

# Curriculum vitae di Elisa Riceputi

## Dati anagrafici

Elisa Riceputi è nata a Bergamo il 06/08/1987.

## Formazione accademica e posizioni ricoperte:

- **Novembre 2014 – Ottobre 2017:** frequenta il XXX ciclo del corso di **Dottorato di Ricerca in Ingegneria e Scienze Applicate** presso l'Università degli Studi di Bergamo. Il 21 marzo 2018 Elisa Riceputi ha conseguito il Dottorato di Ricerca discutendo una tesi intitolata "Design and Test of Microelectronic Systems for Particle Detectors and X-ray Imaging for Frontier Research" (Tutor: Prof. Valerio Re).
- **Marzo 2013: laurea magistrale in Fisica**, curriculum in Fisica applicata alla Biologia, all'Ambiente e alla Medicina, conseguita presso la facoltà di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca discutendo una tesi dal titolo "Misure ad altissima sensibilità di  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$  in materiali Ultrapuri" (Relatore: Prof. Ezio Previtali, Correlatore: Dott. Massimiliano Clemenza) con votazione 109/110.
- **Aprile 2010: laurea triennale in Fisica**, curriculum in Fisica Ambientale e Medica, conseguita presso la facoltà di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca discutendo una tesi dal titolo "Caratterizzazione a bassissima temperatura del set-up dell'esperimento MARE per la misura della massa del neutrino" (Relatore: Prof. Angelo Nucciotti, Correlatore: Dott.ssa Elena Ferri) con votazione 98/110.

## Assegni di ricerca:

- **Luglio 2018 – oggi:** è titolare di un assegno Supporting Talented Researchers (STaRs) dal titolo "Progetto di sistemi microelettronici per rivelatori di antimateria in applicazioni di astrofisica dei raggi cosmici" presso l'Università degli Studi di Bergamo (Tutor: Prof. Massimo Manghisoni). L'assegno ha durata biennale, dal 1 Luglio 2018 al 30 Giugno 2020. Il programma Supporting Talented Researchers (STaRs), è uno strumento di sostegno per i giovani ricercatori dell'Università degli Studi di Bergamo.

## Incarichi di collaborazione ad attività di ricerca:

- **Febbraio – Giugno 2018:** riceve un contratto di collaborazione esterna ad attività di ricerca tecnologica con l'Università degli Studi di Bergamo. Oggetto dell'incarico "Progettazione e realizzazione di uno strumento per misure di rumore di dispositivi DEPFET".

- **Novembre 2017:** riceve un contratto di collaborazione esterna ad attività di ricerca tecnologica con l'Università degli Studi di Bergamo. Oggetto dell'incarico "Caratterizzazione di 5 'large format bare module' per l'esperimento XFEL".
- **Dicembre 2016 – Marzo 2017:** riceve un incarico di collaborazione ad attività di ricerca tecnologica con l'Università degli Studi di Bergamo. Oggetto dell'incarico "Sviluppo di algoritmi per analisi della camminata di pazienti affetti da patologie del sistema nervoso centrale".

## **Attività scientifica**

L'attività scientifica di Elisa Riceputi si concentra sulla progettazione e caratterizzazione di elettronica analogica a basso rumore per esperimenti di fisica delle alte energie, per imaging con sorgenti di raggi X di ultima generazione e per esperimenti di fisica delle astroparticelle a basse energie. In particolare, l'attività si divide lungo le seguenti principali linee di ricerca:

1. progettazione e test di circuiti per l'elaborazione di segnali provenienti da rivelatori di radiazione;
2. studio delle caratteristiche di rumore e resistenza alla radiazione di singoli dispositivi in diverse tecnologie CMOS;
3. caratterizzazione di moduli composti da rivelatori a pixel connessi a circuiti integrati di lettura tramite l'utilizzo di stazione a sonda meccanica.

### **1. Progettazione e test di circuiti per l'elaborazione di segnali provenienti da rivelatori di radiazione**

Questa linea di ricerca è incentrata sullo sviluppo di circuiti integrati (ASIC) in tecnologia CMOS, che hanno lo scopo di leggere ed elaborare il segnale proveniente da rivelatori di radiazione. Oltre allo sviluppo di tali circuiti, sono stati sviluppati sistemi per la caratterizzazione e la verifica del corretto funzionamento degli ASIC sviluppati. Le principali attività di Elisa Riceputi sono riportate nel seguente elenco.

#### **a. Progettazione del canale di lettura analogico a basso rumore del segnale proveniente da un rivelatore in Silicio-Litio, Si(Li)**

Uno dei principali temi della fisica degli ultimi decenni è lo studio della natura della materia oscura. L'esperimento GAPS (General AntiParticle Spectrometer) ha come obiettivo lo studio della materia oscura tramite la rivelazione dei prodotti della sua annichilazione. In particolar modo l'esperimento mira alla rivelazione di particelle di antideuterio prodotte dall'annichilazione della materia oscura fredda, cioè a basse energie. GAPS è una collaborazione internazionale finanziata principalmente dalla NASA. In Italia il finanziamento proviene dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

(INFN) e dall’Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Per raggiungere l’obiettivo prefissato, verrà costruito un rivelatore formato da 10 strati di  $12 \times 12$  sensori di Silicio-Litio, Si(Li), ed uno scintillatore esterno che svolge la funzione di trigger per i rivelatori interni. Ogni sensore di Si(Li) sarà diviso in 8 strisce e i rivelatori adiacenti verranno posti ortogonalmente l’uno all’altro in modo da riuscire a ricostruire la traccia 3D della particella incidente. Il processo fisico che si vuole studiare è molto complesso e copre un intervallo di energia dalle decine di keV fino a 100 MeV, con particolare attenzione ad avere una risoluzione migliore di 4 keV. La temperatura di lavoro prevista per lo strumento è di circa  $-50^\circ\text{C}$ . Per la lettura e l’elaborazione del segnale raccolto dai sensori sono stati prodotti 3 prototipi di circuiti integrati, due con un ridotto numero di canali ed uno a scala intera. Gli ASIC sono stati chiamati SLIDER4, SLIDER8 e pSLIDER32 (prototype Silicon-Lithium DEtector Readout, con 4 - 8 - 32 canali rispettivamente). I circuiti in oggetto sono in grado di leggere ed elaborare il segnale proveniente da 4 - 8 - 32 strisce (in quest’ultimo caso corrispondenti a 4 sensori), rispettivamente. I due ASIC di dimensione ridotta sono stati prodotti per primi. SLIDER4 ha la possibilità di accedere a tutti i blocchi analogici della catena di acquisizione, ma non ha ADC e backend digitale, mentre SLIDER8 ha solo le uscite digitali generate dall’ADC. Dopo aver validato e ottimizzato i circuiti di SLIDER4 e SLIDER8, è stato prodotto pSLIDER32, il prototipo a scala intera che presenta sia uscite digitali che la possibilità di accedere ai singoli blocchi analogici per due dei canali dell’ASIC. Elisa Riceputi ha lavorato alla progettazione e al disegno di due blocchi del canale analogico: preamplificatore di carica (Charge Sensitive Amplifier) e circuito di iniezione del segnale di calibrazione (Injection Circuit).

Il CSA è il primo stadio di amplificazione del segnale ed è cruciale ottimizzare il suo disegno per poter ottenere livelli di rumore molto bassi (richiesti dalle specifiche dell’esperimento). Inoltre il primo stadio di amplificazione del segnale deve essere in grado di lavorare su tutto l’ampio range dinamico dei segnali generati dalle particelle nel rivelatore. Di conseguenza, è stata adottata una tecnica di compressione dinamica del segnale che permette di ampliare la dinamica in ingresso, lasciando però alto il guadagno a basse energie.

Il secondo blocco disegnato è il circuito di iniezione: tale blocco inietta un segnale a gradino di tensione su una capacità di iniezione, simulando il segnale di carica generato dalle particelle nel sensore, permettendo quindi di calibrare tutta la catena di acquisizione.

L’ASIC a 32 canali è stato prodotto con successo ad agosto 2019 ed ora è in fase di test. I primi risultati sperimentali indicano che il chip funziona correttamente con buone prestazioni di rumore.

Per la realizzazione e il test di questi circuiti integrati, Elisa Riceputi si è interfacciata con i vari gruppi della collaborazione, tra cui si riportano i principali: INFN Trieste, Columbia University, Massachusetts Institute of Technology (MIT) e Oak Ridge National Laboratory (ORNL).

**b. Progettazione di schede elettroniche di interfaccia per circuiti integrati sviluppati dall'esperienza GAPS**

All'interno dell'esperienza GAPS, Elisa Riceputi ha sviluppato i prototipi delle schede per lo strumento che verrà lanciato dalla stazione di McMurdo, Antartide, alla fine del 2020. Nello strumento GAPS, il rivelatore a strisce in Si(Li) è composto da 3 piani di  $4 \times 12$  rivelatori, raggruppati in moduli da 4 sensori l'uno. Ogni modulo è composto dunque da 4 sensori, un ASIC in grado di leggere i segnali provenienti da 32 canali e da una scheda elettronica di interfaccia tra sensori, ASIC e sistemi di acquisizione esterni. Ogni strato sarà formato da due strisce di 6 moduli collegati in cascata tramite una seconda tipologia di scheda di tipo rigido flessibile. Elisa Riceputi si è occupata della progettazione dello schematico e del layout delle due schede in oggetto. In particolar modo si è presa cura di ottenere un ottimo isolamento tra segnali analogici e digitali, minimizzando capacità e resistenze parassite per ottenere buoni risultati in termini di crosstalk e rumore. Inoltre è stato curato attentamente l'isolamento dell'alimentazione ad alta tensione dei detector dal resto del sistema. Elisa Riceputi ha realizzato due tipi di schede: una rigida a croce di  $26 \text{ cm} \times 26 \text{ cm}$  di dimensioni su cui giace un ASIC e che sarà collegata a 4 sensori tramite wire bonding ed una di tipo rigido flessibile di circa  $3 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ . Nello strumento di rivelazione queste due schede si alterneranno, in modo da ottenere una striscia di 6 schede a croce (6 ASIC e 24 sensori) e 5 schede di tipo rigido flessibile per la trasmissione dei segnali. La scheda di dimensioni più grandi porta le alimentazioni per i sensori (alta tensione, centinaia di Volt), mentre entrambe portano le alimentazioni per l'ASIC (bassa tensione, circa 2.3 V), hanno delle coppie di piste adattate a  $100 \Omega$  per la corretta trasmissione dei segnali digitali e minimizzano le resistenze parassite in modo da ottenere una caduta di tensione più bassa possibile tra la prima e l'ultima scheda del sistema.

**c. Progettazione di un set-up sperimentale ad-hoc per la caratterizzazione di circuiti integrati**

Al fine di validare il corretto funzionamento di un circuito integrato è necessario delineare una strategia di test in modo da poter sviluppare un banco di prova ad-hoc per il circuito integrato in oggetto. Elisa Riceputi ha svolto questo tipo di attività per l'esperienza DSSC, una collaborazione internazionale composta da diversi enti di ricerca ed università europee tra cui si riportano le principali: European XFEL, DESY, Università degli Studi di Bergamo, Politecnico di Milano e Università di Heidelberg. Elisa Riceputi ha realizzato le schede elettroniche necessarie per interfacciarsi con gli ASIC nella fase di test e ha acquisito dati dagli ASIC caratterizzandoli. In questo lavoro sono emerse delle criticità dovute ad alte resistenze di contatto tra ASIC e sistema di acquisizione esterno, che sono poi state risolte nella seconda produzione.

## 2. Studio delle caratteristiche di rumore e resistenza alla radiazione di singoli dispositivi in diverse tecnologie CMOS

Al fine di ottenere un miglior risultato in termini di prestazioni è bene studiare a fondo la tecnologia CMOS che si intende scegliere per la realizzazione di un circuito integrato di lettura di segnali da rivelatori di radiazione. I modelli forniti dalle ditte spesso sono molto accurati nell'ottica della realizzazione di sistemi digitali, mentre le caratteristiche analogiche, in particolare il rumore, non sempre sono modellizzate in maniera sufficientemente accurata. Questo è particolarmente critico quando devono essere progettati circuiti analogici con ottime prestazioni di rumore. Inoltre, i modelli forniti dalle fonderie non includono una caratterizzazione del comportamento dei transistor dopo l'esposizione a radiazione ionizzante: anche questo è un aspetto critico per il progetto di circuiti analogici resistenti alle radiazioni. Elisa Riceputi si è occupata di studiare le prestazioni di rumore e di resistenza alle radiazioni di processi CMOS in diversi nodi tecnologici, in vista del loro utilizzo nel progetto di elettronica di lettura per rivelatori di radiazione.

### a. Studio delle caratteristiche di rumore di transistor CMOS prima e dopo l'esposizione a radiazione ionizzante

La nuova generazione di rivelatori a pixel negli esperimenti di fisica delle alte energie a High Luminosity LHC (HL-LHC) o negli esperimenti di photon science alle nuove sorgenti di raggi X deve affrontare nuove sfide in termini di prestazioni. Una delle più importanti è quella che richiede la capacità di tollerare livelli estremamente alti di radiazione ionizzante. È dunque di fondamentale importanza effettuare uno studio approfondito delle caratteristiche statiche e di rumore dei transistor nelle tecnologie CMOS che possono essere utilizzate dai vari esperimenti. È anche necessario valutare gli effetti dati dall'esposizione a radiazione ionizzante prevista nell'esperimento stesso. Elisa Riceputi si è occupata di questo aspetto per due diverse tecnologie:

- **Tecnologia CMOS 65 nm.** Questa tecnologia è attualmente utilizzata per la realizzazione di circuiti integrati per la lettura di pixel ibridi in esperimenti ad elevato rate di eventi ed elevate dosi di radiazione. In particolar modo il lavoro si è svolto nel contesto dell'attività di RD53. Si tratta di una collaborazione internazionale, proposta dal CERN di Ginevra e alla quale partecipano Università e Centri di ricerca in Europa e negli Stati Uniti, finalizzata allo sviluppo di un circuito integrato per la lettura di pixel ibridi negli esperimenti ATLAS e CMS a HL-LHC. Elisa Riceputi ha caratterizzato MOSFET di diverse geometrie e di entrambe le polarità appartenenti alla tecnologia 65 nm prescelta da RD53. Inoltre si è occupata delle procedure di esposizione alla radiazione con sorgenti di raggi X fino ad una Total Ionizing Dose (TID) di 600 Mrad, caratterizzando gli stessi MOS anche dopo l'irraggiamento. I risultati sperimentali confermano l'elevato grado di tolleranza alle radiazioni tipico dei processi CMOS del nodo 65 nm. È importante sottolineare che l'obiettivo è stato quello di comprendere

gli effetti di degradazione nei circuiti analogici a basso rumore, dove i transistor di dimensioni minime sono usati molto raramente. Nei circuiti digitali, questi sono i dispositivi più critici, tant'è che possono compromettere la tolleranza alle radiazioni di un chip a segnali misti ad una dose totale di diverse centinaia di Mrad ( $SiO_2$ ). I dati ottenuti supportano invece la previsione che i circuiti analogici possono operare fino a 600 Mrad di TID con un moderato (10 - 15%) degrado delle loro prestazioni di rumore. Il principale meccanismo di danno a dosi fino a 10 Mrad può essere associato agli NMOSFET e ai transistor parassiti laterali, il cui rumore si aggiunge al rumore totale del dispositivo quando vengono attivati dalla carica positiva indotta dalla radiazione negli ossidi di isolamento (STI). Questo studio dimostra che, a diverse centinaia di Mrad, gli stati all'interfaccia a carica negativa compensano l'accumulo di carica positiva negli ossidi di isolamento, in modo che i transistor parassiti laterali vengono gradualmente spenti e il loro contributo di rumore tende a ridursi. A dosi molto elevate, il comportamento del rumore degli NMOSFET e dei PMOSFET è coerente con i meccanismi di danno associati alla ionizzazione negli ossidi spaziatori, che diventano dominanti rispetto al contributo di rumore dei transistor parassiti laterali. Di conseguenza, nel complesso, viene osservato un moderato aumento del rumore a 600 Mrad. Questo è molto promettente in vista delle applicazioni di front-end analogici a 65 nm in ambienti dove sono presenti livelli estremi di radiazione ionizzante.

- **Tecnologia CMOS 110 nm.** Questa tecnologia è stata presa in considerazione in vista del suo possibile utilizzo per la realizzazione di circuiti integrati di read-out per rivelatori per il sincrotrone Swiss Light Source (SLS) al Paul Scherrer Institute (PSI) e in generale per imaging a sorgenti di raggi X di ultima generazione. Elisa Riceputi ha caratterizzato transistor appartenenti alla tecnologia CMOS 110 nm di diverse geometrie e per entrambe le polarità. Inoltre si è occupata delle procedure di esposizione alla radiazione con sorgenti di raggi X fino ad una Total Ionizing Dose di 5 Mrad, caratterizzando gli stessi MOS anche dopo l'irraggiamento. I dispositivi studiati mostrano un alto grado di tolleranza alle radiazioni ionizzanti fino alla dose totale di 5 Mrad. Questo comportamento può essere attribuito al loro ossido di gate sottile. Sono stati evidenziati un piccolo spostamento della tensione di soglia ed un aumento trascurabile della transconduttanza. Nonostante non vi siano stati quasi cambiamenti nelle caratteristiche statiche, è possibile osservare un degrado del rumore a bassa frequenza. In particolare, a 5 Mrad i dispositivi PMOSFET mostrano un termine di rumore lorentziano, mentre gli NMOSFET a bassa densità di corrente mostrano un moderato aumento del rumore  $1/f$ . Complessivamente, questi risultati portano alla conclusione che la tecnologia studiata è appropriata per la progettazione di circuiti integrati analogici, con un elevato grado di tolleranza

alle radiazioni fino a una dose totale di 5 Mrad.

**b. Studio delle caratteristiche di rumore del dispositivo di ingresso del canale di lettura analogico per i rivelatori a strisce in Si(Li) per l'esperimento GAPS**

In uno dei prototipi dell'ASIC di front-end dell'esperimento GAPS, SLIDER8, è stato inserito anche un transistor MOS con la stessa geometria e polarità del dispositivo di ingresso del canale analogico di acquisizione ed elaborazione del segnale. Lo studio delle caratteristiche statiche e di rumore di questo dispositivo è fondamentale per confrontare le prestazioni ottenute in termini di guadagno e rumore con i dati previsti dalle simulazioni. Elisa Riceputi ha ottenuto risultati sperimentali che hanno evidenziato alcune discrepanze tra il modello del rumore (in particolare relativamente alla componente  $1/f$ ) fornito dalla tecnologia CMOS 180 nm e i valori misurati. Tenendo in considerazione questa diversità è stato possibile, nel secondo prototipo a 32 canali, migliorare i risultati ottenuti in termini di rumore.

**3. Caratterizzazione di moduli con sensori a pixel connessi a circuiti integrati di lettura tramite l'utilizzo di stazione a sonda meccanica**

L'attività di ricerca è concentrata sullo sviluppo di un set-up di caratterizzazione di "bare module" per i rivelatori sviluppati dal consorzio DSSC. Un "bare module" è costituito da un sensore interconnesso tramite bump bonding a un circuito integrato di elaborazione del segnale.

Il consorzio DSSC è una collaborazione internazionale nata con lo scopo di produrre una "Megapixel camera" in grado di soddisfare i requisiti posti dagli esperimenti previsti allo European XFEL di Amburgo. È stata prodotta una camera formata da una matrice a pixel di silicio di 32 sensori, ognuno composto da  $256 \times 128$  pixel ai quali sono connessi tramite bumpbonding degli ASIC per la lettura ed elaborazione del segnale. Ad ogni pixel nel rivelatore corrisponde una cella elettronica nel circuito integrato per la lettura del segnale. L'attività svolta da Elisa Riceputi nell'ambito della collaborazione DSSC ha riguardato i test degli ASIC e del sensore che compongono il modulo stesso. In particolare:

- È stato verificato il corretto funzionamento degli ASIC, tra cui la lettura e scrittura dei registri, il corretto funzionamento del circuito di calibrazione e del convertitore analogico-digitale.
- È stata misurata la corrente di buio dei singoli sensori.

Entrambe le misure sono state effettuate tramite l'utilizzo di una stazione a sonda meccanica (probe station) che permette di collegarsi direttamente all'ASIC o al sensore senza doverlo collegare tramite wire bonding ad una scheda. Le criticità del sistema risiedono principalmente nel corretto posizionamento delle sonde stesse (che possono danneggiare sia sensori che ASIC) e nell'ottimizzazione della schermatura del sistema di acquisizione

dati. In questo modo è stato possibile individuare i moduli più idonei per l'assemblaggio della camera, ottimizzando quindi le sue prestazioni una volta installata sulla linea del fascio di raggi X.

## **Pubblificazioni scientifiche**

Elisa Riceputi è stata coautore di 19 pubblicazioni scientifiche. La lista delle pubblicazioni, disponibile alla fine di questo documento, include:

- 11 articoli pubblicati su riviste internazionali
- 8 articoli pubblicati su atti di congressi internazionali

Inoltre, Elisa Riceputi è coautore di 1 articolo sottomesso per la pubblicazione su una rivista internazionale e di 2 lavori sottomessi per la pubblicazione su atti di congressi internazionali.

Indicatori bibliometrici rivelati da Scopus:

Entries: 16

Citazioni: 40

h-index: 3

Indicatori bibliometrici rivelati da ISI Web of Science:

Entries: 14

Citazioni: 24

h-index: 2

Indicatori bibliometrici rivelati da Google Scholar:

Entries: 20

Citazioni: 75

h-index: 5

## **Collaborazioni internazionali**

Dal 2014 Elisa Riceputi è coinvolta in numerose collaborazioni con diversi gruppi di ricerca. Dal 2014 ad oggi, Elisa Riceputi è inserita all'interno della collaborazione RD53, organizzata dal Cern, il cui scopo è la progettazione della prossima generazione di chip di lettura di pixel ibridi per gli esperimenti ATLAS e CMS. L'attività a cui Elisa Riceputi ha contribuito maggiormente in questa collaborazione è lo studio della resistenza alla radiazione dei singoli transistor nella tecnologia CMOS 65 nm utilizzata per i chip progettati da RD53.

Nel 2014 e 2015 Elisa Riceputi ha collaborato nell'esperimento dell'INFN - Gruppo V, CHIPIX65. L'attività di CHIPIX65 si è svolta nel contesto di RD53 ed è stata finalizzata allo sviluppo di un chip innovativo, in tecnologia CMOS 65 nm, per la lettura di pixel ibridi in esperimenti ad altissimi flussi di particelle e radiazione a High Luminosity LHC

e in futuri collider.

Elisa Riceputi collabora, dal 2016, con il consorzio DSSC (DEPFET Sensors with Signal Compression), per lo sviluppo di un rivelatore da utilizzare in esperimenti a European XFEL. Il consorzio include diversi istituti di ricerca italiani e tedeschi, tra cui l'Università di Heidelberg, DESY, il Politecnico di Milano e l'Università di Bergamo.

Dal 2017 ad oggi Elisa Riceputi è coinvolta nella collaborazione internazionale dell'esperimento GAPS (esperimento dell'INFN - Gruppo II), nell'ambito della progettazione e sviluppo di un circuito integrato in grado di raccogliere ed elaborare i segnali provenienti da rivelatori a strisce di Silicio-Litio, Si(Li). La collaborazione comprende diversi istituti di ricerca e agenzie spaziali italiane, statunitensi e giapponesi, come MIT, Columbia University, Università degli Studi di Bergamo, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Agenzia Spaziale Italiana (ASI), JAXA.

### **Associazione a società scientifiche/istituti di ricerca**

2014 - oggi **Società Italiana di Elettronica (SIE)** per l'Università degli Studi di Bergamo.

2014 - oggi **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)** Sezione di Pavia.

### **Comunicazioni a congressi internazionali**

- Comunicazione (orale) alla conferenza internazionale "Topical Workshop on Electronics for Particle Physics - TWEPP 2019", Set. 2 - 6, 2019, Santiago, Spagna. Titolo: "The analog readout channel for the Si(Li) tracker of the GAPS experiment".
- Comunicazione (orale) alla conferenza internazionale "13<sup>th</sup> Conference on PhD Research in Microelectronics and Electronics, PRIME 2017". Giu. 12 - 15, 2017, Giardini Naxos, Italia. Titolo: "Total Ionizing Dose Effects on CMOS Devices in a 110-nm Technology".
- Comunicazione (orale) alla conferenza internazionale "RADFAC Day", Mar. 26, 2015, Legnaro, Italia. Titolo: "Noise performance of 65 nm CMOS transistors exposed to ionizing radiation".

### **Comunicazioni a congressi nazionali**

- Comunicazione (orale) alla conferenza nazionale "Riunione Annuale dell'Associazione Società Italiana di Elettronica", Giu. 26 - 28, 2019, Roma, Italia. Titolo "The analog readout channel for the Si(Li) tracker of the GAPS experiment".
- Comunicazione (poster) alla conferenza nazionale "IEEE CAS Day", Mar. 6, 2016, Como, Italia. Titolo "Noise performance of 65 nm and 110 nm CMOS Transistors Exposed to Ionizing Radiation".

## Attività didattica

Dal 2016 Elisa Riceputi svolge attività didattica di Tutorato presso l'Università degli Studi di Bergamo. L'attività didattica di Tutorato è stata svolta nell'ambito dei Corsi di Laurea in Ingegneria Meccanica Triennale e Magistrale e Ingegneria Informatica Magistrale, per un totale di 60 ore:

- C.I. Elettrotecnica + Strumentazione e misure elettroniche: modulo di strumentazione e misure elettroniche (Anno Accademico 15/16, 16/17, 18/19, 19/20)
- Elettronica Industriale (Anno Accademico 19/20)

## Premi e riconoscimenti nazionali e internazionali

- **Giugno 2018:** Elisa Riceputi riceve dalla Società Italiana di Elettronica (SIE) il premio per la miglior tesi di Dottorato in Elettronica dell'Anno Accademico 2016/2017, discussa nell'anno 2018.
- **Dicembre 2018:** Elisa Riceputi riceve il secondo premio ex-aequo Gatti-Manfredi come "Best Ph.D. Thesis Award in Radiation Instrumentation" per la sua tesi di dottorato. Il premio è assegnato dall'IEEE NPS Italy Chapter a ricercatori che hanno conseguito il dottorato in un'università italiana e a ricercatori di nazionalità italiana che hanno conseguito il dottorato in un'università straniera.

## Lista delle 12 principali pubblicazioni presentate

1. **E. Riceputi et al. "Large-area Si(Li) detectors for X-ray spectrometry and particle tracking in the GAPS experiment", *Journal of Instrumentation*, vol. 14, pp. 1-16, 2019.**

La Shimadzu Corporation ha prodotto i primi rivelatori di Silicio-Litio, Si(Li), in grado di soddisfare i requisiti geometrici, prestazionali e di costo dell'esperimento General AntiParticle Spectrometer (GAPS). I rivelatori di GAPS costituiranno il primo sistema di rivelatori Si(Li) ad alta temperatura (circa  $-40^{\circ}\text{C}$ ), sensibili ai raggi X, in grado di operare ad alta quota. Questi rivelatori di 10 cm di diametro, 2.5 mm di spessore, a 4 o 8 strisce che forniscono l'area attiva, hanno l'efficienza di assorbimento dei raggi X e la risoluzione energetica necessaria per l'identificazione delle particelle di atomi esotici nell'esperimento GAPS. In questo documento sono validate le prestazioni del rivelatore. Si utilizza il modello di rumore stabilito per i rivelatori a semiconduttore per distinguere le fonti di rumore dovute al rivelatore da quelle dovute all'elettronica di elaborazione del segnale. Si dimostra che i rivelatori con 4 o 8 strisce possono fornire la risoluzione energetica necessaria, cioè meno di 4 keV (FWHM) nei range dei raggi X, a temperature di volo da  $-35^{\circ}\text{C}$  a  $-45^{\circ}\text{C}$ . Per raggiungere questo obiettivo l'attività di Elisa Riceputi si è incentrata sulla mini-

mizzazione del rumore fornito dall'elettronica di lettura del segnale e dalla misura di questo stesso rumore sui prototipi dei circuiti integrati di lettura fin qui realizzati.

2. **E. Riceputi et al. "Qualification and Integration Aspects of the DSSC Mega-Pixel X-Ray Imager", IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 66, no. 8, pp. 1966-1975, 2019.**

Il sensore per imaging di raggi X per lo European X-ray free-electron laser (XFEL) è in fase di sviluppo. Nella versione attualmente disponibile, il sensore è composto da anelli di drift di tipo SDD (silicon(Si)-drift detector). Per una rapida raccolta della carica del segnale, il pixel ha una forma esagonale con due anelli di deriva e una lunghezza laterale di 136  $\mu\text{m}$ . Il sensore ha uno spessore di 450  $\mu\text{m}$  ed è completamente svuotato per la rivelazione di singoli fotoni nel regime di raggi X molli, da 0.5 keV a circa 6 keV, con un frame rate fino a 4.5 MHz. Tra le caratteristiche uniche della fotocamera mega-pixel si evidenziano la digitalizzazione a 8 bit a livello di pixel e la capacità di archiviazione digitale fino a 800 frame. L'attuale versione della camera si basa su celle miniaturizzate (mini-SDD) con il primo transistor di amplificazione nel circuito integrato (ASIC) che fornisce una caratteristica di trasferimento lineare. La camera è costituita da 32 moduli composti ognuno da un sensore di  $256 \times 128$  pixel a cui sono connessi tramite bump bonding 8 ASIC da  $64 \times 64$  pixel. Elisa Riceputi ha verificato il corretto funzionamento degli ASIC dopo la fase di bump bonding e ha misurato la corrente di buio di tutti i sensori in questione, selezionando i moduli con migliori prestazioni che sono poi andati a costituire la versione attuale della camera.

3. **G. Traversi, R. Dinapoli, M. Manghisoni, A. Mozzanica, and E. Riceputi "Signal and Noise Performance of a 110-nm CMOS Technology for Photon Science Applications", IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 66, no. 4, pp. 752-759, 2019.**

Questo documento presenta uno studio sul comportamento del rumore nei dispositivi MOSFET appartenenti a una tecnologia CMOS a 110 nm in vista della progettazione di circuiti analogici a basso rumore e bassa potenza per l'elaborazione di segnali provenienti dalla rivelazione di raggi X da laser a elettroni liberi (FEL) e da sincrotroni di ultima generazione. L'obiettivo di questo lavoro è quello di fornire un modello per dispositivi analogici ai progettisti dei sistemi di lettura ed elaborazione del segnale in queste applicazioni. La componente bianca dello spettro di tensione del rumore e il contributo del rumore  $1/f$  sono sperimentalmente caratterizzati da misure in un ampio intervallo di frequenza. I dati estratti dalla caratterizzazione sono studiati in funzione della condizione di polarizzazione e delle dimensioni del gate (lunghezza e larghezza). Viene inoltre fornito un confronto dei parametri principali con generazioni CMOS sempre più scalate. L'attività di Elisa Riceputi in questo lavoro si è concentrata sull'acquisizione di tutte le misure di rumore dei vari dispositivi, per diverse configurazioni di bias e diverse geometrie ed entrambe le polarità dei MOS e

sull'analisi dei risultati sperimentali con l'estrazione dei parametri delle componenti di rumore bianco e di rumore  $1/f$ .

4. **V. Re, L. Gaioni, M. Manghisoni, L. Ratti, E. Riceputi, and G. Traversi** “**Ionizing Radiation Effects on the Noise of 65 nm CMOS Transistors for Pixel Sensor Readout at Extreme Total Dose Levels**”, **IEEE Transactions on Nuclear Science**, vol. **65**, no. **1**, pp. **550-557**, **2018**.

Questo lavoro si concentra sullo studio delle prestazioni di rumore di transistor CMOS a 65 nm a livelli di dose ionizzante totale (TID) estremamente elevati, dell'ordine di diverse centinaia di Mrad. Le misure di rumore vengono riportate e discusse, analizzando gli effetti delle radiazioni sul rumore di tipo flicker rispetto al rumore termico di canale. Negli NMOSFET, fino a 10 Mrad, il comportamento sperimentale è coerente con un meccanismo di danno associato principalmente agli ossidi di isolamento laterale e può essere modellato da transistor parassiti che si accendono in parallelo dopo l'irraggiamento e contribuiscono al rumore totale del dispositivo. A dosi molto elevate, fino a 600 Mrad, questi transistor parassiti tendono ad essere spenti dalla carica negativa che si accumula negli stati di interfaccia. Tale carica negativa compensa la carica positiva indotta dalla radiazione che si accumula all'interno degli ossidi di isolamento. I risultati di questa analisi forniscono una comprensione degli effetti di degradazione del rumore nei circuiti di front-end analogici integrati nei chip di lettura per i rivelatori a pixel che operano in ambienti di radiazione molto difficili come lo High-Luminosity Large Hadron Collider. Per questo lavoro il contributo di Elisa Riceputi ha riguardato l'acquisizione e l'analisi delle misure statiche e di rumore dei dispositivi pre e post irraggiamento e l'estrazione dei parametri di rumore. Elisa Riceputi ha anche supervisionato l'irraggiamento stesso.

5. **L. Ratti, L. Gaioni, M. Manghisoni, V. Re, E. Riceputi, and G. Traversi** “**65-nm CMOS Front-End Channel for Pixel Readout in the HL-LHC Radiation Environment**”, **IEEE Transactions on Nuclear Science**, vol. **64**, no. **12**, pp. **2922-2932**, **2017**.

Un preamplificatore di carica è stato sviluppato in una tecnologia CMOS a 65 nm per elaborare i segnali dallo strato più interno del tracciatore a pixel dell'esperimento CMS, in vista dell'upgrade per il Large Hadron Collider (LHC) ad alta luminosità (HL). Il circuito fa parte di un canale di lettura che implementa un metodo "time-over-threshold" per la conversione analogico-digitale della carica in ingresso. Campioni del circuito sono stati esposti ad alte dosi di radiazioni ionizzanti, fino a 500 Mrad ( $SiO_2$ ), da una sorgente di protoni a bassa energia e da un tubo a raggi X. I risultati del test mostrano che il degrado delle prestazioni, in termini di sensibilità di carica, forma del segnale e rumore, è compatibile con il funzionamento nel difficile ambiente dell'HL-LHC. Elisa Riceputi si è occupata della preparazione dei campioni, delle procedure di irraggiamento e della manipolazione dei campioni irraggiati con particelle pesanti (protoni), oltre che dell'analisi delle misure sperimentali

e dell'estrazione dei parametri critici per la comprensione dei meccanismi di danno da radiazione.

6. **G. Traversi, F. De Canio, L. Gaioni, M. Manghisoni, S. Matiazzo, L. Ratti, V. Re, and E. Riceputi** “Characterization of bandgap reference circuits designed for high energy physics applications”, **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, vol. **824**, pp. **371-373**, **2016**.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di progettare un circuito di riferimento di tensione bandgap ad alte prestazioni in una tecnologia CMOS 65 nm in grado di operare in ambienti con radiazioni elevate. È stato fabbricato e caratterizzato un circuito prototipo basato su tre diversi dispositivi (diodo, transistor bipolare e MOSFET). I risultati della caratterizzazione sperimentale mostrano una variazione di  $\pm 3.4$  mV della tensione di riferimento generata dal circuito in un intervallo di temperatura di 170 °C (da  $-30$  °C a 140 °C) e una *line regulation* a temperatura ambiente di 5.2%/V. La tensione di riferimento misurata è  $690 \text{ mV} \pm 15 \text{ mV}$  ( $3\sigma$ ) per 26 campioni sullo stesso wafer. I circuiti funzionano correttamente con tensioni di alimentazione nell'intervallo da 1.32 V a 0.78 V. Uno spostamento della tensione di riferimento di soli 7.6 mV è stato misurato dopo irradiazione con raggi X a 10 keV fino a una dose integrata di 225 Mrad. Elisa Riceputi ha collaborato all'acquisizione dei dati a diverse temperature, alle procedure di irraggiamento, all'acquisizione e all'analisi dei dati post irraggiamento.

7. **V. Scotti, A. Boiano, L. Fabris, M. Manghisoni, G. Osteria, F. Perfetto, V. Re, E. Riceputi, G. Zampa** “Front-end Electronics for the GAPS Tracker”, **Proceedings of Science**, vol. **358**, pp. **1-7**, presented at the **36th International Cosmic Ray Conference, ICRC2019, Madison, WI, USA, Jul. 24 - Aug. 1, 2019**.

Il General Antiparticle Spectrometer (GAPS) è un esperimento che manderà un pallone aerostatico in atmosfera per cercare indirettamente la materia oscura attraverso la rivelazione di antiparticelle cosmiche. Per raggiungere un'alta sensibilità in questa regione a basse energie di antinuclei cosmici, GAPS utilizza un nuovo metodo di identificazione delle particelle basato sulla cattura e il decadimento dell'atomo esotico prodotto dall'annichilazione dell'antideuterio. Lo strumento GAPS è costituito da dieci piani di  $12 \times 12$  rivelatori di Silicio-Litio, Si(Li), costituenti il tracker, circondato da un sistema di tempo di volo costituito da uno scintillatore. In questo lavoro, si descrive l'elettronica di front-end del tracker di GAPS. Il sistema è composto da 360 ASIC di front-end e da alimentatori. Gli ASIC forniscono la lettura e la digitalizzazione del segnale (con un ADC a 11 bit) in un ampio intervallo dinamico (10 keV - 100 MeV). Ogni ASIC ha 32 canali ed esegue la lettura per 4 rivelatori, per un totale di 11520 canali. Il front-end analogico nell'ASIC si basa su una tecnica di compressione dinamica per gestire una vasta gamma di ampiezze di segnale e pre-

senta prestazioni di basso rumore, raggiungendo la risoluzione richiesta di 4 keV a basse energie. Il sistema di alimentazione fornisce sia tensioni di polarizzazione per i rivelatori Si(Li) sia tensioni basse per l'elettronica. Elisa Riceputi ha partecipato alla progettazione di due blocchi dell'ASIC a 32 canali e ha successivamente lavorato alla loro caratterizzazione sperimentale. I blocchi in questione sono, per quanto riguarda il circuito integrato, il preamplificatore di carica e il circuito di iniezione, mentre per quanto riguarda l'elettronica a discreti, le schede di interfaccia tra ASIC e sensori.

8. **E. Riceputi et al. "Design, implementation and test results of the RD53A, a 65 nm large scale chip for next generation pixel detectors at the HL-LHC", Proceedings of the 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, NSS/MIC 2018 - Conference Proceedings, pp. 1-4, Sydney, Australia, Nov. 10 – 17, 2018.**

Il chip dimostratore di RD53A è stato sviluppato in tecnologia CMOS a 65 nm dalla collaborazione RD53, al fine di affrontare i requisiti dei rivelatori a pixel della fase 2 degli esperimenti CMS e ATLAS al CERN. Questo prototipo di chip è progettato per dimostrare che è possibile soddisfare una serie di specifiche impegnative, quali elevata granularità (pixel di  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$  o  $25 \times 100 \mu\text{m}^2$ ), alta frequenza di arrivo dei segnali nella matrice di pixel ( $3 \text{ GHz}/\text{cm}^2$ ), alta velocità di lettura, livelli di radiazione molto elevati (500 Mrad - 1 Grad) e funzionamento con alimentazione seriale. Elisa Riceputi si è occupata dello studio della resistenza alla radiazione della tecnologia 65nm utilizzata per il design del chip a pixel in oggetto.

9. **E. Riceputi et al. "RD53A: A large scale prototype for HL-LHC silicon pixel detector phase 2 upgrades", Proceedings of Science, vol. 343, pp. 1-5, presented at the 2018 Topical Workshop on Electronics for Particle Physics, TWEPP 2018, Antwerp, Belgium, Sep. 17 – 21, 2018.**

Gli upgrade di fase 2 dei rivelatori a pixel di silicio degli esperimenti ATLAS e CMS a HL-LHC presentano requisiti estremi, come pixel di area  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ , alta frequenza di segnali nella matrice di pixel ( $3 \text{ GHz}/\text{cm}^2$ ), livelli di radiazione totali senza precedenti (1 Grad), alta velocità di lettura e alimentazione seriale. Di conseguenza è necessario un nuovo chip di lettura. In questo quadro la collaborazione RD53 ha sviluppato RD53A, un chip dimostratore progettato con tecnologia CMOS a 65 nm, che integra una matrice di  $400 \times 192$  pixel. Nel lavoro viene fornita una panoramica degli elementi costitutivi insieme ai risultati dei test su singoli chip. Elisa Riceputi si è occupata dello studio della resistenza alla radiazione della tecnologia utilizzata per il design del chip a pixel in oggetto.

10. **E. Riceputi et al. "Development of a Large Pixel Chip Demonstrator in RD53 for ATLAS and CMS Upgrades", Proceedings of Science, vol. 313, pp. 1-5, presented at the 2017 Topical Workshop on Electronics for Particle Physics, TWEPP 2017, Santa Cruz, California, Sep. 11 - 14, 2017.**

RD53A è un prototipo di chip di lettura per rivelatori a pixel realizzato in tecnologia CMOS a 65 nm dalla collaborazione RD53 per gli upgrade di fase 2 degli esperimenti ATLAS e CMS. La progettazione e la caratterizzazione di RD53A sono descritte in questo lavoro insieme ai piani per lo sviluppo dei chip finali per i due esperimenti. Elisa Riceputi si è occupata dello studio della resistenza alla radiazione della tecnologia utilizzata per il design del chip a pixel in oggetto.

11. **E. Riceputi, L. Gaioni, M. Manghisoni, V. Re, R. Dinapoli, and A. Mozanica “Total ionizing dose effects on CMOS devices in a 110 nm technology”, 13th Conference on PhD Research in Microelectronics and Electronics, PRIME 2017 - Conference Proceedings, pp. 241-244, Giardini Naxos, Italia, Jun. 12- 12, 2017.**

In questo lavoro è riportata una caratterizzazione dettagliata dei dispositivi CMOS in un processo tecnologico con una lunghezza minima del canale di 110 nm. I dispositivi sono stati caratterizzati prima e dopo l'esposizione ai raggi X da una sorgente a 10 keV, fino a una dose ionizzante totale (TID) di 5 Mrad. Questo studio fornisce utili suggerimenti nella progettazione di sistemi di front-end per la lettura di rivelatori di particelle a pixel in ambienti con elevata dose di radiazione. I risultati mostrati in questo lavoro sono il primo passo di un'attività finalizzata allo studio degli effetti delle radiazioni ionizzanti sul rumore e sulle prestazioni statiche di questa tecnologia CMOS. Elisa Riceputi, per questa attività, si è occupata di tutta la caratterizzazione dei dispositivi pre e post irraggiamento, che comprende l'acquisizione delle caratteristiche statiche, la misura del rumore e l'elaborazione dei dati con estrazione dei parametri di rumore termico di canale e di rumore 1/f. Oltre ad essersi occupata della raccolta dati, si è anche occupata della preparazione dei campioni per l'esposizione alla radiazione e ha supervisionato l'irraggiamento stesso.

12. **L. Ratti, L. Gaioni, M. Manghisoni, V. Re, E. Riceputi, and G. Traversi “Charge preamplifier in a 65 nm CMOS technology for pixel readout in the Grad TID regime”, Proceedings of the European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems (RADECS2016), pp. 1-5, Bremen, Germany, Sep. 19-23, 2016.**

È stato sviluppato un preamplificatore di carica in tecnologia CMOS 65 nm per elaborare i segnali provenienti dai rivelatori a pixel più interni del rivelatore di CMS, in vista dell'upgrade per HL-LHC. Il circuito fa parte di un canale di lettura che implementa un metodo time-over-threshold per la conversione da analogico a digitale dell'ampiezza dei segnali. Campioni del circuito sono stati esposti a dosi elevate di radiazioni ionizzanti (fino a 8 MGy) da una sorgente di protoni a bassa energia. Questo documento riporta uno studio della degradazione dato dalla radiazione delle prestazioni del preamplificatore, quali sensibilità di carica, rumore, forma del segnale. Lo studio è stato effettuato in vista dell'utilizzo del circuito nell'ambiente di HL-LHC, dove è prevista una dose di radiazione ionizzante di 1 Grad nel tempo

di funzionamento del rivelatore. In questo lavoro Elisa Riceputi si è occupata della preparazione dei campioni per l'irraggiamento e ha supervisionato l'irraggiamento stesso.

### **Lavori pubblicati su riviste internazionali**

- [J.01] E. Riceputi et al. “Large-area Si(Li) detectors for X-ray spectrometry and particle tracking in the GAPS experiment”, *Journal of Instrumentation*, vol. 14, pp. 1-16, 2019.
- [J.02] E. Riceputi et al. “Qualification and Integration Aspects of the DSSC Mega-Pixel X-Ray Imager”, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. 66, no. 8, pp. 1966-1975, 2019.
- [J.03] G. Traversi, R. Dinapoli, M. Manghisoni, A. Mozzanica, and E. Riceputi “Signal and Noise Performance of a 110-nm CMOS Technology for Photon Science Applications”, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. 66, no. 4, pp. 752-759, 2019.
- [J.04] E. Riceputi et al. “Precision measurement of the structure of the CMS inner tracking system using nuclear interactions”, *Journal of Instrumentation*, vol. 13, no. 10, pp. 1-41, 2018.
- [J.05] E. Riceputi et al. “Test beam demonstration of silicon microstrip modules with transverse momentum discrimination for the future CMS tracking detector”, *Journal of Instrumentation*, vol. 13, no. 3, pp. 1-32, 2018.
- [J.06] V. Re, L. Gaioni, M. Manghisoni, L. Ratti, E. Riceputi, and G. Traversi “Ionizing Radiation Effects on the Noise of 65 nm CMOS Transistors for Pixel Sensor Readout at Extreme Total Dose Levels”, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. 65, no. 1, pp. 550-557, 2018.
- [J.07] L. Ratti, L. Gaioni, M. Manghisoni, V. Re, E. Riceputi, and G. Traversi “65-nm CMOS Front-End Channel for Pixel Readout in the HL-LHC Radiation Environment”, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. 64, no. 12, pp. 2922-2932, 2017.
- [J.08] E. Riceputi et al. “Characterisation of irradiated thin silicon sensors for the CMS phase II pixel upgrade”, *European Physical Journal*, vol. 77, no. 8, pp. 1-13, 2017.
- [J.09] E. Riceputi et al. “P-Type Silicon Strip Sensors for the new CMS Tracker at HL-LHC”, *Journal of Instrumentation*, vol. 12, no. 6, pp. 1-25, 2017.
- [J.10] E. Riceputi et al. “Mechanical stability of the CMS strip tracker measured with a laser alignment system”, *Journal of Instrumentation*, vol. 12, no. 4, pp. 1-36, 2017.

- [J.11] G. Traversi, F. De Canio, L. Gaioni, M. Manghisoni, S. Matiazzo, L. Ratti, V. Re, and E. Riceputi “Characterization of bandgap reference circuits designed for high energy physics applications”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol. 824, pp. 371-373, 2016.

### **Lavori pubblicati su atti di congressi internazionali**

- [P.01] V. Scotti, A. Boiano, L. Fabris, M. Manghisoni, G. Osteria, F. Perfetto, V. Re, E. Riceputi, G. Zampa “Front-end Electronics for the GAPS Tracker”, Proceedings of Science, vol. 358, pp. 1-7, presented at the 36th International Cosmic Ray Conference, ICRC2019, Madison, WI, USA, Jul. 24 - Aug. 1, 2019.
- [P.02] E. Riceputi et al. “Design, implementation and test results of the RD53A, a 65 nm large scale chip for next generation pixel detectors at the HL-LHC”, 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, NSS/MIC 2018 - Conference Proceedings, pp. 1-4, Sydney, Australia, Nov. 10 – 17, 2018.
- [P.03] E. Riceputi et al. “RD53A: A large scale prototype for HL-LHC silicon pixel detector phase 2 upgrades”, Proceedings of Science, vol. 343, pp. 1-5, presented at the 2018 Topical Workshop on Electronics for Particle Physics, TWEPP 2018, Antwerp, Belgium, Sep. 17 – 21, 2018.
- [P.04] E. Riceputi et al. “Development of a Large Pixel Chip Demonstrator in RD53 for ATLAS and CMS Upgrades”, Proceedings of Science, vol. 313, pp. 1-5, presented at the 2017 Topical Workshop on Electronics for Particle Physics, TWEPP 2017, Santa Cruz, California, Sep. 11 - 14, 2017.
- [P.05] E. Riceputi, L. Gaioni, M. Manghisoni, V. Re, R. Dinapoli, and A. Mozzanica “Total ionizing dose effects on CMOS devices in a 110 nm technology”, Proceedings of 13th Conference on PhD Research in Microelectronics and Electronics, PRIME 2017 - Conference Proceedings, pp. 241-244, Giardini Naxos, Italia, Jun. 12- 12, 2017.
- [P.06] L. Ratti, L. Gaioni, M. Manghisoni, V. Re, E. Riceputi, and G. Traversi “Charge preamplifier in a 65 nm CMOS technology for pixel readout in the Grad TID regime”, Proceedings of the European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems (RADECS2016), pp. 1-5, Bremen, Germany, Sep. 19-23, 2016.
- [P.07] E. Riceputi et al. “CHIPIX65: Developments on a new generation pixel readout ASIC in CMOS 65 nm for HEP experiments”, Proceedings - 2015 6th IEEE International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces, IWASI 2015, pp. 49 - 54, Gallipoli, Italy, Jun. 18 - 19, 2015.
- [P.08] E. Riceputi et al. “RD53 collaboration and CHIPIX65 project for the development of an innovative pixel front end chip for HL-LHC”, Proceedings of Science, vol. 219,

pp. 1-8, presented at the 2014 INFN Workshop on Future Detectors for HL-LHC, IFD 2014, Trento, Italy, Mar. 11 - 13 , 2014.

### **Lavori sottomessi per pubblicazione**

- [S.01] E. Riceputi et al., “RD53 analog front-end processors for the ATLAS and CMS experiments at the High-Luminosity LHC”, Proceedings of Science, 28th International Workshop on Vertex Detectors (VERTEX), Ott. 13-18, 2019, Lopud, Croazia.
- [S.02] L. Gaioni, M. Manghisoni, L. Ratti, V. Re, E. Riceputi, G. Traversi, “Threshold tuning DACs for pixel readout chips at the High Luminosity LHC”, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A.
- [S.03] M. Pezzoli, E. Riceputi, F. Morsani, G. Traversi, L. Ratti, M. Manghisoni, V. Re, “Characterization of PFM3, a  $32 \times 32$  readout chip for PixFEL X-ray imager”, Conference Records, Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC), Ott. 26 - Nov. 2, 2019, Manchester, Regno Unito.