







<b>Struttura</b>	<b>Gruppo</b>
<b>PERUGIA</b>	<b>5</b>

**PREVISIONE DELLE SPESE DI DOTAZIONE E GENERALI DI GRUPPO**

Dettaglio della previsione delle spese del Gruppo che non afferiscono ai singoli Esperimenti e per l'ampliamento della Dotazione di base del Gruppo

**In ML**

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI											
			Parziali	Totale Compet.										
Viaggi e Missioni	Interno	MISSIONI DEL COORDINATORE , CONFERENZE E SCUOLE	8	<b>8</b>										
	Eestero	CONFERENZE	16	<b>16</b>										
Materiale di Consumo		METABOLISMO DI GRUPPO COMPONENTI DI ELETTRONICA	20	<b>20</b>										
Spese Seminari		SEMINARI	2	<b>2</b>										
Trasporti e facch.														
Pubblicazioni Scientifiche			2	<b>2</b>										
Spese Calcolo		<table border="1"> <tr> <td>Consorzio</td> <td>Ore CPU</td> <td>Spazio Disco</td> <td>Cassette</td> <td>Altro</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro							
Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro										
Affitti e Manutenzione Apparecchiature (1)		PARTECIPAZIONE ALLA MANUTENZIONE DELLA STRUMENTAZIONE DELLA CAMERA PULITA: MACCHINA DI MISURA 3D MICROSALDATRICE AUTOMATICA PROBESTATION TEST SENSORI SILICIO	10	<b>10</b>										
Materiale Inventariabile		MODULI VARI DI ELETTRONICA	20	<b>20</b>										
<b>TOTALI</b>				<b>78</b>										

(1) Indicare tutte le macchine in manutenzione

<b>Struttura</b>	<b>Gruppo</b>
<b>PERUGIA</b>	<b>5</b>

## PREVISIONE DELLE SPESE PER LE RICERCHE

RIEPILOGO DELLE SPESE PREVISTE PER LE RICERCHE DEL GRUPPO

**In ML**

SIGLA ESPERIMENTO	SPESA PROPOSTA										
	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Spese Semin.	Trasp. e Facchin.	Pubbl. Scient.	Spese Calc.	Aff. e Manut. App.	Mater. Invent.	Costruz. Appar.	TOT. Compet.
A) MGR	10	10	5							80	<b>105</b>
<b>Totali A)</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>5</b>							<b>80</b>	<b>105</b>
B) DOSINE	2		3								5
VISIR	7		10						45		62
RAPS	10	15	48						16		89
<b>Totali B)</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>61</b>						<b>61</b>		<b>156</b>
C) Dotazioni di Gruppo	8	16	20	2		2		10	20		78
<b>Totali (A+B+C)</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>86</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>10</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>339</b>

# ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

Rappresentante Nazionale: G. Giannini

Struttura di appartenenza: TRIESTE

Posizione nell'I.N.F.N.: Inc. Ricerca

Ricercatore responsabile locale: Menichelli Mauro

<b>INFORMAZIONI GENERALI</b>	
<b>Linea di ricerca</b>	Tecniche radiografiche del terreno con raggi cosmici
<b>Laboratorio ove si raccolgono i dati</b>	
<b>Sigla dello esperimento assegnata dal Laboratorio</b>	
<b>Acceleratore usato</b>	Raggi cosmici
<b>Fascio (sigla e caratteristiche)</b>	Muoni cosmici
<b>Processo fisico studiato</b>	Assorbimento muoni da parte del terreno
<b>Apparato strumentale utilizzato</b>	Rivelatori a scintillatore
<b>Sezioni partecipanti all'esperimento</b>	Perugia, Trieste
<b>Istituzioni esterne all'Ente partecipanti</b>	Gruppo Speologico, (Trieste), Istituto di Lettere e Archeologia (Perugia)
<b>Durata esperimento</b>	2000-2002

**Mod. EC. 1**

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	Incontri con ditte e riunioni di collaborazione					10	<b>10</b>	
	Estero	Colloqui con ditte, conferenze					10	<b>10</b>	
Materiale Consumo	Cavi, connettori, schede interfaccia					5	<b>5</b>		
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile									
Costruzione Apparati	Costruzione sistema elettronico di lettura					70	<b>80</b>		
	Sistema bussola giroscopica					10			
<b>Totale</b>							<b>105</b>		
Note:									

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**ALLEGATO MODELLO EC 2**

L'esperimento MGR intende, nel corso dell'anno 2001, passare dalla fase di ricerca e sviluppo a quella di realizzazione quindi le richieste di costruzione apparati riguardano principalmente la costruzione dell'elettronica definitiva per l'esperimento e la sua successiva integrazione. La richiesta della bussola giroscopica è dovuta alla necessità di conoscere esattamente la posizione dell'apparato rispetto ad un sistema di riferimento esterno, non solidale con lo strumento che nella fase di inserimento del terreno può ruotare e perdere così l'orientazione originaria. La somma totale è di 105 ML cioè 25 ML in meno rispetto a quanto previsto; si intende richiedere tali fondi, che saranno dedicate alle spese per prove sul terreno durante l'anno 2002 con un addizionale contributo di missioni.



Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	10	10	5					80	<b>105</b>
2002	10	10	25						<b>45</b>
<b>TOTALI</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>30</b>					<b>80</b>	<b>150</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:  
 La previsione di spesa e l'attività prevista sono congrue con le disponibilità di personale e attrezzature.

**Mod. EC. 3**

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA**

N	RICERCATORI Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	TECNOLOGI Cognome e Nome	Qualifica			Percentuale	
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi		
		Ruolo	Art. 23	Ricerca	Assoc.					Ruolo	Art. 23	Ass. Tecnol.		
1	Alpat Behcet	Ric				2	20	1	Blasko Sandor	Tecn			20	
2	Battiston Roberto			P.O.		2	10							
3	Braconi Paolo				T.L.	5	80							
4	Di Masso Lucia				Ass.	5	60							
5	Kenny J.M.				P.A.	2	20							
6	Menichelli Mauro	Ric				2	20							
								Numero totale dei Tecnologi			<b>1,0</b>			
								Tecnologi Full Time Equivalent			<b>0,2</b>			
N	TECNICI Cognome e Nome	Qualifica				Percentuale								
		Dipendenti		Incarichi										
		Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica	Assoc. tecnica									
1	Chiocci Gianfranco				Univ.		10							
2	Mancinelli Massimo				Univ.		10							
3	Piluso Antonfranco				Univ.		10							
						Numero totale dei Ricercatori		<b>6,0</b>						
						Ricerca Full Time Equivalent		<b>2,1</b>						
						Numero totale dei Tecnici		<b>3,0</b>						
						Tecnici Full Time Equivalent		<b>0,3</b>						

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

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

<b>LAUREANDI</b> Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Mencuccetti Barbara Relatore Menichelli Mauro	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	Analisi della struttura del terreno mediante la misura dell'omogeneita' del flusso dei raggi cosmici nel sottosuolo (esperimento MGR )
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	<b>SERVIZI TECNICI</b> Annotazioni

**INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)**

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	MGR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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)

Nuovo Esperimento	Gruppo
DOSINE	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Rappresentante Nazionale:** Salvadori Paolo

Struttura di appartenenza: Perugia

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

Ricercatore responsabile locale: Salvadori Paolo

## PROGRAMMA DI RICERCA

### A) INFORMAZIONI GENERALI

<b>Linea di ricerca</b>	Dosimetria Neutronica
<b>Laboratorio ove si raccolgono i dati</b>	LENA, Univ.Pavia - Univ.Perugia - Univ.Palermo LNL, LNS
<b>Acceleratore usato</b>	TRIGA MARK II , Pavia - LINAC per Radioterapia ARNAS, Palermo- LINAC Saturno e Primus , Perugia
<b>Fascio (sigla e caratteristiche)</b>	Colonna termica $\phi_{Th} = 10^{13} - 10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ Fotoni 18 MV - elettroni 21 MeV - protoni 7-70 MeV
<b>Processo fisico studiato</b>	$^{10}\text{B} (n,\alpha) ^7\text{Li}$ - $^6\text{Li} (n,\alpha)^3\text{H}$ - Scattering n-p Scattering n-p su monomeri e polimeri
<b>Apparato strumentale utilizzato</b>	TLD - SSNTD - Microscopio a forza atomica e a lettura tridimensionale
<b>Sezioni partecipanti all'esperimento</b>	Perugia - Catania
<b>Istituzioni esterne all'Ente partecipanti</b>	LENA , Univ.Pavia Servizio di Fisica Sanitaria , ARNAS Palermo Regione dell'Umbria
<b>Durata esperimento</b>	2 Anni

### B) S C A L A D E I T E M P I : piano di svolgimento

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
2001	Realizzazione sistemi dosimetrici e prime misure
2002	Completamento misure e messa a punto definitiva dei sistemi dosimetrici

**Struttura**
**PERUGIA**
**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	Missioni a Palermo e a Pavia				2	<b>2</b>	
	Estero							
Materiale Consumo	Rivelatori				3	<b>3</b>		
Trasp.e facch.								
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro			
Affitti e manutenz. apparecchiat.								
Materiale Inventariabile								
Costruzione Apparati								
<b>Totale</b>							<b>5</b>	
Note:								

Nuovo Esperimento	Gruppo
Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**ALLEGATO MODELLO EN 2**

Il gruppo dispone, in sede , di tutta la strumentazione necessaria , grazie ai finanziamenti avuti sia dall'INFN per precedenti esperimenti, sia dal cofinanziamento Murst-Univ. di Perugia per un programma nazionale di caratterizzazione dosimetrica in chiusura nel 2000. Le richieste attuali all'INFN si limitano, quindi, a finanziamenti per missioni a Pavia, dove i dosimetri verranno esposti al reattore TRIGAMARK II , e a Palermo per la necessaria collaborazione con quel gruppo oltre che l'acquisto di TLD e di SSNTD. Alcune altre spese (postali, cancelleria,..) dovranno gravare sulle dotazioni di gruppo.



Nuovo Esperimento	Gruppo
DOSINE	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	2		3						<b>5</b>
2002	2		1						<b>3</b>
<b>TOTALI</b>	<b>4</b>		<b>4</b>						<b>8</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:  
 La previsione di spesa e l'attività prevista sono congrue con le disponibilità di personale e di attrezzature.  
 Si sottolinea che l'esperimento chiede una minima utilizzazione dei servizi tecnici.

**Mod. EN. 3**

(a cura del responsabile locale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
DOSINE	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	7	5	7						<b>19</b>
2002	6		3						<b>9</b>
<b>TOTALI</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>10</b>						<b>28</b>

Note:

Nuovo Esperimento	Gruppo
DOSINE	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

## **PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO**

V.ALLEGATO N. 1

Nuovo Esperimento	Gruppo
DOSINE	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO**



Codice	Esperimento	Gruppo
	Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

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

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	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	
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
	Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

### REFEREES DEL PROGETTO

Cognome e Nome	Argomento

### MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001

Data completamento	Descrizione
Giugno 2001	Realizzazione dosimetro ESR a stato solido arricchito con <sup>10</sup> B
Dicembre 2001	Analisi spettri ESR in dosimetri irradiati con neutroni. Analisi tridimensionale tracce in SSNTD

### COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE

Si tratta di complessi dosimetrici di nuova concezione e pertanto "unici" nel loro genere.

### LEADERSHIPS NEL PROGETTO

Cognome e Nome	Funzioni svolte
Salvadori Paolo	Coordinatore Nazionale e locale (Perugia)
Bartolotta Antonio	Coordinatore locale (Palermo)

Codice	Esperimento	Gruppo
	Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo



Codice	Esperimento	Gruppo
	Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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
	Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>MILESTONES RAGGIUNTE</b>	
<b>Data completamento</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Commento al conseguimento delle milestones</b>	

<b>SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA</b>

<b>Ricadute su altri gruppi, sul sistema industriale e su altre discipline</b>

Codice	Esperimento	Gruppo
	Dosine	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Elenco delle pubblicazioni anno 1999/2000**

Esperimento	Gruppo
DOSINE	5

**Struttura****PERUGIA****ALLEGATO 1**

## PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

## DOSINE

(Dosimetria neutronica in radioterapia e in radioprotezione)

## 1. Premessa

I neutroni, così come i fotoni, sono indirettamente ionizzanti, e pertanto la dose assorbita nel mezzo irradiato con un fascio di neutroni dipende dalla fluensa delle particelle cariche secondarie direttamente ionizzanti prodotte dalla interazione dei neutroni con i nuclei del mezzo; tale fluensa, e le caratteristiche energetiche delle particelle cariche, dipendono dalla fluensa e dalla energia dei neutroni, poiché da essa dipende in particolare la probabilità di interazione neutroni-mezzo. A differenza della radiazione elettromagnetica, le cui interazioni con il mezzo attraversato danno luogo sostanzialmente a elettroni e fotoni, i meccanismi di interazione neutroni-mezzo producono, oltre a fotoni di diversa energia, una grande varietà di nuclei di rinculo e di particelle cariche subatomiche, che depositano la loro energia nel mezzo in modi diversi.

La dosimetria dei neutroni presenta, dunque, maggiori problemi della dosimetria della radiazione elettromagnetica, in particolare perché:

- la probabilità di interazione dei neutroni con la materia dipende, molto più rispetto ai fotoni, dal numero atomico del materiale attraversato e dall'energia dei neutroni; l'equivalenza fra il materiale dosimetrico e il mezzo nel quale si vuole determinare la dose assorbita deve essere, dunque, molto più stretta (in particolare per quanto riguarda il contenuto di idrogeno);
- anche nella ipotesi di un fascio primario di soli neutroni, nel mezzo si è sempre in presenza di un campo di radiazione misto  $n, \gamma$ . E' dunque necessario, sia in radioterapia con neutroni, sia in radioprotezione, disporre di un sistema dosimetrico in grado di discriminare e misurare separatamente i diversi contributi alla dose dovuti ai due tipi di radiazione (fotoni e neutroni), in considerazione anche della loro diversa Efficacia Biologica Relativa (RBE).

Scopo del progetto DOSINE per il quale si richiede il finanziamento è di svolgere attività di ricerca sulla dosimetria per fasci di neutroni, e di sviluppare e mettere a punto nuovi sistemi dosimetrici a stato solido da impiegare a tale scopo.

## 2. Ricerca e sviluppo di dosimetri a stato solido per fasci di neutroni impiegati in radioterapia

Per gli scopi della radioterapia un dosimetro per neutroni deve avere caratteristiche specifiche, e, in particolare, tessuto equivalenza, dimensioni dell'ordine del  $\text{mm}^3$ , incertezza complessiva nelle misure di dose contenuta entro 3%, capacità di determinare sperimentalmente i contributi alla dose assorbita dovuti ai neutroni e ai fotoni gamma che li accompagnano.

Nell'ambito dell'esperimento DOGANE relativo alla Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) è già stato realizzato un sistema dosimetrico con le caratteristiche richiamate, attraverso l'accoppiamento di dosimetri a termoluminescenza (TLD) di  $^6\text{LiF}$  e di  $\text{BeO}$ . Tale sistema dosimetrico si è mostrato efficace (1) in un ampio intervallo di dose gamma equivalente (da  $40 \text{ mJ kg}^{-1}$  a  $30 \text{ J kg}^{-1}$  per neutroni, da  $10 \text{ mJ kg}^{-1}$  a  $20 \text{ J kg}^{-1}$  per fotoni gamma) con un'incertezza dell'ordine del 5%, e quindi leggermente superiore al valore richiesto del 3%, ma che è sembrata al momento adeguata, tenuto conto che la BNCT in Italia è ancora in una fase sperimentale iniziale. Tuttavia è importante nel prossimo futuro riuscire a raggiungere un'incertezza minore, ed è questo uno degli scopi che ci si prefigge con l'esperimento qui proposto, anche tramite lo sviluppo di un altro sistema dosimetrico a stato solido, basato sulla risonanza di spin elettronico (ESR)<sup>(2)</sup>, in collaborazione con il gruppo di ricerca in Fisica Medica dell'Università di Palermo, che possiede già esperienze in tale settore, utilizzando come rivelatore alanina o tartrato d'ammonio<sup>(3,4)</sup>. I dosimetri a stato solido realizzati sono in forma di cilindri di diametro 4.8 mm e spessore 1.0 mm, con massa volumica  $1.28 \text{ g cm}^{-3}$  e rapporto (Z/A) efficace 0.535 e quindi con proprietà simili al tessuto. L'incertezza complessiva nelle misure di dose assorbita per fasci di fotoni ed elettroni è compresa tra 3.5% e 5% nell'intervallo (2 - 50) Gy.

I dosimetri ESR sono poco sensibili ai neutroni termici impiegati nella BNCT in quanto l'energia in gioco non è sufficiente per rompere legami covalenti, e il numero di radicali liberi prodotti è molto basso, tale da non permettere la rivelazione di un segnale ESR di un dosimetro irradiato con neutroni. Un metodo per superare questo inconveniente è quello di legare all'alanina una molecola con atomi il cui nucleo abbia un'alta sezione d'urto per cattura di neutroni, come l'acido borico arricchito con  $^{10}\text{B}$ <sup>(5)</sup>: infatti, quando la miscela alanina-acido borico è irradiata con neutroni, le particelle cariche prodotte a seguito dell'interazione con il nucleo di  $^{10}\text{B}$ , collidendo con la molecola di alanina, inducono la formazione di radicali liberi. Per ottenere un'elevata probabilità di interazione tra queste e l'alanina, è necessario che l'alanina e l'acido borico facciano parte di un'unica entità chimica, cosa che si può ottenere preparando un addotto alanina-acido borico. Si ottiene così un dosimetro sensibile sia ai neutroni che naturalmente ai fotoni; per ricavare il contributo di dose dovuto solamente ai neutroni è necessario avere anche una misura della dose dovuta ai fotoni, cosa che può essere ottenuta irradiando contemporaneamente dosimetri ad alanina "convenzionali" e il sistema dosimetrico a termoluminescenza messo a punto dal gruppo di Perugia.

Nell'ambito del progetto verrà ottimizzata la procedura di preparazione dell'addotto, a partire dalla seguente ricetta: quantità equimolari di alanina e acido borico vengono dissolti in una soluzione acquosa di  $\text{NH}_4\text{OH}$  a pH 12; la soluzione viene agitata e portata ad una temperatura di circa  $100^\circ\text{C}$  fino a saturazione. Per allontanare completamente il solvente, tale soluzione viene posta in stufa a  $50^\circ\text{C}$  per circa 30 minuti. Il solido ottenuto, contenente l'addotto alanina-acido borico, viene purificato dalle frazioni di alanina e acido borico non reagiti per cristallizzazione da etanolo:  $\text{H}_2\text{O} = 80/20$ .

Si intende inoltre verificare la possibilità di realizzare anche dosimetri "tartrato d'ammonio - acido borico", in considerazione delle migliori prestazioni che i dosimetri a tartarato d'ammonio hanno mostrato rispetto a quelli con alanina per la dosimetria di fotoni ed elettroni.

L'esperimento verrà svolto anche con la collaborazione dei Laboratori Nazionale del Sud di Catania.

### 3. Ricerca e sviluppo di dosimetri a stato solido per neutroni in radioprotezione

Anche se l'incertezza di misura accettabile per un dosimetro per neutroni da utilizzare in radioprotezione è superiore a quella indispensabile in radioterapia (20% vs 3%), assai più stringenti sono in radioprotezione le richieste per quanto riguarda la sensibilità alle basse dosi e la necessità di valutare l'energia dei neutroni.

In radioprotezione, infatti, le dosi assorbite da misurare sono di diversi ordini di grandezza inferiori a quelle della radioterapia (dell'ordine del milligray). Inoltre, più che la dose assorbita, la grandezza di interesse in radioprotezione è la dose efficace E, definita come

$$E = \sum w_T \sum w_R D_{RT}$$

in cui  $D_{RT}$  è la dose assorbita nell'organo T per la radiazione di tipo R,  $w_R$  è il peso relativo della radiazione R e  $w_T$  è il peso che ha l'organo T, nel complesso degli organi irradiati, nel determinare il detrimento complessivo. È noto che i pesi  $w_R$  variano notevolmente con l'energia dei neutroni (1 - 20) ed è quindi indispensabile determinare con sufficiente accuratezza le diverse componenti in energia dei neutroni (termici, epidermici, veloci) eventualmente presenti (in radioterapia, invece, l'energia dei neutroni impiegati è sostanzialmente nota in partenza e non è quindi richiesto al dosimetro di valutarla).

Ci si propone di realizzare un sistema dosimetrico in grado di rispondere anche a neutroni veloci, di interesse sia in campo ambientale (es. voli supersonici), sia in campo medico; in quest'ultimo settore, in particolare, è da ricordare che gli acceleratori lineari per elettroni di energia superiore a 10 MeV possono produrre fotoneutroni, nella regione della risonanza gigante, la cui energia dipende dai materiali con cui il fascio primario interagisce; anche se la distribuzione in energia dei neutroni non è ben nota, tuttavia si sa che accanto ad alti flussi ( $10^{12} \text{ s}^{-1}$  sull'intero angolo solido) di neutroni veloci si hanno neutroni termici, a seguito della moderazione di neutroni veloci nei materiali di basso numero atomico presenti e nel paziente stesso.

Nell'esperimento proposto si intende mettere a punto un sistema dosimetrico che, oltre ai TLD, utilizzi anche un rivelatore di tracce (SSNTD) quale il CR-39; la recente disponibilità di un microscopio a forza atomica ad analisi tridimensionale (acquistato con i fondi di cofinanziamento MURST-Università di Perugia) consentirà un'analisi fine delle tracce prodotte nel CR-39 dai protoni di rinculo dei neutroni: si potrà così determinare con accuratezza l'energia dei protoni e da questa risalire a quella dei neutroni. In questo modo verrà portata a completamento la ricerca iniziata con l'esperimento MAKRON<sup>(6)</sup>.

Per quanto riguarda la dosimetria ESR, ci si propone di studiare la possibilità di aumentarne in modo significativo la sensibilità e la minima dose rivelabile (attualmente intorno al gray), tramite additivi chimici che consentano la stabilizzazione dei radicali liberi prodotti dalla radiazione nella molecola sensibile (alanina o tartrato d'ammonio).

### 4. Considerazioni finali

In conclusione, con l'esperimento proposto si intendono realizzare, nell'arco di due anni, sistemi dosimetrici a stato solido per campi misti neutroni - gamma da utilizzare, rispettivamente, in radioterapia e in radioprotezione.

Le persone coinvolte nell'esperimento hanno le competenze necessarie per la buona riuscita della collaborazione. Anche la strumentazione disponibile, sia nelle sedi di Palermo che di Perugia (grazie anche ai precedenti finanziamenti INFN e MURST), sia presso il LENA di Pavia e il LNS dell'INFN, è adeguata allo scopo.

Le richieste finanziarie all'INFN sono limitate, pertanto, a spese di missione e per acquisto di materiale di consumo (TLD, prodotti per i dosimetri ESR, ...).

### BIBLIOGRAFIA

- (1) M. Angelucci, R. Borio, S. Chiocchini, P. Degli Esposti, N. Forini, P. Salvadori: A multicomponent dosimetry system for neutron-gamma mixed field monitoring in BNCT. *Physica Medica* 15 (1999), 131-136.
- (2) ESR dosimetry and applications. Proceedings of the 4th International Symposium. München, Germany, 15-19 may 1995. *Appl. Radiat. Isot.* 47 (1996), 1151-1687.
- (3) A. Bartolotta, M. Brai, V. Caputo, V. De Caro, L. I. Giannola, R. Rap, G. Teri: ESR solid state dosimetry: behaviour of various amino-acids and blend preparation procedures. *Radiation Protection Dosimetry* 84 (1999), 293-296.
- (4) A. Bartolotta, M. Brai, V. De Caro, C. D'Oca, L. I. Giannola, G. Teri: ESR evaluation of stable free radicals produced by ionizing radiation in multifunctional substances. Application for absorbed dose measurements in radiotherapy. In "Nuclear and condensed matter physics", American Institute of Physics, (2000), 31-34.
- (5) Urena-Nunez et al.: An alanine-boron compound for thermal neutron fluence measurements. Part 1 Synthesis and development. *Appl. Radiat. Isot.*; 49 (1998), 1657-64.
- (6) M. Angelucci, R. Borio, R. Cherubini, N. Forini, G. Moschini, P. Salvadori: Setting up a dosimeter for neutrons detection (MAKRON Experiment), LNL-INFN (Rep.)-095/95, 250-251.

### Partecipanti all'esperimento

Palermo L. Barone Tonghi, Fisico Specialista, ARNAS Palermo  
A. Bartolotta, PA, Univ. Palermo e Sez. INFN Catania  
M. Brai, PA, Univ. Palermo e Sez. INFN Catania  
V. Caputo, Fisico Specialista, ARNAS Palermo  
C. D'Oca, Dottoranda Univ. Palermo

Pavia S. Manera, Coll. Tecn. LENA, Univ. Pavia

Perugia M. Angelucci, Coll. ARPA, Regione dell'Umbria  
R. Borio, Coord. Gen. Tecn., Univ. e Sez. INFN, Perugia  
S. Chiocchini, Coll. Tecn., Univ. e Sez. INFN, Perugia  
P. Degli Esposti, Tecn., Univ. e Sez. INFN, Perugia  
N. Forini, Funz. Tecn. Univ. e Sez. INFN, Perugia



Nuovo Esperimento	Gruppo
VISIR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Rappresentante Nazionale:** G. Carugno

Struttura di appartenenza: Padova

Posizione nell'I.N.F.N.: Ricercatore

Ricercatore responsabile locale: Battiston Roberto

**PROGRAMMA DI RICERCA**

**A) INFORMAZIONI GENERALI**

<b>Linea di ricerca</b>	Scintillazione Laser Amplificata
<b>Laboratorio ove si raccolgono i dati</b>	L.N.L.
<b>Acceleratore usato</b>	
<b>Fascio (sigla e caratteristiche)</b>	Protoni Gamma
<b>Processo fisico studiato</b>	Amplificazione di fotoni da un mezzo pompato otticamente
<b>Apparato strumentale utilizzato</b>	Laser turnable Criostato
<b>Sezioni partecipanti all'esperimento</b>	PV, PD, PG
<b>Istituzioni esterne all'Ente partecipanti</b>	Possibile collaborazione con svedesi e finlandesi
<b>Durata esperimento</b>	2 anni

**B) SCALA DEI TEMPI: piano di svolgimento**

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
2001	Ricerca del mezzo ottico, gas o solido a più alta resa
2002	Rivelazione e spettro da particelle ionizzanti

**Struttura**
**PERUGIA**
**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	Viaggi da Perugia a Legnaro e Firenze (LENS)					7	7	
	Estero								
Materiale Consumo	Cristalli di prova					3	10		
	Fototubo infrarosso					5			
	Filtri					2			
Traspe facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile	Pompa criogenica a ciclo di Sterling ( ~ 1 W a 4 K )					45	45		
Costruzione Apparati									
<b>Totale</b>							<b>62</b>		
Note:									



Nuovo Esperimento	Gruppo
VISIR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**ALLEGATO MODELLO EN 2****MISSIONE INFRAROSSA EMESSA DA ALCUNI MATERIALI SOTTOPOSTI AD IRRAGGIAMENTO.**

Il tema di ricerca relativo all'emissione infrarossa stimolata dal passaggio di particelle relativistiche nella materia, affronta problematiche a cavallo tra la struttura atomica della materia e le tecniche di rivelazione delle particelle proprie della fisica nucleare e subnucleare.

Il gruppo di ricercatori di VISIR a Perugia comprende entrambi i tipi di esperienza ed è quindi interessato ad approfondire gli aspetti di fisica atomica ma allo stesso tempo ad affrontare un tipo di applicazione avanzata che potrebbe portare allo sviluppo di tecniche di rivelazione di maggiore sensibilità, in particolare per particelle debolmente interagenti con la materia.

Nella fase iniziale l'attività di ricerca si concentrerà su materiali in stato gassoso, in particolare sui gas nobili mescolati con altri gas in grado di aumentare la scintillazione. Dopo uno studio in letteratura per determinare la composizione attuale di miscele adatte a questo scopo e comprendere i meccanismi della scintillazione infrarossa nei gas, l'attività si orienterà verso la realizzazione di un sistema di amplificazione laser, in grado di moltiplicare per fattori tra 10 e 1000 a seconda del gas, delle condizioni sperimentali e della tecnologia laser impiegata.

Ci riferiamo specificamente all'approccio sperimentale descritto da LINDBLOM e OLSSON in vari articoli agli inizi degli anni 90 (Ref.) in cui, il principio di funzionamento dell'amplificazione infrarossa via laser è stato verificato sperimentalmente.

In seguito si passerà a studiare il caso dei solidi, sempre con l'obiettivo di ottenere una emissione amplificata e spostata a frequenze più alte.

È stata concordata una collaborazione tra l'Università di Perugia ed il Laboratorio di ottica quantistica di Firenze LENS, da cui proviene uno dei partecipanti del gruppo di Perugia il Prof. Francesco Pavone, mirata a migliorare le tecniche laser in modo da raggiungere guadagni più elevati.

La collaborazione con il gruppo dei LNL permetterà invece di sviluppare ed ottimizzare questa tecnica con l'obiettivo della rivelazione di particelle elementari, basandosi sull'attività pluriennale del gruppo locale diretto dal dott. Carugno.

**Referenze**

Lindblom, T. Olsson and O. Solin, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A302 (1991) 113-1

Lindblom and T. Olsson, Physica Scripta Vol. 45, 578-583, 1992

G. Bianchini, P. Cancio, F. S. Pavone, F. Perrone, M. Brevielli and M. Inguscio. Appl. Physics B 66, 407 1998

F. S. Pavone, rivista de "Il nuovo Cimento", volume 19 N° 9 1-42, 1997

G. Bressi et al. Infrared Scintillation in liquid Ar and Xe sub. to NIM A

S. Belogurov et al. Cs (TI) Infrared scintillation light yield and spectrum sub. to NIM A

S. Belogurov et al. InGaAs photodiode as a ionizing particle detector sub. to NIM A

R. Battiston, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., A:409 (1998) 458 1/3, (543-559)

Nuovo Esperimento	Gruppo
VISIR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	7		10				45		<b>62</b>
2002	7		10						<b>17</b>
<b>TOTALI</b>	<b>14</b>		<b>20</b>				<b>45</b>		<b>79</b>

**Note:**

Si intende realizzare in Sezione un piccolo laboratorio criogenico in grado di studiare a bassa temperature l'emissione infrarossa condotta dal passaggio di particelle.

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

La previsione di spesa e l'attività prevista sono congrue con le disponibilità di personale e di attrezzature.  
Si sottolinea che l'esperimento chiede una piccola utilizzazione dei servizi tecnici.

**Mod. EN. 3**

(a cura del responsabile locale)



Codice	Esperimento	Gruppo
	VISIR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

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

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Armentano Ilaria Relatore R. Battiston F.Pavone	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	Studio della risposta dell'infrarosso di gas attraversati da particelle ionizzanti e del metodo di amplificazione via laser.
Santilli Paola Relatore	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	Studio della risposta dell'infrarosso di materiale solido attraversati da particelle ionizzanti e del metodo di amplificazione via laser.
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
	VISIR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	VISIR	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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)

Nuovo Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Rappresentante Nazionale:** Passeri Daniele

Struttura di appartenenza: Perugia

Posizione nell'I.N.F.N.: A ssociato

Ricercatore responsabile locale: Passeri Daniele

**PROGRAMMA DI RICERCA**

**A) INFORMAZIONI GENERALI**

<b>Linea di ricerca</b>	Sviluppo di rivelatori in silicio e relativa elettronica di lettura integrata in tecnologia CMOS standard
<b>Laboratorio ove si raccolgono i dati</b>	INFN Perugia, CERN Ginevra
<b>Acceleratore usato</b>	
<b>Fascio (sigla e caratteristiche)</b>	
<b>Processo fisico studiato</b>	
<b>Apparato strumentale utilizzato</b>	Strumenti di CAD Tecnologico Ambiente di sviluppo per circuiti integrati A/D
<b>Sezioni partecipanti all'esperimento</b>	Perugia
<b>Istituzioni esterne all'Ente partecipanti</b>	Università di Parma - Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (D.I.I.)
<b>Durata esperimento</b>	36 mesi

**B) S C A L A D E I T E M P I : piano di svolgimento**

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
Mesi 0 - 12	Ottimizzazione TCAD elemento sensibile Progetto chip I versione
Mesi 12 - 24	Collaudo chip I versione Studio elettronica di lettura e elaborazione
Mesi 24 -36	Progetto chip II versione Collaudo chip II versione Eventuale analisi di resistenza alla radiazione

**Struttura**
**PERUGIA**
**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	Interazioni personale ricercatore diverse sedi e partecipazione a convegni scientifici					10	<b>10</b>		
	Estero	Partecipazioni a convegni scientifici					15	<b>15</b>		
Materiale Consumo	Ambiente di sviluppo ISE TCAD					23	<b>48</b>			
	Licenza software CADENCE					3				
	Produzione chip I versione					15				
	Progetto e realizzazione test card					7				
Trasp.e facch.										
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro					
Affitti e manutenz. apparecchiati.										
Materiale Inventariabile	1 PC					6	<b>16</b>			
	1 Workstation SUN					10				
Costruzione Apparati										
<b>Totale</b>							<b>89</b>			
Note:										



Nuovo Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**ALLEGATO MODELLO EN 2**

Note al preventivo di spesa del primo anno:

L'esperimento proposto prevede una intensa attività di analisi e ottimizzazione di dispositivo, in particolare relativamente agli elementi sensibili alla radiazione. Tale attività sarà condotta utilizzando in parte lo strumento HFIELDS, sviluppato presso l'Università di Bologna e successivamente esteso alle applicazioni di interesse specifico presso l'Università di Perugia. Sarà tuttavia necessario integrare la dotazione di strumenti software per i seguenti motivi:

- necessità di capacità di simulazione tridimensionale, indispensabile per la valutazione della risposta di cluster di pixel interagenti;
- necessità di capacità di simulazione di processo, utili alla definizione di profili tecnologici accurati e realistici.

E' possibile identificare una soluzione soddisfacente ad entrambe le esigenze nel pacchetto integrato ISE TCAD, offerto al costo (ridotto per strutture accademiche di ricerca) di 23 ML (cfr. offerta allegata). Un vantaggio aggiuntivo di tale opzione è la possibilità di elaborazione su sistemi di calcolo personale, evitando il ricorso a più costose workstation Unix. Si prevede quindi di acquisire un Personal Computer, da dedicare, oltre alla funzione di stazione CAD, alle mansioni di license e software server, il cui costo è stimato in 6ML.

Per quanto invece riguarda la progettazione circuitale, si farà impiego di strumenti commerciali, acquisibili a costi ridotti tramite il consorzio Europractice: il costo di una licenza CADENCE è quindi di 3 ML (cfr. fattura allegata), mentre il costo della workstation SUN Solaris da dedicare allo scopo è stimabile in circa 10 ML (cfr. offerta allegata).

I costi di fabbricazione dei primi prototipi di chip in silicio, stimati per una tecnologia CMOS analogica da 0.35mm, e comprensivi di package e interconnessioni, possono essere contenuti, tramite il ricorso a MPW, in circa 15 ML. I costi connessi alla progettazione e realizzazione delle schede di collaudo dei chip, e di altro materiale necessario alla predisposizione del sistema di misura possono essere stimate in circa 5 ML.

Nuovo Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	10	15	48				16		<b>89</b>
2002	10	15	40				30		<b>95</b>
2003	10	15	20						<b>45</b>
<b>TOTALI</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>108</b>				<b>46</b>		<b>229</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:  
 La previsione di spesa e l'attività prevista sono congrue con le disponibilità di personale e di attrezzature.  
 Si sottolinea che l'esperimento chiede una minima utilizzazione dei servizi tecnici.

**Mod. EN. 3**

(a cura del responsabile locale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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	10	15	48				16		<b>89</b>
2002	10	15	40				30		<b>95</b>
2003	10	15	20						<b>45</b>
<b>TOTALI</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>108</b>				<b>46</b>		<b>229</b>

Note:

Nuovo Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

## **PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO**

Vedasi nota allegata

Nuovo Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO**



Codice	Esperimento	Gruppo
	RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

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

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Lucidi Stefano Relatore Daniele Passeri	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	Analisi e progetto di rivelatori di radiazione in tecnologia CMOS standard
Saltutti Stefano Relatore Daniele Passeri	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	Ottimizzazione e progetto dell'elettronica di lettura per sensori a matrice di pixel attivi
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
	RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

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

<b>MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001</b>	
Data completamento	Descrizione
30 settembre 2001	Ottimizzazione TCAD elemento sensibile
30 novembre 2001	Progetto chip I versione

<b>COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE</b>

<b>LEADERSHIPS NEL PROGETTO</b>	
Cognome e Nome	Funzioni svolte
Passeri Daniele	Responsabile locale e nazionale



Codice	Esperimento	Gruppo
	RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</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
	RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>MILESTONES RAGGIUNTE</b>	
<b>Data completamento</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Commento al conseguimento delle milestones</b>	

<b>SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA</b>

<b>Ricadute su altri gruppi, sul sistema industriale e su altre discipline</b>

Codice	Esperimento	Gruppo
	RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**Elenco delle pubblicazioni anno 1999/2000**

Esperimento	Gruppo
RAPS	5

<b>Struttura</b>
<b>PERUGIA</b>

**ALLEGATO 1**

## ALLEGATO ALLA PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

L'impiego di rivelatori di radiazione a stato solido in silicio, fabbricati secondo tecnologie microelettroniche, è ormai ampiamente diffuso nel contesto della fisica delle alte energie. Fra i numerosi vantaggi che l'adozione di dispositivi di tale genere comporta, rispetto alle soluzioni alternative disponibili, vale la pena di ricordare:

- l'elevata risoluzione spaziale, temporale e in energia
- la buona linearità
- l'elevata affidabilità e resistenza alla radiazione
- il basso rumore

L'introduzione dei sensori integrati in silicio ha consentito un significativo "salto di qualità" nella comprensione e nello studio dei fenomeni legati alle particelle subnucleari, associati allo sviluppo della nuova generazione di acceleratori a elevata luminosità di prossima attivazione.

Sono stati proposti diverse tipologie di sensori, in linea di principio tutti basati sullo stesso meccanismo fisico di trasduzione, che sfrutta la generazione di coppie elettrone-lacuna ad opera della radiazione incidente. Per migliorare il rapporto S/N, tale generazione viene indotta entro regioni svuotate di ampio volume, ciò che limita in qualche misura la densità degli elementi sensibili (giunzioni p-n polarizzate in regime inverso), e richiede l'applicazione di elevate tensioni di polarizzazione. Le varie classi di sensori utilizzate differiscono principalmente per la disposizione geometrica degli elementi sensibili (matrici di pixel o schiere di microstrisce), e per le tecniche di raccolta e lettura della carica generata (CCD, rivelatori a deriva). Nella quasi totalità dei casi, il processo di fabbricazione di tali dispositivi si discosta significativamente dalle tecnologie microelettroniche più diffuse (richiedendo, ad esempio, l'adozione di substrati ad alta resistività), rendendo quindi in genere problematica l'integrazione, sullo stesso chip, di circuiti elettronici attivi di lettura, condizionamento ed elaborazione del segnale.

Questo progetto si propone lo studio e lo sviluppo di sensori di radiazione fabbricati secondo una tecnologia CMOS standard. Sensori CMOS dedicati alla rivelazione nel visibile sono ormai in produzione industriale da tempo, e, grazie ad un più favorevole rapporto fra prestazioni e costi, hanno progressivamente sostituito le architetture CCD in numerose applicazioni; è ragionevole quindi studiare la possibilità di estendere l'impiego di dispositivi simili alla rivelazione di particelle cariche, eventualmente modificandone ed ottimizzandone la struttura in funzione delle specifiche operative e funzionali caratteristiche degli esperimenti di fisica delle alte energie.

I principi fondamentali di funzionamento di tale classe di sensori sfruttano ancora la generazione di carica all'interno di un substrato semiconduttore. La tecnologia CMOS, tuttavia, prevede la presenza di un substrato fortemente conduttivo (necessario alla prevenzione di fenomeni di latch-up), sul quale viene accresciuto epitassialmente uno strato di cristallo meno drogato (dello spessore di qualche micrometro), entro il quale sono realizzati i dispositivi attivi. In pratica, la sola regione utile alla rivelazione è contenuta entro tale sottile strato epitassiale: non è quindi più necessario svuotare ampi volumi, eliminando la necessità di elevate tensioni di polarizzazione. La riduzione della carica utile generata dalla radiazione, può essere invece compensata sfruttando meccanismi di amplificazione locale; tali meccanismi si basano su semplici circuiti attivi associati a ciascun pixel, compatibili con la tecnologia di fabbricazione, e in grado di assicurare buone prestazioni in termini di rumore [1].

I principali vantaggi che potrebbero derivare dall'adozione di sensori CMOS, rispetto alle tecnologie correntemente utilizzate, possono quindi essere così riassunti:

- trattandosi di tecnologie ad ampia diffusione commerciale, esse consentono maggiore economia di fabbricazione;
- per lo stesso motivo, tali tecnologie sono costantemente e rapidamente aggiornate verso maggiori densità di integrazione, con il conseguente potenziale incremento della risoluzione spaziale. E' ragionevole attendersi, dalle tecnologie correnti, risoluzioni nell'intorno del micron, da confrontarsi con le risoluzioni, maggiori di almeno un ordine di grandezza, tipiche dei sensori integrati attualmente utilizzati.
- E' possibile la contemporanea integrazione di elementi sensibili e di dispositivi attivi di buona qualità; inoltre, per questi ultimi e per una ampia varietà di celle funzionali integrate, sono di norma disponibili modelli e caratterizzazioni accurate. Ciò semplifica significativamente il progetto e l'implementazione di elettronica di controllo ed elaborazione di segnale.
- Inoltre, circuiti realizzati in tecnologie fortemente submicrometriche godono intrinsecamente di buone caratteristiche di resistenza alla radiazione [2,3,4,5].
- E' possibile realizzare sensori operanti a bassa tensione, con riduzione dei rischi di breakdown, basse correnti di perdita e basso consumo di potenza.
- Come sopra ricordato, anche a fronte di una minore estensione del volume sensibile, esistono prime indicazioni della possibilità di ottenere prestazioni di rumore ampiamente soddisfacenti: dalla letteratura scientifica [1] e dalle simulazioni condotte dal nostro gruppo, è possibile prevedere rapporti S/N superiori a 50.

In sintesi, ci si aspetta di potere integrare sensori dotati di maggiore risoluzione spaziale e di maggiore "intelligenza" locale. Una importante conferma di queste considerazioni viene da alcuni recenti studi di fattibilità [6] condotti presso i laboratori LEPSI di Strasbourg (F): in questo contesto, è stato progettato e realizzato un prototipo di chip CMOS e ne è stata valutata la funzionalità. Il prototipo realizzato sfrutta i risultati di un lavoro svolto presso il centro di ricerche microelettroniche IMEC (Leuven. Beldio) relativo a

rivelatori basati su pixel "attivi" (Active Pixel Sensors) per applicazioni nel visibile, che è stato esteso ad applicazioni di rivelazione di radiazione [7,8]. Pur trattandosi di una struttura ancora fondamentalmente dimostrativa, e pur non essendo stati ancora considerati numerosi aspetti di ottimizzazione relativi alla specifica applicazione, tali esperimenti hanno consentito di stimare rapporti S/N soddisfacenti (circa 40), incoraggiando quindi la ricerca in questa direzione. Altre analisi, volte alla valutazione delle prestazioni ottenibili tramite tecnologie più avanzate, sono state condotte, tramite strumenti di simulazione, dal gruppo che propone questo esperimento.

L'impiego di strumenti di CAD tecnologico (TCAD), in questo contesto, si rivela infatti di primaria importanza: la possibilità di valutare risposte e prestazioni in maniera virtuale riduce drasticamente tempi e costi associati allo sviluppo, alla realizzazione e alla misura di prototipi, orientando con sicurezza numerose scelte progettuali.

Gli studi di sensori CMOS, recentemente avviati dal gruppo proponente, riguardano la valutazione della sensibilità di tali dispositivi, in relazione a tecnologie avanzate di fabbricazione e ad alcuni parametri critici di progetto. Nelle simulazioni, sono state considerate strutture realistiche comprensive dell'elemento sensibile convenzionale (la giunzione fra una n-well e lo strato epitassiale di tipo p) e le tasche di tipo p destinate a contenere i transistori nMOS di controllo (un classico schema di lettura e amplificazione di carica è riportato in [1]). Sono stati considerati gli effettivi meccanismi di raccolta di carica simulando il passaggio di una particella attraverso la struttura. In particolare, è stato considerato il profilo di carica generato dalla particella incidente e la sua interazione con la complessa distribuzione di campo elettrico entro lo strato epitassiale che deriva dalla prossimità fra la giunzione sensibile e i transistori MOS utilizzati per l'amplificazione e per le logiche di precarica e di selezione. È stata valutata la quantità di carica raccolta come integrale della risposta in corrente al passaggio della particella, in funzione dello spessore dello strato epitassiale e per diverse traiettorie della particella, ottenendo stime confortanti anche per spessori di pochi micron. In particolare, considerando un tempo di lettura di 100 ns sono stati ottenuti valori di carica raccolta di 1748, 885 e 775 elettroni, rispettivamente per spessori dello strato epitassiale di 15, 5 e 2 micron. A questo proposito, va notato che la tecnologia da 0.6 micron utilizzata in [6] è caratterizzata da uno spessore dello strato epitassiale più elevato (12-16 micron), inusuale per altre tecnologie commerciali e difficilmente mantenibile per tecnologie ulteriormente scalate. Le simulazioni mostrano che la carica raccolta, anche per spessori di 2 micron, si mantiene ad un livello nettamente distinguibile dal rumore, prevedibile in una carica equivalente di qualche decina di elettroni [1]. Altre valutazioni hanno riguardato la stima dei tempi di raccolta di carica, e la dipendenza del segnale di uscita dalla posizione di incidenza della radiazione e dalla profondità della tasca n-well in cui è realizzato il fotodiodo. L'insieme dei risultati della indagine preliminare condotta conforta le tesi sopra esposte, e suggerisce la pianificazione di una attività articolata nei passi seguenti:

- 1) Ottimizzazione dell'elemento sensibile: completamento della fase di simulazione del "fotodiodo", e correlazione delle prestazioni ai parametri tecnologici tipici di tecnologie fortemente submicrometriche e ai relativi vincoli fondamentali di layout. Verranno, in particolare, considerate in questa fase tecnologie di fabbricazione da 0.35 micron, commercialmente accessibili tramite programmi di multi-project wafer.
- 2) Introduzione dell'elettronica attiva: analisi TCAD dell'interazione fra fotodiodo e transistori di lettura, volta ad analizzare gli effettivi meccanismi e le dinamiche di trasferimento di carica, alla valutazione delle correnti di perdita e delle altre componenti significative di rumore.
- 3) Analisi dell'interazione fra pixel: studio della distribuzione della carica generata fra elementi adiacenti, in funzione della posizione di incidenza della radiazione e dell'effettivo layout di dispositivi sensibili e dispositivi attivi.
- 4) Progetto di un primo chip prototipo: sulla scorta delle indicazioni ottenute dalle azioni precedenti, volte all'ottimizzazione del pixel attivo, si progetterà un primo prototipo, consistente in una matrice di dimensioni ridotte (128x128) di pixel, ciascuno dei quali caratterizzato da una dimensione inferiore ai 10 micron, e della circuiteria attiva necessaria alla gestione di lettura, indirizzamento e interfacciamento della matrice. In questa fase, si farà riferimento a soluzioni circuitali convenzionali: va tuttavia messo in evidenza che l'impiego di tecnologie relativamente avanzate impone comunque una azione piuttosto radicale di riprogettazione di blocchi eventualmente implementati in precedenza in tecnologie più rilassate; per esempio, lo scaling delle tensioni di alimentazione rappresenta un vincolo critico, in particolare per le applicazioni di nostro interesse. Verranno inoltre messe a punto le soluzioni e le attrezzature per il collaudo funzionale del chip (tramite una sorgente beta) presso i laboratori dell'INFN di Perugia ed eventuale successiva verifica delle prestazioni su fascio di test presso il CERN di Ginevra.
- 5) Ottimizzazione circuitali: nelle fasi precedenti, si è focalizzata l'attenzione sulle caratteristiche e sulle prestazioni degli elementi sensibili, ottimizzandone il progetto in funzione delle caratteristiche di tecnologie fortemente submicrometriche. Minore attenzione, invece, è stata dedicata alla circuiteria attiva, limitandosi a mutuare le soluzioni correntemente utilizzate per sensori attivi utilizzati per lo spettro visibile. Va tuttavia messo in evidenza che radicalmente diverse sono alcune problematiche associate ai due contesti, suggerendo quindi una attenta azione di riprogettazione della circuiteria di controllo e di condizionamento del segnale, al fine di sfruttare al meglio la maggiore capacità di elaborazione locale consentita dalla tecnologia CMOS. In particolare, nei sensori destinati ad applicazioni di "visible imaging" non è particolarmente critica la risoluzione spaziale, mentre maggiore importanza riveste il coefficiente di sfruttamento dell'area sensibile ("fill-factor"): poiché i dispositivi attivi (i transistori) e le interconnessioni metalliche risultano opache alla radiazione visibile, è necessario limitare strettamente (in numero e dimensioni) gli elementi attivi associati a ciascuna area sensibile. Tale vincolo è assai meno stringente nel presente contesto: grazie alle maggiori capacità di penetrazione delle particelle cariche, anche le regioni epitassiali sottostanti ai dispositivi attivi contribuiscono infatti alla generazione del segnale. Un secondo aspetto riguarda la qualità dell'informazione richiesta al dispositivo: l'intensità del segnale raccolto, infatti, è, nel caso del visibile, da correlarsi alla luminosità dell'immagine, ciò che rende, in linea di principio, necessaria una linea di lettura ed elaborazione analogica. Nel caso di specifico interesse, invece, l'energia associata alla radiazione incidente può essere considerata nota a priori, e dal confronto fra le intensità dei segnali raccolti da celle adiacenti può essere ricavata una più accurata informazione sulla posizione di incidenza della radiazione. Meno critiche, da questo punto di vista, possono essere inoltre considerate alcune componenti sistematiche di rumore e la conseguente necessità di introdurre circuiti di compensazione e calibrazione. A fronte di tali marcate differenze funzionali, sarà quindi utile investigare soluzioni circuitali alternative, volte a massimizzare la risoluzione spaziale della matrice di pixel ed i tempi di risposta della rete: è ragionevole ipotizzare che l'introduzione di maggiori capacità di elaborazione distribuita, associata alla contrazione geometrica dei dispositivi, consenta di concepire architetture capaci di risoluzioni inferiori di almeno un ordine di grandezza rispetto allo stato dell'arte per sensori convenzionali. Tale

maggiore ricchezza di informazione si rifletterà inoltre nella necessità di maggiore capacità di elaborazione delle reti di controllo e di ingresso/uscita, alle quali dovranno essere affidate la selezione e la compressione dell'informazione utile, al fine di contenere i requisiti di banda dei canali di comunicazione. In questa fase, quindi, saranno oggetto di indagine soluzioni circuitali ed architetturali potenzialmente innovative, sia al livello di singolo pixel attivo, sia al livello di reti di supervisione ed elaborazione "on chip". Si farà largo uso di strumenti di simulazione funzionale e circuitale, richiedendo quindi la messa a punto e la caratterizzazione di modelli atti a descrivere, in questi contesti, gli elementi sensibili alla radiazione. Nuovamente, il ricorso al TCAD sarà di rilevante utilità a questi fini.

6) Progetto chip di seconda generazione: da realizzarsi secondo le soluzioni architetturali individuate al punto precedente, e tramite le tecnologie prevedibilmente disponibili al momento (0.25/0.18 micron).

7) Resistenza alla radiazione: è inoltre da prevedersi uno studio della resistenza alla radiazione dei circuiti e dei dispositivi sviluppati. Tale studio verrà condotto in parte tramite simulazioni a livello fisico, utilizzando la accurata modellistica del danno da radiazione disponibile, e, parallelamente, tramite la misura sperimentale di campioni opportunamente irraggiati.

8) Collaudo del chip: a convalida delle soluzioni circuitali e dispositivivistiche adottate.

Dal punto di vista dell'articolazione temporale, è possibile definire alcune azioni, distribuite nell'arco di 36 mesi, secondo lo schema seguente:

- Ottimizzazione TCAD elemento sensibile            0 -> mese 9
- Progetto I chip mese 6 -> mese 12
- Collaudo I chip mese 15 -> mese 18
- Studio elettronica di lettura e elaborazione            mese 12 -> mese 24
- Progetto II chip mese 21 -> mese 27
- Collaudo II chip mese 30 -> mese 36
- Studio resistenza alla radiazione mese 24 -> mese 36

#### Qualificazione del gruppo proponente

Il gruppo è da tempo attivo nell'area dello studio, della realizzazione e della caratterizzazione di sensori integrati a semiconduttore. In particolare, nell'ambito dell'esperimento CMS, la sezione INFN di Perugia ha collaborato attivamente alla definizione delle specifiche del sistema di rivelazione di vertice; ha partecipato alle iniziative di ricerca e sviluppo dell'elettronica di lettura e controllo destinata al collegamento ottico fra rivelatori ed elaboratori remoti [9,10,11], e RD48 (ROSE), orientata allo studio del danno da radiazione. La sezione è dotata di laboratori elettronici attrezzati per la misura e la manipolazione di dispositivi microelettronici, e ha maturato esperienze significative nella caratterizzazione di dispositivi irraggiati. Presso l'Università di Perugia sono disponibili solide competenze nel settore della fisica e della modellistica di sensori integrati: in particolare, sono stati, nel tempo, sviluppati strumenti dedicati alla simulazione di sensori di radiazione [12], ed applicati alla analisi di numerose questioni di interesse relative ai sensori integrati a microstriscia, quali la stima delle principali componenti di rumore e l'efficienza di raccolta di carica [12], la resistenza al danno da radiazione [13], l'ottimizzazione di parametri geometrici e tecnologici [14,15]. Nell'ambito di CMS, tali strumenti hanno fornito un significativo supporto decisionale alle scelte strategiche riguardanti l'architettura di alcune classi di sensori, con particolare riferimento alla recente adozione di sensori dotati di contatti metallici aggettanti (overhanging metal strips), di substrati a bassa resistività e di sensori ad elevato pitch e spessore, da utilizzarsi negli strati esteriori del sistema di tracciamento all-silicon. Per quanto riguarda la progettazione di circuiti integrati, infine, consolidate competenze nel progetto di circuiti CMOS a segnale misto analogico-digitale, in tecnologie submicrometriche, sono disponibili presso l'Università di Parma [16,17,18].

#### Bibliografia

- 1] E. R. Fossum, "CMOS Image Sensors: Electronic Camera-On-A-Chip", IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 44, n.10, October 1997.
- 2] Marchioro et al., Total Dose behavior of submicron and deep submicron CMOS technologies, Third Workshop on Electronics for LHC Experiments, London, September 22-26, 1998.
- 3] M. De Laus, Radiation concern in state-of-the art processing technologies, in the IEEE NSREC Short Course note, Tucson, Arizona, 1994.
- 4] T. J. Sandres, CMOS hardness through process controls and optimized design procedure, IEEE Transaction Nuclear Science, Vol. NS-24, No. 6, Dec. 1977, 2051-2055.
- 5] Marchioro, Deep submicron technology for HEP, Fourth Workshop on Electronics for LHC Experiments, Rome, September 21-25, 1998
- 6] J.D. Brest et al., "A monolithic Active Pixel Sensor for Charged Particle Tracking and Imaging using Standard VLSI CMOS Technology," LEPSI-99-15, December 1999.
- 7] Dierickx, G. Meynants and D. Scheffer, "Near 100% fill factor CMOS active pixels," Proc. of IEEE CCD & AIS Workshop, Brugge, Belgium, 5-7 June 1997.
- 8] J. Bogaerts, B. Dierickx, "Total Dose Effects on CMOS Active Pixel Sensors", Proc. SPIE, Photonics West 2000, San Jose, 24 Jan 2000
- 9] A.Marchioro, P.Moreira, P.Placidi, A PLL-Delay ASIC for Clock Recovery and Trigger Distribution in the CMS tracker, in Third Workshop on Electronics for LHC Experiments, Londra, 21-25 Settembre 1997.
- 10] T. Toiff, P.Moreira, A.Marchioro, P.Placidi, Analysis of Parameter-Independent PLLs with Bang-Bang Phase-Detectors, Proc. Of LX98 5th International Conference on Electronics, Circuits and Systems, Lisbona, Portogallo, 7-10 Settembre 1998.
- 11] P. Placidi, A.Marchioro, P. Moreira, K. Kloukinas, A 40 MHz clock and trigger recovery circuit for the CMS cracker fabricated in a 0.25 micron CMOS technology and using a self calibration technique, Fifth Workshop on Electronics for LHC Experiments, Snowmass 20-24 September 1999.

- 12] Passeri, P. Ciampolini, M. Baroncini, G. Bilei, A. Santocchia, B. Checcucci, and E. Fiandrini, "Comprehensive Modeling of Silicon Microstrip Detectors," IEEE Trans. on Nuclear Science, vol. 44, pp. 598-605, June 1997
- 13] Passeri, M. Baroncini, P. Ciampolini, G. Bilei, A. Santocchia, B. Checcucci, and E. Fiandrini, "TCAD-Based Analysis of Radiation Hardness in Silicon Detectors," IEEE Trans. on Nuclear Science, vol. Vol. 45, No. 3, pp. 602-608, June 1998.
- 14] Passeri, P. Ciampolini, and G. Bilei, "A Comprehensive Analysis of Low-Resistivity Silicon Radiation Detectors," IEEE Trans. on Nuclear Science, vol. 46, No. 3, pp. 260-265, June 1999.
- 15] D. Passeri, P. Ciampolini, A. Scorzoni, and G. Bilei, "Physical modeling of silicon microstrip detectors: influence of the electrode geometry on critical electric fields," IEEE Trans. on Nuclear Science (to be published).
- 16] A. Boni-A, G. Chiorboli, C. Morandi, "Dynamic characterisation of high-speed latching comparators", Electronics Letters, vol.36, no.5, 2 March 2000. p.402-4.
- 17] A. Boni, C. Morandi, S. Padoan, "A 2.5-V BiCMOS comparator with current-mode interpolation", IEEE Journal of Solid State Circuits, vol.34, no.6, June 1999, p.892-7.
- 18] A. Boni, C. Morandi, "High-speed, low-power BiCMOS comparator using a pMOS variable load", IEEE Journal of Solid State Circuits, vol.33, no.1, Jan. 1998, p.143-6.

Elenco delle pubblicazioni degli ultimi anni, inerenti alle tematiche della proposta:

- A. Marchioro, P. Moreira, P. Placidi, A PLL-Delay ASIC for Clock Recovery and Trigger Distribution in the CMS tracker, in Third Workshop on Electronics for LHC Experiments, Londra, 21-25 Settembre 1997.
- D. Passeri, L. Alessandrini, P. Ciampolini, G. Bilei, A. Paccagnella, D. Bisello, and N. Bacchetta, "Numerical Modeling of Radiation Damage of Si Detectors," in 3rd ROSE Workshop on Radiation Hardening of Silicon Detector, (Hamburg, Germany), DESY, Feb. 1998.
- CMS Collaboration, "CMS Technical Design Report," tech. rep., CERN, Ginevra, Switzerland, May 1998.
- D. Passeri, M. Baroncini, P. Ciampolini, G. Bilei, A. Santocchia, B. Checcucci, and E. Fiandrini, "TCAD-Based Analysis of Radiation Hardness in Silicon Detectors," IEEE Trans. on Nuclear Science, vol. Vol. 45, No. 3, pp. 602-608, June 1998.
- D. Passeri, P. Ciampolini, and G. Bilei, "A numerical study on radiation hardness of low-resistivity Si-microstrip detectors," in IEEE Nuclear Science Symposium 98 (NSS 98) Conference Records, (Toronto, CA), 8-14, 1998.
- D. Passeri, G. Bilei, and P. Ciampolini, "Charge Collection Analysis of Low-Resistivity Si-Microstrip Detectors," in 4th ROSE Workshop on Radiation Hardening of Silicon Detector, (Geneve, CH), Dec. 1998.
- T. Toifl, P. Moreira, A. Marchioro, P. Placidi, Analysis of Parameter-Independent PLLs with Bang-Bang Phase-Detectors, Proc. Of LX98 5th International Conference on Electronics, Circuits and Systems, Lisbona, Portogallo, 7-10 Settembre 1998.
- D. Passeri, P. Ciampolini, and G. Bilei, "A CAD investigation of depletion mechanisms in irradiated silicon microstrip detectors," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. A 426, no. 1, pp. 131-134, 1999
- D. Passeri, P. Ciampolini, G. Bilei, and A. Santocchia, "2D Numerical Modeling of Si Microstrip Detectors under Heavy Radiation-Damage Conditions," Il Nuovo Cimento, vol. 112, no. 2, pp. 35-42.
- D. Passeri, P. Ciampolini, G. Bilei, G. Casse, and F. Lemeilleur, "Analysis of the transient response of led-illuminated diodes under heavy-radiation damage," in Proc. of 1st European Network on Defects Engineering of Advanced Semiconductor Devices (ENDEASD) Workshop (C. Claeys, ed.), (Santorini, Greece), pp. 110-118, Apr. 1999.
- D. Passeri, P. Ciampolini, and G. Bilei, "A Comprehensive Analysis of Low-Resistivity Silicon Radiation Detectors," IEEE Trans. on Nuclear Science, vol. 46, No. 3, pp. 260-265, June 1999.
- D. Passeri, G.M. Bilei, and P. Ciampolini, "TCAD optimization of charge-collection efficiency in silicon microstrip detectors," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. A439, January 11, 2000.
- M.M. Angarano, G.M. Bilei, P. Ciampolini, M. Giorgi, A. Mihul, O. Militaru, D. Passeri, A. Scorzoni, "Characterization of neutron irradiated, low-resistivity silicon detectors," in 5th International conference on position sensitive detectors (PSD 99), (London, United Kingdom), Sept. 1999.
- P. Placidi, A. Marchioro, P. Moreira, K. Kloukinas, A 40 MHz clock and trigger recovery circuit for the CMS tracker fabricated in a 0.25 micron CMOS technology and using a self calibration technique, Fifth Workshop on Electronics for LHC Experiments, Snowmass 20-24 September 1999.
- D. Passeri, P. Ciampolini, A. Scorzoni, F. Moscatelli, and G. Bilei, "Modeling of critical electric field within irradiated Si-microstrip detectors," in IEEE Nuclear Science Symposium 99 (NSS 99) Conference Records, (Seattle, WA), 24-30, 1999.
- D. Passeri, P. Ciampolini, G. Bilei, G. Casse, and F. Lemeilleur, "Analysis of the transient response of led-illuminated diodes under heavy-radiation damage," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 1999 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. A 443, no. 1, pp. 148-155, 2000
- D. Passeri, P. Ciampolini, A. Scorzoni, and G. Bilei, "Physical modeling of silicon microstrip detectors: influence of the electrode geometry on critical electric fields