

CURRICULUM DELL'ATTIVITÀ SCIENTIFICA SVOLTA

Il Dott. *Alessandro Lucchesini* inizia la sua attività scientifica nel 1982 durante lo svolgimento della sua Tesi di Laurea in Fisica dal titolo: “Realizzazione e Studio di Fotodiodi a Barriera di Schottky su Silicio Amorfo Idrogenato”, presso l’Istituto di Fisica “Guglielmo Marconi” della Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, nel gruppo G15: Fisica dei Solidi (resp. Prof. Andrea Frova) sotto la supervisione del Dott. Piero Migliorato e del Prof. Florestano Evangelisti. Egli acquisisce competenze nel campo della deposizione di films sottili tramite la tecnica *Chemical Vapor Deposition* (CVD) assistita da plasma (Glow-Discharge). In particolare produce films di materiale semiconduttore amorfo idrogenato a-Si:H ed a-SiC:H sia intrinseco, che drogato p ed n. Caratterizza tali materiali da un punto di vista ottico (spettrofotometria IR) per identificare la larghezza della gap effettiva. Analizza tali semiconduttori in termini di conducibilità a varie temperature per analizzarne il tipo di conduzione tramite elettroni delocalizzati o tramite meccanismi di tunneling tra stati localizzati nella gap. In un secondo tempo realizza giunzioni metallo/semiconduttore e le caratterizza in corrente-tensione (I-V). Tali dispositivi mostrano subito notevoli caratteristiche optoelettroniche e come fotodiodi, sotto opportune tensioni di polarizzazione inversa, permettono di rivelare indipendentemente tre colori dello spettro visibile: blu, verde e rosso. Finito il suo lavoro di tesi nel 1983, continua la sua collaborazione con detto gruppo di ricerca dell’Università di Roma arrivando a realizzare celle solari a struttura PIN ad eterogiunzione p⁺a-SiC:H/a-Si:H/n⁺a-Si:H con efficienze di conversione della energia solare del 4% in condizioni di illuminazione AM1.

Nel Dicembre 1984, finito il servizio militare di leva obbligatorio, vince il concorso per “Collaboratore Tecnico Professionale” (CTP) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ed il 16 Febbraio 1985 prende servizio presso l’*Istituto di Elettronica dello Stato Solido* (IESS) di Roma sotto la Direzione del Prof. Antonio Paoletti. Qui inizia la sua attività nel campo della microelettronica, con un primo approfondimento delle tecniche litografiche ottiche ed a fascio di elettroni (EBL). Caratterizza i resists elettronici (PMMA) dal punto di vista meccanico e della loro risposta alla esposizione agli elettroni ed assieme al gruppo del Prof. Arnaldo D’Amico realizza le prime strutture metalliche micrometriche ed alcuni sensori di gas a barriera di Schottky. Tramite una collaborazione con la Selenia Industrie Elettroniche Associate S.p.A. di Roma, realizza gates micrometrici per transistors di potenza, aventi frequenze di soglia attorno ai 50 GHz. Successivamente approfondisce lo studio dello scattering elettronico nei resists e nei substrati tipici della dispositiviistica, quali Si, Ge, GaAs, AlGaAs, InGaAsP, InP, nonché da substrati tipici delle maschere per litografia a raggi X: Si, Si₃N₄, BN, diamante, etc.. In questo modo riesce ad ottimizzare la dose elettronica sui resists tale da ridurre le dimensioni litografiche a 0.1 μm ed infine ad alcune decine di nanometri. Ciò permette di perfezionare alcuni contratti con ditte del settore elettronico, come SGS-Thomson Microelectronics Agrate Brianza (MI), Selenia S.p.A. Roma, Elettronica S.p.A. Roma, Face Standard Pomezia (Roma), Telettra e CSELT Torino e con quest’ultima contribuisce a realizzarne prototipi di diodi laser del tipo *Distributed FeedBack* (DFB) basati su eterogiunzioni di materiali InGaAsP/InP: il suo reparto realizza il grating a λ/4 nella zona attiva per sopprimere le bande laterali di emissione laser del diodo.

Nell’Agosto 1986, tramite una sovvenzione ottenuta tramite il Progetto Finalizzato “Materiali e Dispositivi per l’Elettronica a Stato Solido” (MADESS) del CNR, il Lucchesini inizia negli Stati Uniti un periodo di lavoro di ricerca di un anno come postdoctoral *Research Associate* nel Gruppo del Prof. Arnoldo Majerfeld presso il *Dipartimento d’Ingegneria Elettrica dell’Università del Colorado, Boulder*. In quel contesto studia i materiali semiconduttori GaAs ed AlGaAs. In particolare, tramite la tecnica della fotoluminescenza, caratterizza la bontà dei materiali lì realizzati con Metal Organic CVD (MOCVD) ed identifica una banda poco profonda nella gap proibita, dovuta al carbonio inglobato nel materiale. Tramite fotoluminescenza a bassa temperatura identifica alcuni assorbimenti eccitonici e dalla loro posizione in lunghezza d’onda traccia una

mappa della gap proibita al variare del contenuto di alluminio nella lega $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$.

Nell'Agosto 1987 ritorna allo IESS, assume la responsabilità del Reparto "VLSI e Dispositivi Microelettronici" e continua il lavoro di ricerca per ridurre le dimensioni di scrittura litografica tramite *Electron Beam Lithography* (EBL). Per poter gestire la macchina EBMF della Cambridge Instruments, acquisisce competenze nei sistemi operativi DOS, RSX11M, VMS, nonché nei linguaggi di programmazione FORTRAN e QBasic. Sovrintende al lavoro di Tesi di Laurea in Fisica del laureando Luca Grella dal titolo: "Effetti dello scattering sulla risoluzione submicrometrica della litografia elettronica" basantesi sulla simulazione del processo di scattering elettronico da vari substrati e realizza, assieme al collega Dott. Massimo Gentili, le prime maschere per raggi X con assorbitori in oro di grande "aspect ratio" e di larghezza submicrometrica tramite la tecnica di accrescimento *Electroplating*.

Nel Gennaio 1990 come Ricercatore si trasferisce all'*Istituto di Fisica Atomica e Molecolare* (IFAM) del CNR dove s'inserisce nel gruppo di spettroscopia laser. Sotto la supervisione del Prof. Luigi Moi inizia il lavoro di spettroscopia a diodi laser di gas atomici e molecolari. In particolare, sfruttando le tecniche di modulazione di frequenza (FM), realizza assieme ai suoi colleghi del gruppo, uno spettroscopio a diodi laser per la rivelazione di vapor d'acqua, metano, ammoniaca, acetilene ed ossigeno con potere risolutivo attorno a 10^7 .

I diodi laser ben si prestano ad essere modulati in frequenza, dato che la loro potenza e la loro lunghezza d'onda di emissione possono essere facilmente cambiati modificando la corrente d'iniezione, seguendo fedelmente anche segnali molto veloci (~ 1 GHz). Nel campo d'azione dei laser commerciali (650-1500 nm) si trovano le risonanze roto-vibrazionali overtone di molti gas di interesse anche ambientale, le quali, pur essendo più deboli delle fondamentali, possono essere ugualmente rivelate facendo uso di tecniche di riduzione di rumore, come quelle FM.

Con tali tecniche il Lucchesini studia i fenomeni di allargamento e di shift collisionali dei gas studiati. A tale scopo analizza le forme di riga a varie pressioni per discriminare la componente di allargamento omogenea (Lorentziana) da quella disomogenea (Gaussiana) e, tramite fit appropriati con la funzione di Voigt ed il metodo del χ^2 (programmi in linguaggio FORTRAN su sistema operativo Unix IBM), estrae i parametri necessari a tale scopo. In collaborazione col Dott. Davide Bertolini sviluppa una funzione approssimata della forma di riga distorta da alte ampiezze di modulazione, che permetterà di ottenere i parametri di riga anche per le risonanze più deboli.

Col Dott. Iginio Longo, allestisce un nuovo sistema FM ad alta frequenza di modulazione (~ 1 GHz), per approdare alla Spettroscopia a Modulazione di Frequenza a due Toni (TTFM) utilizzando sempre diodi laser come sorgenti. In tal modo, riducendo la componente del rumore $1/f$, aumenta il rapporto segnale/rumore di un fattore 10 rispetto alla tecnica precedente. Ciò permette di rivelare alcune parti per milione di ammoniaca ed acetilene per metro di percorso ottico sulle righe d'assorbimento overtone localizzate attorno ai 790 nm. Nel 1993 è anche relatore della Tesi di Laurea in Fisica del laureando David Pelliccia, dal titolo "Spettroscopia di gas mediante laser a diodo modulati in frequenza".

Contemporaneamente studia l'effetto di drift indotto da radiazione emessa da diodi laser LID (Light Induced Drift) su rubidio immerso in un gas tampone. Il LID è un effetto di diffusione selettiva di atomi in un gas tampone, dovuto al trasferimento del momento atomico. Si manifesta tramite la selezione di una classe di velocità nella distribuzione Maxwelliana iniziale. Infatti, utilizzando un laser a banda stretta, solo gli atomi del profilo Doppler che si trovano in risonanza con il laser vengono eccitati e così cambiano la loro sezione d'urto con il gas tampone non reattivo, generalmente un gas nobile. In tal modo viene privilegiato il moto degli atomi della classe di velocità corrispondente a questa nuova sezione d'urto. Con atomi alcalini in celle capillari aventi pareti opportunamente trattate per ridurre gli effetti d'intrappolamento, sono state raggiunte velocità di drift di alcuni metri al secondo, di gran lunga superiori a quelle ottenibili dal trasferimento del momento fotonico (RRP, "Resonant Radiation Pressure"). In collaborazione col Dipartimento di Fisica dell'Università di Siena, ottiene dei risultati preliminari sulla separazione isotopica del ^{85}Rb e

^{87}Rb tramite effetto LID con l'uso dei diodi laser di media potenza.

Con la Dott.ssa Silvia Gozzini il Lucchesini collabora ad uno studio analogo sul sodio, anche utilizzando maggiori potenze laser tramite dye lasers e lasers a larga banda, per ottenere velocità di drift di alcune decine di metri al secondo (White-Light Induced Drift).

Sempre in collaborazione con la dottoressa Gozzini nell'Istituto divenuto IPCF, ottiene risultati originali sull'effetto di desorbimento atomico da superficie polimeriche (LIAD) su gas atomici di potassio, sodio e rubidio anche in collaborazione col Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Siena.

Successivamente arriva a nuovi ed originali risultati sull'effetto di "Trasparenza Elettromagnetica Indotta" (EIT) con il sodio ed il potassio, anche in collaborazione con l'Istituto di Elettronica, BAS, di Sofia, Bulgaria. Tale fenomeno scoperto dal Prof. Adriano Gozzini nel 1976 ha destato e continua a destare interesse per le sue implicazioni fondamentali e per una sua applicazione al laser senza inversione di popolazione.

Il Lucchesini collabora anche col Dott. C. Gabbanini per lo studio di effetti di collisione atomica assistita da laser su calcio, cesio ed altri elementi pesanti come l'Yb e mediante l'uso di diodi laser studia l'effetto di confinamento e raffreddamento di atomi di Rb e di molecole Rb_2 in trappole di tipo magneto-ottico (MOT). Sempre col Gabbanini studia l'effetto di "sticking" di atomi di Ba su substrati di MgO tramite fluorescenza indotta da laser (LIF) in base ad un progetto di ricerca sovvenzionato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR).

Il Lucchesini continua il suo studio sulla spettroscopia molecolare con diodi laser modulati in frequenza su vari gas interessanti da un punto di vista ambientale, nel "Laboratorio di Spettroscopia a Diodi Laser" dell'Istituto Nazionale di Ottica del CNR, Sezione Secondaria di Pisa, ottimizzando le relative tecniche di rivelazione e con l'uso di celle di misura (multipasso, risonatori) tramite un progetto di ricerca finanziato dal MIUR e successivamente dalla Regione Toscana.

Ha ottenuto buoni risultati sulla spettroscopia fine di gas molecolari come CH_4 , CH_3Cl , CH_3F , CH_3I , C_2H_2 , C_2H_4 , CO_2 , H_2O , NH_3 , N_2O , O_2 , ed atomici come O, K, Na e Rb, anche utilizzando sorgenti laser a diodo di tipo commerciale e tecniche di riduzione di rumore. In particolare la pubblicazione dei risultati metrologici ottenuti sul CO_2 ha permesso di aggiornare le conoscenze specifiche sugli assorbimenti ottici nel visibile e nel vicino infrarosso di tale importante molecola.

Negli anni 1995 e 1996 è stato membro della "Giunta Consultiva" del Direttore dell'IFAM - CNR Dott. Massimo Martinelli.

Dal 2003 al 2005 ha fatto parte del Peer Review College of the "Engineering and Physical Sciences Research Council" (EPSRC) dell'UK.

Dal 2013 al 2015 è stato Membro dell'Albo dei revisori/esperti MIUR.

Dal 2015 al 2022 è stato membro del REPRISE - Register of Expert Peer Reviewers for Italian Scientific Evaluation del M.I.U.R. (valutazione progetti).

Dal 2018 al 2020 è stato responsabile scientifico dell'unità operativa INO - CNR - S.S. di Pisa nell'ambito del Progetto Regionale Toscano POR FSE 2014-2020, programma d'intervento CNR-ARCO, progetto di ricerca: "Sensore Ottico per la rivelazione di Protossido di Azoto" - SOPRA

Nel 2006, nel 2011, nel 2016 e nel 2020 ha ottenuto giudizi positivi d'idoneità al ruolo di Primo Ricercatore del Consiglio Nazionale delle Ricerche e nel 2023 è divenuto Primo Ricercatore EPR.

Il 1° di Luglio 2024 viene posto in quiescenza dal Consiglio Nazionale delle Ricerche per raggiunti limiti di età.