

# ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**Rappresentante Nazionale:** M. SAMPIETRO

Struttura di appartenenza: Politecnico di Milano

Ricercatore responsabile locale: M. Sampietro

Posizione nell'I.N.F.N.: Inc. di Col.

## INFORMAZIONI GENERALI

<b>Linea di ricerca</b>	Rivelatori per alti tassi di conteggio con elettronica integrata per spettroscopia X di precisione
<b>Laboratorio ove si raccolgono i dati</b>	Politecnico di Milano Dip. Elettronica ed Informazione
<b>Sigla dello esperimento assegnata dal Laboratorio</b>	
<b>Acceleratore usato</b>	
<b>Fascio (sigla e caratteristiche)</b>	Fascio X con emissione di righe caratteristiche con energia compresa tra 1 e 30 KeV
<b>Processo fisico studiato</b>	Progetto di dispositivi integrati rivelatore-elettronica che amplifichino la carica raccolta all'anodo e provvedano alla sua rimozione in modo da consentire alti tassi di conteggio
<b>Apparato strumentale utilizzato</b>	Strumentazione CAD per simulazione e disegno di dispositivi e circuiti Linea di fabbricazione di rivelatori con elettronica integrata in Silicio Strumentazione elettronica di laboratorio Generatore di raggi X
<b>Sezioni partecipanti all'esperimento</b>	MILANO
<b>Istituzioni esterne all'Ente partecipanti</b>	Max Planck Institute (Monaco, Germania), Brookhaven National Laboratory (USA), Desy (Amburgo, Germania)
<b>Durata esperimento</b>	3 anni (1998-2000) + un anno di prolungamento (2001)

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001**
**In ML**

VOCI DI SPESA	DESCRIZIONE DELLA SPESA						IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale	
							Parziali	Totale Compet.		
Viaggi e missioni	Interno	Riunioni INFN, congressi						1	1	
	Estero	Montaggio degli apparati per la prova di confronto tra RATEX e sistemi esistenti (Monaco, Germania)						8	16	
Partecipazione congresso internazionale USA						3				
Test di confronto all'acceleratore DESY (Germania)						5				
Materiale Consumo	Basette ceramica per montaggio sistema integrato rivelatore e chip preamplificatore						8	18		
	Componenti montaggio sistema						6			
	Pezzi meccanici per camera a tenuta alloggio sistema						4			
Trasp.e facch.										
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro					
Affitti e manutenz. apparecchiati.										
Materiale Inventariabile										
Costruzione Apparati										
<b>Totale</b>								<b>35</b>		
Note:										

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**ALLEGATO MODELLO EC 2**

L'impegnativo confronto tra il sistema RATEX ideato in questo progetto ed il sistema integrato a Source Follower fino ad ora esistente (si veda Allegato 3 relativo alla richiesta di prolungamento di un anno dell'esperimento), richiede una preparazione specifica dell'apparato sperimentale. Prevediamo di poter realizzare un singolo macro-montaggio che alloggi entrambi i sistemi entro una camera a tenuta adatta all'uso con il fascio X in modo da confrontare le due tipologie nelle stesse condizioni sperimentali di temperatura, polarizzazione e soprattutto tasso di impulsi. Le spese che si prevede di sostenere sono le seguenti:

**MATERIALE DI CONSUMO:**

\* Basette ceramiche per montaggio sistema integrato rivelatore e chip del preamplificatore:

E' necessario realizzare dei supporti ceramici opportuni che consentano di alloggiare sia il chip del rivelatore che il chip del preamplificatore in modo da minimizzare le capacita' parassite della connessione tra i due chip. Inoltre il supporto deve consentire l'accoppiamento del rivelatore con un raffreddatore Peltier per regolare la temperatura di funzionamento del rivelatore. Tali supporti ceramici devono gia' prevedere il contemporaneo montaggio dei due sistemi (RATEX e Source Follower). La spesa prevista per tali supporti che devono essere appositamente realizzati e' di 8ML.

\* Componenti montaggio sistema:

Sono necessari componenti elettronici passivi SMD (resistenze e condensatori anche per alte tensioni) per la duplicazione dei circuiti di polarizzazione del rivelatore del sistema RATEX e componenti attivi (transistori, integrati) per la realizzazione dei line-drivers del segnale verso i multicanali esterni alla linea di fascio. Inoltre si acquisteranno i connettori / passanti opportuni per portare i segnali di uscita fuori dalla camera a tenuta. Inoltre e' necessario l'acquisto dei raffreddatori Peltier per la regolazione della temperatura del rivelatore. La spesa prevista e' di 6ML.

\* Pezzi meccanici per camera a tenuta alloggio sistema

E' necessario realizzare una camera a moderata tenuta per poter alloggiare contemporaneamente il sistema RATEX ed il sistema a Source Follower e fluxare un gas inerte per prevenire eventuale condensa dell'umidita' sul rivelatore durante i test in temperatura. La spesa prevista e' di 4ML.

**MISSIONI ESTERO:**

\* Montaggio degli apparati per la prova di confronto tra RATEX e sistemi esistenti (Monaco, Germania)

Benche' gran parte dell'assemblaggio del sistema RATEX verra' effettuato a Milano, si pensa ad un montaggio finale dell'apparato con anche il sistema a Source Follower prevedibilmente a Monaco di Baviera (Germania) presso l'Halbleiterlabor del Max Planck Institut dove i sistemi fino ad ora realizzati sono stati montati e caratterizzati. Al montaggio seguira' una fase di caratterizzazione dei due sistemi di rivelazione utilizzando il fascio X disponibile presso tali laboratori per prove ad alto rate. Si prevede una spesa totale di 8ML.

\* Partecipazione congresso internazionale per la divulgazione dei risultati ottenuti. Spesa prevista: 3ML.

\* Test di confronto all'acceleratore DESY (Germania)

Nell'ipotesi che le prove su fascio X da laboratorio diano risultati a favore del sistema RATEX, sarebbe interessante effettuare una conclusiva verifica in una situazione sperimentale più operativa quale quella in una facility di luce di sincrotrone. In base alle esperienze dei nostri colleghi tedeschi, i test sul fascio dovrebbero richiedere poco meno di un mese uomo di una persona del nostro staff. La scelta dell'acceleratore verrà fatta a suo tempo, con una preferenza ora per l'acceleratore di DESY ad Amburgo dove i colleghi tedeschi hanno effettuato le misure che fino ad ora si sono rivelate necessarie per lo sviluppo dei rivelatori a deriva. L'importo di 5 ML per missioni estere è previsto coprire parte delle suddette spese ed è da considerarsi sub judice al conseguimento del primo obiettivo.

**MISSIONI INTERNO:**

\* Si richiede 1ML per le spese di missione interno che si rendono necessarie per la partecipazione alle riunioni INFN, per le riunioni tecniche durante la costruzione dei supporti ceramici e per la partecipazione ad un congresso del settore.

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE**

**PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO**

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	1	16	18						<b>35</b>
<b>TOTALI</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>18</b>						<b>35</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Non si ravvisano difficoltà

**Mod. EC. 3**

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**PREVENTIVO GLOBALE PER L'ANNO 2001**

In ML

Struttura	A CARICO DELL' I.N.F.N.									A carico di altri Enti
	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp. e Facch.	Spese Calc.	Affitti e Manut. Appar.	Mater. inventar.	Costruz. appar.	TOTALE Compet.	
MILANO	1	16	18						35	0
<b>TOTALI</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>18</b>						<b>35</b>	<b>0</b>

NB. La colonna **A carico di altri Enti** deve essere compilata **obbligatoriamente**

Note:

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**A) ATTIVITA' SVOLTA NELL'ANNO 2000**

- Disegnate le maschere del rivelatore con front-end integrato (Primavera 1999)
- Prodotti i rivelatori con front-end integrato (Estate 1999-Primavera 2000)
- Realizzato l'amplificatore a transimpedenza integrato in tecnologia BiCMOS da associare al rivelatore con JFET integrato. (Autunno 1999)
- Caratterizzato sperimentalmente l'amplificatore a transimpedenza integrato in tecnologia BiCMOS (Primavera 2000)
- Caratterizzata la tecnologia di produzione del chip del rivelatore (Estate 2000)

(per un maggiore dettaglio dell'attivita' svolta nel 1999/2000 si veda l'ALLEGATO 2 in RATEX.pdf)

**B) ATTIVITA' PREVISTA PER L'ANNO 2001**

- Secondo semestre 2000 (terzo anno dell'esperimento):
  - Realizzazione ceramica alloggiamento rivelatore con elettronica integrata e chip preamplificatore di carica.
  - Approntamento apparato sperimentale per caratterizzazione sistema completo rivelatore + preamplificatore.
  - Misure sperimentali del funzionamento del sistema RATEX con sorgenti di  $^{55}\text{Fe}$ .
- Primo semestre 2001 (quarto anno dell'esperimento):
  - Realizzazione circuiti elettronici per prova comparativa
  - Montaggio macro-apparato contenente il sistema RATEX ed il sistema Source Follower per prove comparative.
  - Misure sperimentali comparative da effettuarsi in laboratorio con tubo per la generazione di raggi X.
- Secondo semestre 2001 (quarto anno dell'esperimento)
  - Eventuale test su fascio di luce di sincrotrone (obiettivo condizionato alla positivita' dei test precedenti).

(per un maggiore dettaglio si veda l'ALLEGATO 3 in RATEX.pdf - attivita' da svolgere e motivazione richiesta prolungamento)

**C) FINANZIAMENTI GLOBALI AVUTI NEGLI ANNI PRECEDENTI**

In ML

Anno Finanziario	Missioni interno	Missioni estero	Materiale di consumo	Trasp. e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e Manut. Apparec.	Materiale inventar.	Costruz. apparati	TOTALE
1997							20		20
1998	2	12	35						49
1999	2	5	23				20		50
2000	3	8	25						36
<b>TOTALE</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>83</b>				<b>40</b>		<b>155</b>

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**PREVISIONE DI SPESA**

**Piano finanziario globale di spesa**

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Materiale di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	1	16	18						<b>35</b>
<b>TOTALI</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>18</b>						<b>35</b>

Note:



Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)**

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Chiesa Marco	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	"Caratterizzazione sperimentale di un sistema integrato a preamplificatore di carica due chip per alti tassi di conteggio"
Relatore Sampietro Marco			
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Denominazione	mesi-uomo	SERVIZI TECNICI	
		Annotazioni	
INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)			
DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA		

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

<b>REFEREES DEL PROGETTO</b>	
Cognome e Nome	Argomento
Bilei Gianmario	

<b>MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001</b>	
Data completamento	Descrizione
4/30/2001	Montaggio del macro-apparato contenente il sistema RATEX ed il sistema Source Follower.
9/30/2001	Misure sperimentali comparative (risoluzione energetica e stabilita' di guadagno) tra i due sistemi.
12/30/2001	Test operativo con fascio di luce di sincrotrone (obiettivo condizionato alla positività dei risultati precedenti).

<b>COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE</b>
E' la prima realizzazione al mondo di un sistema integrato rivelatore + elettronica che realizzi un preamplificatore di carica, tale da consentire massima precisione e stabilita' nelle misure di spettroscopia X (migliori di quelle ottenibili con i sistemi esistenti con elettronica di front-end in configurazione Source Follower). Le competenze disponibili nel gruppo su questi argomenti sono allo stato dell'arte e riscontrabili solo in pochissimi altri centri di ricerca al mondo e sono certificati da una produzione scientifica di qualita'.

<b>LEADERSHIPS NEL PROGETTO</b>	
Cognome e Nome	Funzioni svolte
Sampietro Marco	Responsabile Nazionale

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Chisari Marco Laurea in Ing. Elettronica	"Integrato BiCMOS, a basso rumore e bassissima dissipazione, per elaborazione current-mode di impulsi in 20 ns", Febbraio 1999 - Politecnico di Milano	progettista NOKIA
Musazzi Massimiliano Laurea in Ing. Elettronica	"Front-end integrato su rivelatori al silicio per configurazioni a preamplificatore di carica", Aprile 1999 - Politecnico di Milano	progettista STMicroelectronics
Corradi Andrea Laurea in Ing. Elettronica	"Integrato BiCMOS low-power con allungatore di picco e discriminatore per spettrometria X e gamma ", Ottobre 1999 - Politecnico di Milano	progettista STMicroelectronics
Ferrario Matteo Laurea in Ing. Elettronica	"Caratterizzazione di dispositivi e di circuiti di lettura "on-chip" per spettroscopia X", Febbraio 1999 - Politecnico di Milano	
Cruciata Hermes Laurea in Ing. Elettronica	"Stadio a transimpedenza BiCMOS per camere a deriva con elettronica integrata.", Febbraio 2000 - Politecnico di Milano	collaborazione Politecnico
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Guazzoni Chiara Dott in Ing. Elettronica	"The Controlled-Drift Detector: a new X-ray imaging detector" - XII ciclo - Politecnico di Milano	assegnista di ricerca Politecnico di Milano
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

**SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO**

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

**CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA**

Data	Titolo	Luogo

**SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO**

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>MILESTONES RAGGIUNTE</b>	
<b>Data completamento</b>	<b>Descrizione</b>
3/1/2000	Funcionalita characterisation of the "amplifier chip" has been done.
7/1/2000	Test of "detector chip" with integrated front-end for charge amplifier connection has been done.
<p><b>Commento al conseguimento delle milestones</b>                      Si veda ALLEGATO 2 in RATEX.pdf - attivita' svolta nel 1999/2000.</p>	

<b>SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA</b>
<p>Sistema integrato a due chip (rivelatore a deriva ed elettronica in configurazione preamplificatore di carica) per misure di spettroscopia X ad elevata risoluzione energetica ed altissima stabilita' di guadagno.</p>

<b>Ricadute su altri gruppi, sul sistema industriale e su altre discipline</b>
<p>Il sistema integrato a due chip che risultera' da questo lavoro potra' venire usato, al termine del progetto, per altri esperimenti INFN. Ad esempio potra' essere impiegato quale sistema di rivelazione nell'esperimento SCIDRA per assicurare anche in questa applicazione una migliore stabilita' di guadagno e costanza di prestazioni nel tempo. Anche l'esperimento RIMAX potra' beneficiare del nuovo disegno del transistore di front-end.                      Continua la consolidata collaborazione con la ditta KETEK GmbH di Monaco di Baviera per lo sfruttamento del sistema RATEX.</p>

Codice	Esperimento	Gruppo
	RATEX	5

<b>Struttura</b>
<b>MILANO</b>

**Elenco delle pubblicazioni anno 1999/2000****PUBBLICAZIONI RIVISTE INTERNAZIONALI**

1. G.Bertuccio, L.Fasoli and M.Sampietro  
"MOSFET diode as a Feedback Reset Element on Charge Amplifiers"  
IEEE Trans. Nucl. Sci. 46, n.3 (1999) 757-760
2. G.Bertuccio, P.Gallina and M.Sampietro  
"The R-Lens Filter: an (RC)<sup>n</sup> current mode low pass filter"  
Electronics letters Vol.35, n.15 (1999) 1209
3. A.Fazzi, V.Varoli  
"Signal Shaping Optimizazion with 3He Tubes in High Rate Neutron Counting"  
IEEE Trans.Nucl.Sci. Vol.46 N.3 (1999), 342-347
4. C.Guazzoni, M.Sampietro and A.Fazzi  
"Detector embedded device for continuous reset of charge amplifiers: choice between bipolar and MOS transistor"  
Nucl. Instr. And Meth., A443 (2000) 447-450.
5. M.Sampietro, G.Bertuccio and L.Fasoli  
"Current Mirror Reset for low-power BiCMOS charge amplifiers  
Nucl. Instr. And Meth., A439 (2000) 373-377.
6. A.Fazzi, P.Rehak  
"Performance of an X-ray spectroscopic system based on a double-gate double-feedback charge preamplifier"  
Nucl. Instr. and Meth., A439 (2000) 391-402
7. M.Sampietro, L.Fasoli, E.Gatti, C.Guazzoni, A.Fazzi, P.Lechner, J.Kemmer, D.Hauf, L.Struder  
"Bipolar feedback transistor integrated on detector with JFET for continuous reset"  
Nucl. Instr. and Meth., A439 (2000) 368-372
8. C. Guazzoni, M.Sampietro, A. Fazzi, P.Lechner,  
"Embedded frontend for charge amplifier configuration with sub-threshold MOSFET continuous reset",  
accettato per la pubblicazione su IEEE Trans. Nucl. Science, Vol. 47, No. 4, August 2000.

**COMUNICAZIONI A CONGRESSO**

1. C.Guazzoni, A.Fazzi, P.Lechner, M.Sampietro  
"On-chip charge amplifier for high resolution, high count rate readout"  
11th Int. Workshop on room temperature semiconductor X- and gamma-ray detectors and associated electronics, Vienna (Austria) October 11-15, 1999
2. G.Bertuccio, P.Gallina, M.Sampietro, E.Caroli and W.Dusi  
"600mW/Channel, single supply, Integrated front end for CdTe/CdZnTe X and g ray detectors"  
SPIE's 44th Annual meeting conference proceedings , Denver Colorado USA, July 1999
3. A.Fazzi, G.U.Pignatell, G.F.Dalla Betta, M.Boscardin, V.Varoli, G.Verzellesi  
"Charge Preamplifier for Hole Collecting PIN Diode and Integrated Tetrode JFET"  
Proc. IEEE Nucl.Sci.Sympo. and MIC 1999, Seattle WA, USA, 26-30 Oct 1999
4. C.Guazzoni, M.Sampietro, A.Fazzi, P.Lechner  
"Low noise, high count rate charge preamplifier with detector embedded front-end transistor and continuous reset" Proc. IEEE Nucl.Sci.Sympo. and MIC 1999, Seattle WA, USA, 26-30 Oct 1999



## **Rivelatori per Alti Tassi di conteggio con Elettronica integrata per spettroscopia X di precisione**

### **RATEX**

La ricerca si propone di studiare e realizzare rivelatori al silicio con elettronica integrata in configurazione a preamplificatore di carica per spettroscopia X ad altissima risoluzione adatti ad esperimenti ad altissimo tasso di conteggio.

Lo scopo è quindi quello di estendere gli ottimi risultati già ottenuti con i rivelatori a deriva e nJFET integrato in configurazione Source Follower su sorgenti a basso rate (risoluzione di 12 elettroni rms alla temperatura di  $-20^{\circ}\text{C}$ ) a quegli esperimenti in cui i tassi di conteggio sono molto elevati ( $>10^5$  c/s per canale) mantenendo inalterata la risoluzione del sistema. Gli attuali rivelatori con la attuale elettronica integrata, infatti, non possono essere impiegati in situazioni sperimentali con tassi di conteggio così elevati se non a scapito di una forte perdita di risoluzione, a causa della attuale struttura dell'elettrodo di raccolta del segnale, della attuale configurazione circuitale integrata e del meccanismo di scarica impiegato. Queste stesse cause limitano anche la stabilità nel tempo delle prestazioni di risoluzione ed impongono la taratura energetica dell'attuale sistema.

La ricerca propone, come soluzione alternativa e migliorativa rispetto alla attuale, di transire alla più complicata configurazione a preamplificatore di carica. In particolare la ricerca si concentra sul progetto di un sistema integrato a due chip composto da:

- 1- il rivelatore su cui sia integrato il JFET di ingresso del circuito, la capacità di retroazione ed il dispositivo attivo di reset della carica;
- 2- un amplificatore integrato a transimpedenza che chiuda l'anello e polarizzi correttamente l'anodo del rivelatore.

Questi dispositivi devono potersi collegare in modo da realizzare, globalmente, un sistema a preamplificatore di carica ad elevatissima stabilità'.

### **Ambito in cui si colloca la ricerca**

L'interesse per sistemi di rivelazione che riescano a trattare eventi di radiazione X ad altissimo tasso di ripetizione è cresciuta in questi anni di pari passo con lo sviluppo di nuove generazioni di macchine di sincrotrone a sempre maggiore luminosità. Tali nuove macchine consentono di limitare la durata dell'esperimento e di accumulare in tempi brevi una statistica sufficientemente elevata per individuare righe spettrali a bassissima probabilità di occorrenza in presenza di altre righe di forte intensità. Queste ultime contribuiscono al tasso di conteggio del rivelatore perchè raccolte dallo stesso canale e sono, in determinate situazioni sperimentali, di intensità anche di parecchi ordini di grandezza maggiori del picco di fluorescenza di interesse. Sarebbe necessario, quindi, disporre di un ottimo rivelatore in grado di funzionare ad altissimo rate pur mantenendo elevata la risoluzione energetica al fine di selezionare a valle del rivelatore gli impulsi della riga in osservazione dalle code degli altri

picchi spettrali ad alta intensità che, comunque, devono essere processati. Condizione essenziale per questo è che il sistema di rivelazione fornisca un guadagno molto stabile affinché nel tempo non si sposti il picco di fluorescenza di interesse rispetto alla fissata finestra energetica entro la quale viene effettuato il conteggio.

### **Situazione da cui si è partiti.**

Il gruppo di Milano in questi ultimi anni ha lavorato, beneficiando di opportuni finanziamenti INFN, nello sviluppo di camere a deriva in silicio con elettronica integrata per applicazioni nel campo della spettroscopia X ad altissima risoluzione energetica, progettando e facendo realizzare nei laboratori del Max Planck Institut di Monaco (Germania) rivelatori a singolo canale e multicanali studiati per spettroscopia di fluorescenza X ed introdotti anche in un esperimento di prova con luce di sincrotrone al ESRF di Grenoble. L'alta risoluzione energetica necessaria in queste applicazioni è stata raggiunta grazie alla integrazione nel rivelatore, accanto all'elettrodo di raccolta del segnale, del primo transistor dello stadio di preamplificazione. In questo modo si è riusciti sia a mantenere piccola la capacità dell'anodo del rivelatore evitando che i collegamenti verso l'esterno si sommino con capacità parassite, sia a realizzare un transistor con una capacità di ingresso così piccola da adattarsi a quella del rivelatore (100fF). Entrambi questi interventi portano alla migliore risoluzione energetica possibile. Per l'elettronica integrata sul rivelatore, in analogia con quanto già fatto nel mondo sui rivelatori a CCD, era stata scelta la configurazione a Source Follower utilizzando un JFET a canale n. Questa scelta, dettata da esigenze di semplicità costruttiva e d'uso, ha consentito di raggiungere prestazioni record di risoluzione energetica (7.9 elettroni rms alla temperatura di -50°C con un tempo di formatura di circa 3µs). I rivelatori hanno mantenuto questa risoluzione fino a tassi di occorrenza degli impulsi di poco inferiori a  $10^5$  conteggi/s per canale. Per livelli superiori, tipici della nuova generazione di sincrotroni e per le esperienze in cui alcuni canali ricevono tassi di impulsi molto maggiori di altri, gli attuali rivelatori hanno mostrato una non accettabile perdita di risoluzione dovuta alla topologia dello stadio di ingresso e dei meccanismi per la rimozione della carica accumulata, nonché variazioni del guadagno nel tempo sempre imputabili alle citate cause.

La attuale ricerca del gruppo nell'ambito del progetto di ricerca RATEX verte sulla rimozione di queste limitazioni.

**Attività svolta nel 1999/2000.**

Durante il 1999 ed i primi mesi del 2000 sono stati affrontati i seguenti aspetti:

- **Disegnate le maschere del rivelatore con front-end integrato** (Primavera 1999)

E' stato terminato il progetto del chip del rivelatore con elettronica integrata. Esso ha comportato il disegno di differenti piccoli rivelatori a deriva a simmetria circolare nel cui centro e' integrato il JFET di segnale, la capacita' di feedback ed il dispositivo di reset. La soluzione adottata e' tale per cui il transistor di reset (sia esso il MOSFET o il BJT) e' strutturalmente immerso nel JFET di ingresso, spartendo con esso alcuni dei contatti (ad esempio il collettore/drain del BJT/MOSFET coincide con il gate del nJFET). In questo modo non viene occupato uno spazio maggiore di quello già destinato al JFET, non vengono aggiunte ulteriori capacità al nodo di anodo (e quindi non viene aumentato il rumore serie) e viene limitato il numero di collegamenti verso l'esterno. A causa della piccolissima corrente di polarizzazione proveniente dal rivelatore, il MOSFET di reset e' fatto funzionare sotto-soglia. Il vantaggio principale del MOSFET e' la minimizzazione dei transistori bipolari parassiti inevitabilmente presenti invece con il BJT. I disegni sono stati inviati alla Siemens per la fabbricazione delle maschere in primavera del 1999.

- **Prodotti i rivelatori con front-end integrato** (Estate 1999-primavera 2000)

La fabbricazione delle strutture di rivelatori con elettronica integrata è iniziata a inizio estate del 1999 e si è conclusa in marzo 2000. La realizzazione dei dispositivi è stata effettuata presso l'Halbleiterlabor del Max Plank Institute di Monaco di Baviera (Germania).

- **Realizzato l'amplificatore a transimpedenza integrato BiCMOS da associare al rivelatore con JFET integrato.** (Autunno 1999)

Questo circuito completa i dispositivi integrati sul rivelatore e realizza un preamplificatore di carica. Il circuito e' stato ottimizzato per il particolare impiego previsto e dispone di: 1) un ingresso cascode con regolatore di corrente per ottimizzare la polarizzazione del JFET integrato; 2) un carico attivo per ottenere la massima amplificazione di tensione; 3) due stadi a follower per comandare separatamente la retroazione in DC (transistore di reset) e quella in AC (capacità) ed adattare i valori in DC del preamplificatore a quelli richiesti dal sistema integrato sul rivelatore; 4) un circuito di polarizzazione indipendente dalla temperatura, in modo da assicurare il corretto funzionamento alle varie temperature di esercizio previste per il rivelatore (comprese tra -40°C e +30°C); 5) speciali dispositivi limitatori di tensione che consentono di alimentare il circuito integrato con 15V (necessari per rendere trascurabile il contributo di rumore aggiunto dall'amplificatore) nonostante che la tecnologia sia certificata per soli 5V. L'amplificatore a transimpedenza e' stato prodotto dalla ditta AMS (Austria) in tecnologia BiCMOS.

- **Caratterizzato sperimentalmente l'amplificatore BiCMOS** (Primavera 2000)

Inizialmente si è eseguita la caratterizzazione sperimentale dell'amplificatore in DC e al variare della temperatura. Tali misure hanno dimostrato il perfetto funzionamento del circuito. La caratterizzazione su segnale, in attesa dell'arrivo dei rivelatori, è stata effettuata riproducendo il sistema "JFET, Cf, Reset" con altrettanti componenti esterni opportunamente realizzati. Tutte le caratteristiche dinamiche del circuito sono state valutate e si sono rivelate perfettamente rispondenti alle specifiche. In particolare il tempo di salita, inferiore ai 20ns, permetterà l'uso del chip anche in applicazioni ben più veloci di quelle attualmente previste.

- **Caratterizzata la tecnologia di produzione del chip del rivelatore** (Primavera-Estate 2000)

La tecnologia di produzione dei chip del rivelatore è in corso di caratterizzazione sperimentale sia presso il Max Planck Institut di Monaco sia presso il Politecnico di Milano con particolare riguardo ai parametri tecnologici di interesse per il successivo *test* operativo (drogaggio, spessore substrato, densità di carica interfacciale tra ossido e silicio, resistività degli impianti superficiali e profondi). Le prime misure indicano che i vari processi tecnologici hanno portato a caratteristiche del rivelatore come da specifiche.

*Il sistema integrato a due chip che risulterà da questo lavoro potrà venire usato, al termine del progetto, per altri esperimenti INFN. Ad esempio potrà essere impiegato quale sistema di rivelazione nell'esperimento SCIDRA per assicurare anche in questa applicazione una migliorata stabilità di guadagno e costanza di prestazioni nel tempo. Anche l'esperimento RIMAX potrà beneficiare del nuovo disegno del transistor di front-end.*

**Attività prevista nel 2000/2001.**

**GIUSTIFICAZIONE DELLA RICHIESTA DI PROLUNGAMENTO DI UN ANNO DELL'ESPERIMENTO.**

L'esperimento RATEX è giunto al punto di avere realizzato il chip del rivelatore a deriva con elettronica di front-end integrata ed il congiunto chip dell'amplificatore a transimpedenza. Le misure sperimentali di entrambi questi chip hanno dimostrato che il loro funzionamento soddisfa in pieno le aspettative di progetto. Si è quindi pronti nell'autunno del 2000 a verificare le prestazioni del sistema completo costituito dai 2 chip accoppiati in un esperimento di spettroscopia X con sorgente radioattiva.

Quest'ultima misura potrebbe concludere l'esperimento RATEX e fornire le indicazioni sui miglioramenti ottenibili con un sistema integrato a preamplificatore di carica, come promesso all'atto della sottomissione del progetto 3 anni fa.

In aggiunta a ciò e d'accordo con i colleghi tedeschi con cui abbiamo a lungo analizzato i risultati fino ad ora ottenuti, avremmo pensato di concludere la ricerca con una ulteriore prova sperimentale di confronto diretto tra le prestazioni del sistema RATEX e quelle del sistema attuale basato sulla configurazione a Source Follower. Il confronto consisterebbe in una serie di misure effettuate contemporaneamente sui due sistemi, mantenuti nelle stesse condizioni di funzionamento. Si vuole in tal modo verificare sul campo e paragonare direttamente in un esperimento congiunto le migliori apportate dal sistema RATEX in termini di stabilità di amplificazione quando la polarizzazione del rivelatore o la temperatura di esercizio o il tasso di arrivo degli impulsi vengono variati contemporaneamente sui due sistemi.

Tale esperimento di confronto dovrà essere realizzato con un tubo a raggi X da laboratorio che consenta di raggiungere i tassi di conteggio richiesti, tipicamente di  $10^6$  impulsi al secondo. Tale tubo è già a disposizione della collaborazione nei laboratori del Max Plank di Monaco, dove i test ad alti rate sui sistemi esistenti sono fino ad ora stati realizzati.

Se tale esperimento dovesse effettivamente confermare tutti i vantaggi apportati dalla configurazione RATEX, si potrebbe concludere le prove con una seduta di misure direttamente effettuata su un fascio di luce di sincrotrone, dove effettivamente il sistema troverebbe naturale applicazione negli anni successivi.

A tale fine si intende richiedere il **prolungamento di un anno dell'esperimento RATEX.**

Sulla base delle considerazioni esposte sopra, il piano di lavoro per i successivi mesi prevederebbe:

- **Secondo semestre 2000 (terzo anno dell'esperimento)**
  1. Realizzazione della ceramica per alloggiare il chip del rivelatore con elettronica integrata ed il chip con il resto del preamplificatore di carica.
  2. Approntamento del delicato apparato sperimentale necessario per la caratterizzazione del sistema completo rivelatore + preamplificatore.
  3. Misure sperimentali del funzionamento del sistema RATEX con sorgenti di  $^{55}\text{Fe}$ .

- **Primo semestre 2001 (quarto anno dell'esperimento)**

1. Montaggio del macro-apparato contenente il sistema RATEX ed il sistema a Source Follower per le prove comparative.
2. Misure sperimentali comparative da effettuarsi in laboratorio con tubo per fascio X.

- **Secondo semestre 2001 (quarto anno dell'esperimento)**

1. Eventuale test operativo su un fascio di luce di sincrotrone. (obiettivo condizionato alla positivita' dei test precedenti).

Esperimento RATEX      ALLEGATO N° 4

**ELENCO DEI PARTECIPANTI ALL'ESPERIMENTO**

*Responsabile:*

**Marco SAMPIETRO**      Prof. Associato di Elettronica presso il Politecnico di Milano

*Componenti il gruppo:*

Emilio GATTI      Prof. Emerito del Politecnico di Milano

Giuseppe BERTUCCIO      Prof. Associato di Elettronica presso il Politecnico di Milano

Alberto FAZZI      Ricercatore presso il Politecnico di Milano

Chiara GUAZZONI      Assegnista di Ricerca presso il Politecnico di Milano

Sergio MASCI      Tecnico presso il Politecnico di Milano

Tempo effettivo previsto dedicato all'esperimento:

Marco SAMPIETRO	70 %
Emilio GATTI	30 %
Giuseppe BERTUCCIO	20 %
Alberto FAZZI	100 %
Chiara GUAZZONI	30 %
Sergio MASCI	20 %

*Altre istituzioni partecipanti:*

M.P.I. HALBLEITER LABOR, Monaco di Baviera (Germania)

BROOKHAVEN NAT. LAB., Upton (USA)

MAX-PLANCK-INSTITUT FUR KERNPHYSIK, Heidelberg (Germania)

DESY, Amburgo (Germania)

SINCROTRONE ELETTRA, Trieste

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res. naz

nuovo continua

**RATEX**

5

M. SAMPIETRO

Politecnico di  
...

continua

STR.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE	
MILANO	Personale													
	Ricercatori		5,0	Tecnologi			Tecnici			1,0	Servizi mesi uomo			
	FTE		2,5	FTE			FTE			0,2				
	<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>				<b>0,50</b>				<b>Ricercatori+Tecnologi</b>				<b>0,50</b>	
	RATEX	1		16	18									35
	di cui sj													
	Totali	1		16	18									35
di cui sj														
<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>				<b>14,00</b>										
<b>TOTALI</b>														
Totali	1		16	18									35	
di cui sj														
<b>Confronto con il modello EC4</b>														
Mod. EC4 dati	1		16	18									35	
Totali-Dati EC4														
<b>Personale</b>														
Ricercatori		5,0	Tecnologi			Tecnici			1,0	Servizi mesi uomo				
FTE		2,5	FTE			FTE			0,2					
<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>				<b>0,50</b>				<b>Ricercatori+Tecnologi</b>				<b>0,50</b>		
<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>				<b>14,00</b>										