare di contratto per "Didattica Sussidiaria" per il corso di Fisica 1, nel CdL di Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Pisa, anni accademici 2018-2019 e 2019-2020. Ho svolto esercitazioni frontali, preparato esercizi per gli appelli scritti, partecipato alle commissioni d'esame come "culture della materia". Argomenti del corso: statica e dinamica del punto materiale e del corpo rigido, energia meccanica, equazioni di Eulero, leggi della termodinamica, trasformazioni termodinamiche.

COMPETENZE E CAPACITÀ PERSONALI

LINGUE

Italiano: lingua nativa

Inglese: fluente (livello C1 europeo)

Olandese: base (livello A2 europeo, autovalutazione)

Esami di lingua: TOEFL (iBT): 109/120, IELTS: 7.0/9.0 – ottenuti nel 2011

CORSI DI FORMAZIONE

Presenting Scientific Research – Corso professionale della durata di 3 mesi, svolto presso la Delft University of Technology, per migliorare le capacità di presentazione scientifica

Writing a Scientific Article in English – Corso professionale della durata di 3 mesi, svolto presso la Delft University of Technology, per migliorare la qualità e la struttura delle pubblicazioni scientifiche

PUBBLICAZIONI

- 1) L. Vicarelli, M.S. Vitiello, D. Coquillat, A. Lombardo, A.C. Ferrari, W. Knap, M. Polini, V. Pellegrini, A. Tredicucci, “Graphene field effect transistors as room-temperature Terahertz detectors”, **Nature Materials** **11**, **865** (2012)
- 2) Castellanos-Gomez, L. Vicarelli, E. Prada, J. O Island, KL Narasimha-Acharya, S. I Blanter, D. J Groenendijk, M. Buscema, G. A Steele, JV Alvarez, H. W. Zandbergen, J.J. Palacios, H. SJ van der Zant, “Isolation and characterization of few-layer black phosphorus”, **2D Materials** **1**, **025001** (2014)
- 3) S.J. Heerema, G.F. Schneider, M. Rozemuller, L. Vicarelli, H.W. Zandbergen, C. Dekker, “1/f noise in graphene nanopores”, **Nanotechnology** **26**, **074001** (2015)
- 4) L. Vicarelli, S. J. Heerema, C. Dekker, H. W. Zandbergen, “Controlling Defects in Graphene for Optimizing the Electrical Properties of Graphene Nanodevices”, **ACS Nano**, **9** (4), pp **3428–3435** (2015)
- 5) M. Neklyudova, A.K. Erdamar, L. Vicarelli, S. J. Heerema, T. Rehfeldt, G. Pandraud, Z. Kolahdouz, C. Dekker, and H. W. Zandbergen, "Through-membrane electron-beam lithography for ultrathin membrane applications", **Appl. Phys. Lett.** **111**, **063105** (2017)
- 6) S.J. Heerema, L. Vicarelli, S. Pud, R.N. Schouten, H.W. Zandbergen, C. Dekker, “Probing DNA Translocations with Inplane Current Signals in a Graphene Nanoribbon with a Nanopore”, **ACS Nano**. **12** (2018) **2623–2633**
- 7) L. Vicarelli, V. Migunov, S. K. Malladi, H.W. Zandbergen, and R.E. Dunin-Borkowski, “Single Electron Precision in the Measurement of Charge Distributions on Electrically Biased Graphene Nanotips Using Electron Holography”, **Nano Letters** **2019** **19** (6), **4091-4096**
- 8) G. Batignani, S. Bettarini, G. Borghi, M. Boscardin, A. Ciarrocchi, M. Crivellari, C. Coletti, A. Di Gaspare, A. Di Lieto, F. Forti, D. Goretti, N.P. Mishra, E. Paoloni, G. Rizzo, J. Scherzinger, A. Tredicucci, L. Vicarelli, N. Zorzi, “Development of graphene-based ionizing radiation sensors”, **Nuclear Inst. and Methods in Physics Research**, **A 936** (2019) **666-668**.
- 9) S. Basak, S. Ganapathy, S. K. Malladi, L. Vicarelli, H. Schreuders, B. Dam, E. M. Kelder, M. Wagemaker and H. W. Zandbergen, “Designing Reliable Operando TEM Experiments to Study (De)lithiation Mechanism of Battery Electrodes”, **J. Electrochem. Soc.** **166** **A3384** (2019)
- 10) A. Pitanti, T. Makkonen, M. F. Colombano, S. Zanotto, L. Vicarelli, M. Cecchini, A. Griol, D. Navarro-Urrios, C. Sotomayor-Torres, A. Martinez, and J. Ahopelto, “High-Frequency Mechanical Excitation of a Silicon Nanostring with Piezoelectric Aluminum Nitride Layers”, **Phys. Rev. Applied** **14**, **014054** (2020)