

CHIARA GUAZZONI (*)

E' per me un onore ricordare, con una breve testimonianza, la figura di *Emilio Gatti, uomo e scienziato di eccezione*.

Il mio primo incontro, di persona, con Emilio risale all'autunno del 1994, ormai 23 anni fa, quando entrai, da laureanda in Fisica, nei suoi laboratori al Politecnico di Milano, per svolgere la mia tesi di laurea. Lo avevo già incontrato, in occasione della cerimonia per il conferimento della Laurea ad Honorem in Fisica da parte dell'Università degli Studi di Milano, dove anche io mi sono laureata in Fisica, ma conoscerlo di persona – dopo aver letto i suoi articoli – era un'altra cosa... mi emozionò soprattutto per il carisma e lo stile della persona.

Pur essendo io l'ultima arrivata, Emilio mi coinvolse appieno nelle attività di ricerca e nei progetti. Ebbi l'onore di poter caratterizzare prototipi innovativi di rivelatori a deriva a semiconduttore [1], una nuova idea che ha rivoluzionato il mondo dei rivelatori.

Ospiti a casa sua a Lesmo, nel verde di quello splendido giardino con sua moglie Lairetta, si discuteva subito l'anno dopo dell'ultimo nato di quella generazione di rivelatori su cui io svolsi la mia tesi di laurea e di dottorato [2], [3].

Permettetemi di ripercorrere le tappe dell'invenzione della camera a deriva a semiconduttore e degli altri rivelatori nati sullo stesso concetto. Occorre riportarsi al panorama dei rivelatori tra la fine degli anni '70 e l'inizio degli anni '80. Tutti sognavano di poter disporre di una camera a deriva in materiale semiconduttore rispetto a quella all'epoca disponibile a gas [4], per le prestazioni nettamente superiori dei semiconduttori in termini di risoluzione energetica e di efficienza di rivelazione, ma il sogno sembrava destinato a rimanere tale. D'altro canto nel mondo dei rivelatori a semiconduttore si combatteva per cercare di rompere il legame apparentemente indissolubile tra capacità parassita del nodo di

(*) Politecnico di Milano, Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria e INFN, Sezione di Milano, Italia. E-mail: Chiara.Guazzoni@mi.infn.it

uscita e, quindi, risoluzione energetica e temporale ottenibile, area attiva e numero di canali di lettura. Ed è proprio qui che si innesta la nascita della nuova famiglia di rivelatori. Come spesso accade, le nuove scoperte emergono a seguito di ricerche in altri settori. Emilio, a quel tempo – come mi ha raccontato lui stesso quando ho avuto l'onore di scrivere un articolo [5] per ricordare i primi 25 anni della camera a deriva a semiconduttore – da un lato stava cercando come poter svuotare un substrato semiconduttore per realizzare resistenze di altissimo valore e, quindi, intrinsecamente poco rumorose e dall'altro si stava interessando a cercare di applicare i concetti alla base dei sensori basati su onde acustiche per trasportare la carica in un materiale semiconduttore [6], invece di usare segnali elettrici variabili nel tempo come nei sensori ad accoppiamento di carica, i CCD, inventati agli inizi degli anni '70 da Boyle e Smith [7], insigniti del premio Nobel per la Fisica nel 2009 [8]. Emilio era solito ogni settembre, dal 1973, visitare l'Instrumentation Division del Brookhaven National Laboratory (BNL). Nel settembre del 1982 presentò lì il primo concetto di un CCD a svuotamento completo. Proprio nel medesimo periodo a Brookhaven il suo collega e amico, il compianto Pavel Rehak, di ben 24 anni più giovane, cercava di superare le limitazioni dei CCD a canale sepolto all'epoca usati come tracciatori nei rivelatori per particelle [9]. Il momento era finalmente maturo, il *καιρός* era giunto per rompere quel legame apparentemente indissolubile tra area attiva del rivelatore e capacità. Il concetto alla base della *Sideward Depletion* è di svuotare di portatori liberi un intero substrato semiconduttore attraverso un puntiforme “contatto virtuale”, come lo chiamano Emilio e Pavel nel loro lavoro originale [10]. Potremmo, oggi, dire che questa era la via più naturale di svuotare un semiconduttore facendo sbordare la giunzione rettificante sull'altra faccia del rivelatore e confinando in una piccola area il contatto ohmico, quel contatto “virtuale” necessario per lo svuotamento, ma sono passati 35 anni!

In due giorni passarono dalle idee ai fatti; Hobby Kraner di BNL fornì il substrato di silicio ad elevatissima purezza, mentre Ralf Beuttenmuller fabbricò il dispositivo nelle camere pulite di BNL in due soli giorni ed era perfettamente funzionante, si comportava come atteso. La capacità parassita di quel “contatto virtuale” era piccola, piccolissima, 1 pF, un millesimo di milionesimo di Farad, comunque un ordine di grandezza maggiore di quella delle attuali camere a deriva in silicio [11]. Restava, però, un problema non secondario per dare luogo

ad un rivelatore funzionante... come trasportare verso l'elettrodo di lettura la carica generata dalla radiazione incidente? Emilio e Pavel collaborarono intensamente per 4 giorni ed inventarono non uno ma ben tre nuovi rivelatori [10] e – per ammissione dello stesso Emilio, quale grande umiltà, l'idea finale venne a Pavel – era sufficiente sovrapporre al campo elettrico di svuotamento un campo elettrico esterno per inclinare la grondaia di potenziale e trasportare a velocità costante gli elettroni di segnale generati dalla carica incidente verso l'elettrodo di raccolta. Paragonando gli elettroni a delle biglie, queste rotolavano come in una pista... Tutto estremamente naturale, diremmo! Questa era la semplicità di Emilio e Pavel... una collaborazione ed una amicizia che ha varcato l'oceano...

Il concetto della *Sideward Depletion* è stato molto fertile e prolifico. Diversi dispositivi si sono originati da tale idea, non solo la camera a deriva a semiconduttore, che oggi è commercialmente disponibile sul mercato ed usata nei più svariati settori non solo scientifici ma anche applicativi, ma anche i pnCCD a svuotamento completo, di cui un esemplare è in orbita sul satellite XMM dal lontano 1999 [12] o i DePMOS che realizzeranno una delle macchine fotografiche per raggi X più avanzate [13] per la sorgente di luce XFEL di Amburgo, una macchina fotografica per raggi X con – solo – un milione di *pixels* ma in grado di scattare “foto” a 4.5 MHz, una immagine ogni 220 ns, una immagine ogni 220 miliardesimi di secondo...

Come dissero Emilio e Pavel nel loro brevetto [14] “additional objects and advantages of the invention will become apparent to those skilled in the art”... quale generoso migliore augurio...

E' questa, per me, la seconda volta che prendo la parola in questo augusto consesso. Su invito di Emilio Gatti, ebbi il piacere di tenere un intervento nell'Adunanza del 3 Aprile 2003 su “Nuovi Rivelatori di Immagini X risolte in tempo ed energia” [15] proprio su una nuova tipologia di rivelatore, originatasi dal concetto della *Sideward Depletion*, su cui ho avuto l'onore di iniziare la mia carriera scientifica.

L'interesse scientifico di Emilio è sempre stato ad ampio spettro. Ricordo di aver lavorato a lungo con lui sulle tecniche di filtraggio del rumore, soprattutto sulle tecniche di lettura multipla della carica di segnale [16], [17] che consentono di ottenere risoluzioni nella misura della carica di segnale ben al di sotto di un singolo, indivisibile elettrone.

Come dimenticare i tanti congressi a cui abbiamo partecipato insieme... indimenticabile un congresso all'isola d'Elba nel maggio del

1997, il mio primo congresso scientifico ed il tuffo di Emilio dalla barca durante la gita che effettuava il periplo dell'isola, completamente vestito, non avendo un costume a disposizione e con gli occhiali... Emilio era così, sempre spontaneo e curioso come un bambino, e proprio quella spontaneità e curiosità sono alla base della sua grandezza scientifica.

In aggiunta la sua mente sapeva concentrarsi oltre misura davanti ad un calcolo matematico, così da astrarlo completamente dal mondo circostante. Permettetemi un aneddoto. Un pomeriggio eravamo seduti al suo tavolo nell'ufficio al Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano e si stava discutendo di un complicato integrale. Improvvisamente un boato squarciò il silenzio dell'ufficio – era crollata una intera libreria a parete nell'ufficio al piano superiore del compianto professor Dupasquier. Noi facemmo un balzo sulla sedia, Emilio no, proseguiva nel suo conto, parlando con la sua voce calma e serena fino a che, vedendo le nostre facce preoccupate e perplesse, ci chiese se ci fosse qualcosa di errato nel conto... non si era accorto di nulla! Forse questa era una delle sue più grandi doti: immergersi ed appassionarsi a qualunque argomento e proprio da quell'immergersi nasceva la sua profondità di analisi.

Emilio è stato non solo un grande scienziato la cui fama ha pervaso il mondo intero, ed un professore talentuoso, ma soprattutto un uomo dal cuore grande. Ha fatto da padre, scientifico e non solo, a molti di noi – affettuosamente è sempre stato per noi il Nonno – dandoci un esempio difficile da seguire.

La sua eredità più preziosa che ci ha lasciato risiede nella sua semplicità, nella sua cortesia ma, soprattutto, nella sua capacità di condividere senza barriere le idee scientifiche ed i risultati.

Grazie, Emilio!

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Castoldi, P. Rehak, and P. Holl, A new silicon drift detector with reduced lateral diffusion, *Nucl. Instrum. Methods*, **A377**, 375-380, 1996.
- [2] C. Guazzoni, Confinamento di elettroni in rivelatori a semiconduttore: proposta di un nuovo rivelatore a deriva controllata, Tesi di laurea in Fisica, Università degli Studi di Milano, 22 Marzo 1996.
- [3] C. Guazzoni, The Controlled-Drift Detector: a new X-ray imaging detector, Tesi di Dottorato in Ingegneria Elettronica e delle Comunicazioni, Politecnico di Milano, 22 Febbraio 2000.

-
- [4] F. Sauli, *Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers*, in *Experimental techniques in high energy physics*, CERN, 79-188, 1977.
- [5] C. Guazzoni, The First 25 Years of Silicon Drift Detectors: a Personal View, *Nucl. Instr. and Meth.* **A 624**, no. 2, 11 December 2010, 247-254, 2010.
- [6] E. Gatti, A. Palma, E. Verona, A surface acoustic wave voltage sensor, *Sensor and Actuators*, **4**, 45-54, 1983.
- [7] W.S. Boyle, G.E. Smith, Charge-coupled Semiconductor Devices, *Bell Syst. Tech. J.*, **49**, 587-593, 1970.
- [8] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2009/ online, visitato il 20 luglio 2017.
- [9] C.J.S. Damerell, F.J.M. Farley, A.R. Gillman, F.J. Wickens, Charge-coupled devices for particle detection with high spatial resolution, *Nucl. Instr. and Meth.*, **185**, 33-42, 1981.
- [10] E. Gatti, P. Rehak, Semiconductor drift chamber – An application of a novel charge transport scheme, *Nucl. Instr. and Meth.*, **225**, 608-614, 1984.
- [11] P. Lechner *et al.*, Novel High-resolution Silicon Drift Detectors, *X-Ray Spectrom.*, **33**, 256-261, 2004.
- [12] L. Strüder *et al.*, pnCCDs on XMM-Newton – 42 months in orbit, *Nucl. Instr. and Meth.* **A 512**, 386-400, 2003.
- [13] M. Porro *et al.*, Expected performance of the depfet sensor with signal compression: A large format X-ray imager with mega-frame readout capability for the European XFEL, *Nucl. Instr. and Meth.* **A 624**, no. 2, 509-519, 2010.
- [14] P. Rehak, E. Gatti, US Patent No. 4,688,067, filed on Feb. 24, 1984, issued on Aug. 18, 1987.
- [15] A. Castoldi, C. Guazzoni, Nuovi rivelatori di immagini X risolte in tempo ed energia, *Rendiconti e Memorie dell'Istituto Lombardo - Accademia di Scienze e Lettere - Sez. B: Scienze Chimiche e Fisiche, Geologiche, Biologiche e Mediche*, **137** (2003), 155-174.
- [16] E. Gatti, A. Geraci, C. Guazzoni, Multiple Read-Out of Signals in Presence of Arbitrary Noises: Optimum Filters, *Nucl. Instr. and Meth.* **A 417**, October 1998, 342-353.
- [17] C. Guazzoni, E. Gatti, A. Geraci, Impact of the “non-destructive” multiple-readout on the Lorentzian noise, *Nucl. Instr. and Meth.* **A 568**, No. 1, 2006, 329-335.