



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA



**Misura sulla sfera diffusiva
(attenuazione, allargamento dell'impulso temporale, uniformita')
misure preliminari su un distributore alternativo**

C. Ferrari

*National Research Council of Italy (C.N.R.), National Institute of Optics (I.N.O.) – UOS
Pisa, Via G. Moruzzi 1, 56124 Pisa (Italy).*

Report Attività Italiana GMINUS2 – Maggio 2014

Sommario:

A) Caratterizzazione della sfera integratrice

- 1) Risposta temporale;
- 2) Coefficiente di trasmissione della sfera in combinazione con un bundle di fibre ottiche;
- 3) Stabilità del sistema sfera+bundle in funzione del tempo;
- 4) Mappatura della uniformità di illuminazione.

B) Sistema di distribuzione con diffusori

- 5) Misure preliminari sul sistema di distribuzione con diffusori

1. Risposta temporale di una sfera integratrice

La risposta ad un impulso di luce alla porta di uscita della sfera è di tipo esponenziale, con una costante tempo data da:

$$\tau = -\frac{2D}{3c} \frac{1}{\ln(\langle \rho \rangle)}$$

Dove $\langle \rho \rangle$ = riflettività media della superficie, c = velocità della luce, D = diametro della sfera.

Risposta temporale: setup sperimentale

Laser:

Ti-sapphire laser pulsed laser (wavelength 400 nm) with pulse duration of < 300 fs and pulse energy ~ 1 mJ.

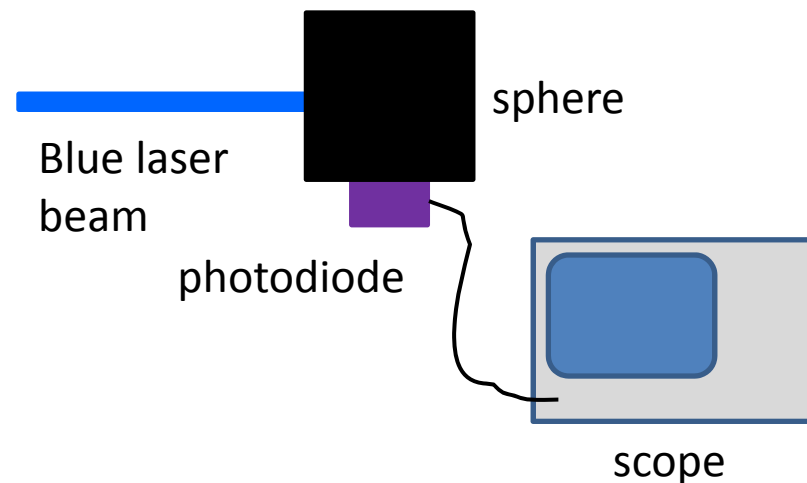
Detector:

photodiodes Hamamatsu, model S5973-02, which has high sensitivity in the UV region (0.3 A/W, QE = 91% at $\lambda = 410$ nm) and a bandwidth of 1.5 GHz. Without amplification.

Setup:

2 inch sphere, mod. IS200, Thorlabs

Oscilloscope LeCroy Wavesurfer, 500 MHz bandwidth

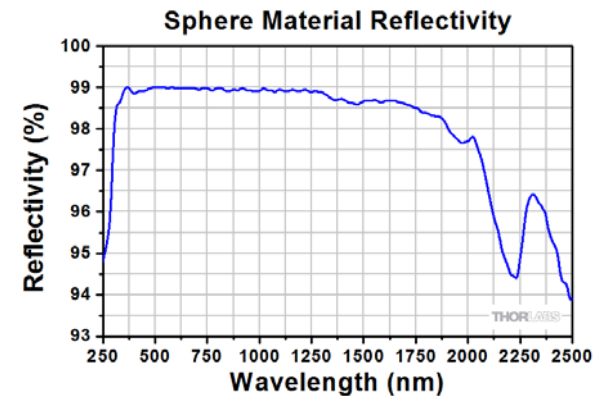
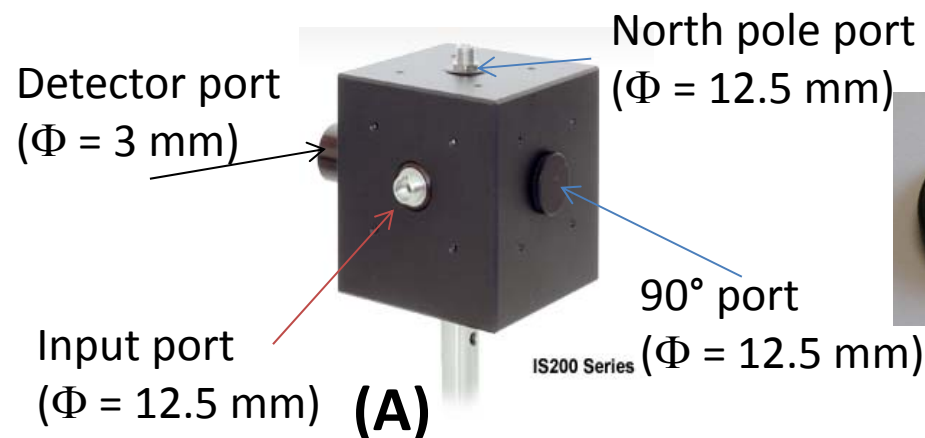


Risposta temporale: condizioni

La risposta temporale della sfera è stata misurata in due diverse condizioni sperimentali:

- Con tutte le porte da 1/2" chiuse (con eccezione della porta di ingresso del laser e la porta del detector, entrambe di diametro 3 mm);
- con due porte da 1/2" aperte in più.

Le due condizioni hanno differenti riflettività medie e quindi devono fornire due differenti tempi caratteristici.

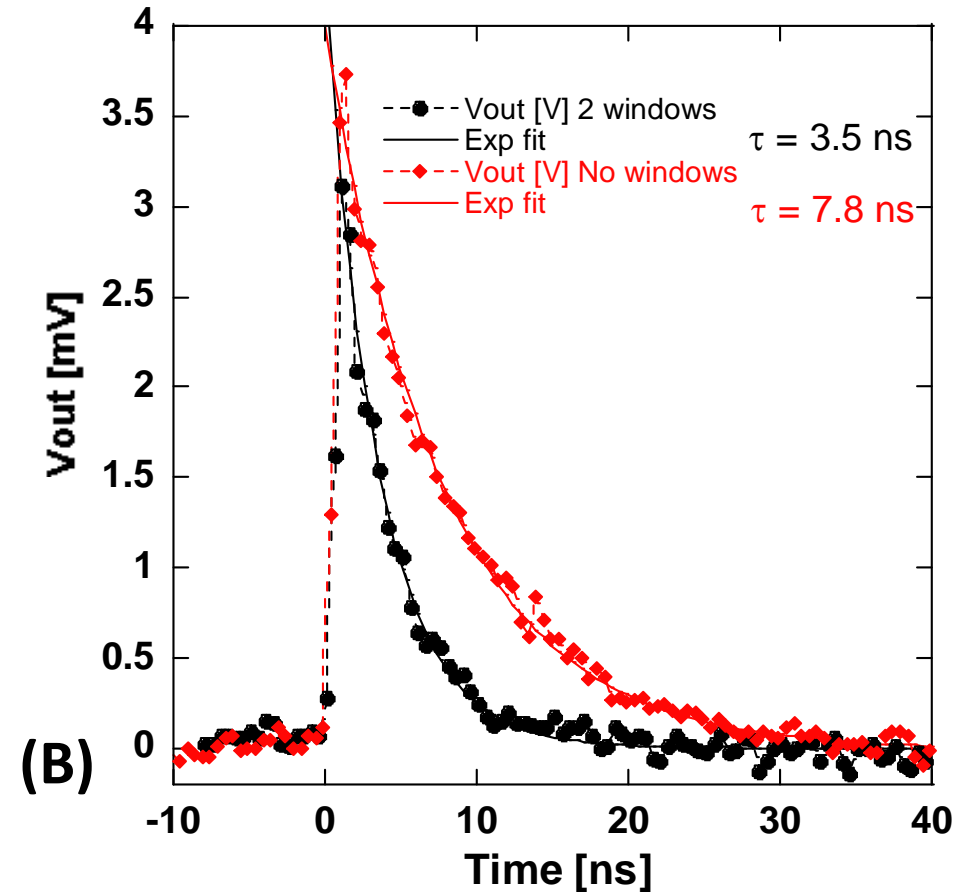
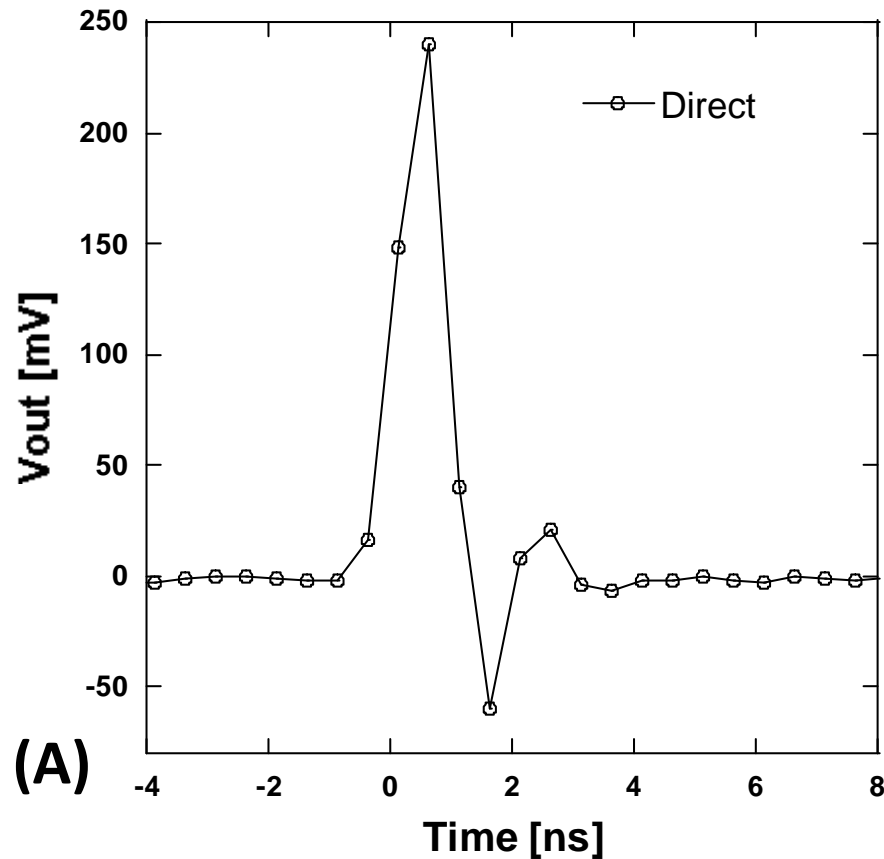


(A)

(B)

(C)

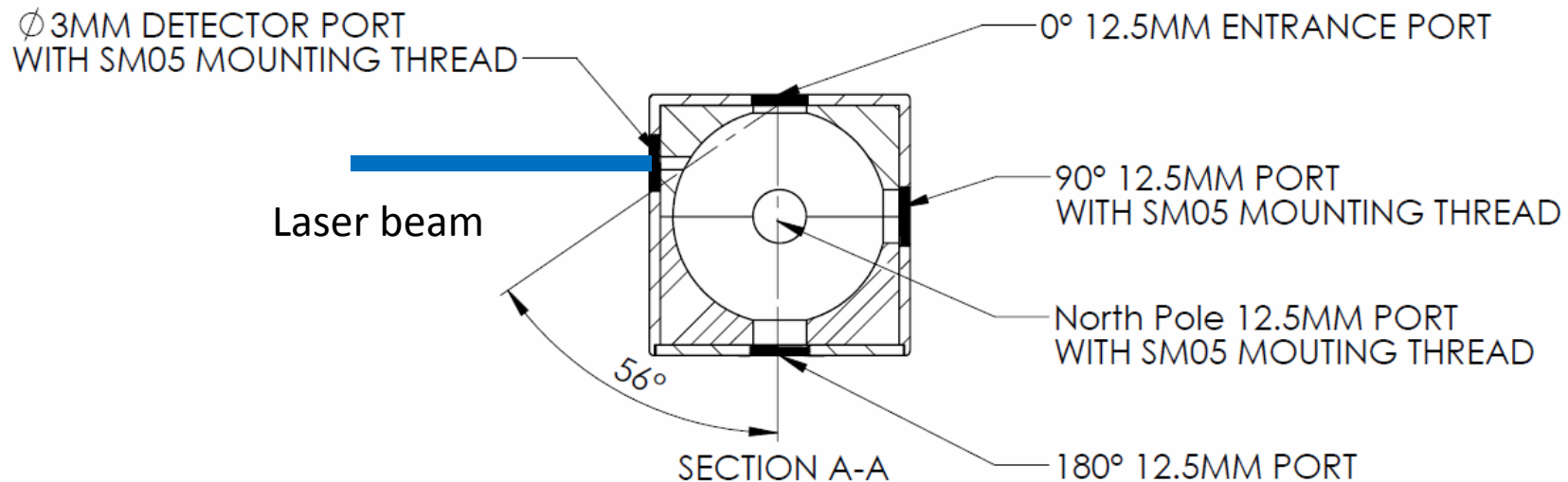
Risposta temporale: risultati



Conditioni	S_{open} (mm ²)	$\langle \rho \rangle$	τ_{th} (ns)	$\tau_{experim}$ (ns)
no ½" ports	14.1	0.985 ± 0.005	7.5 ± 2	7.8 ± 0.3
2 ½" ports	267.4	0.954 ± 0.003	2.4 ± 1	3.6 ± 0.3

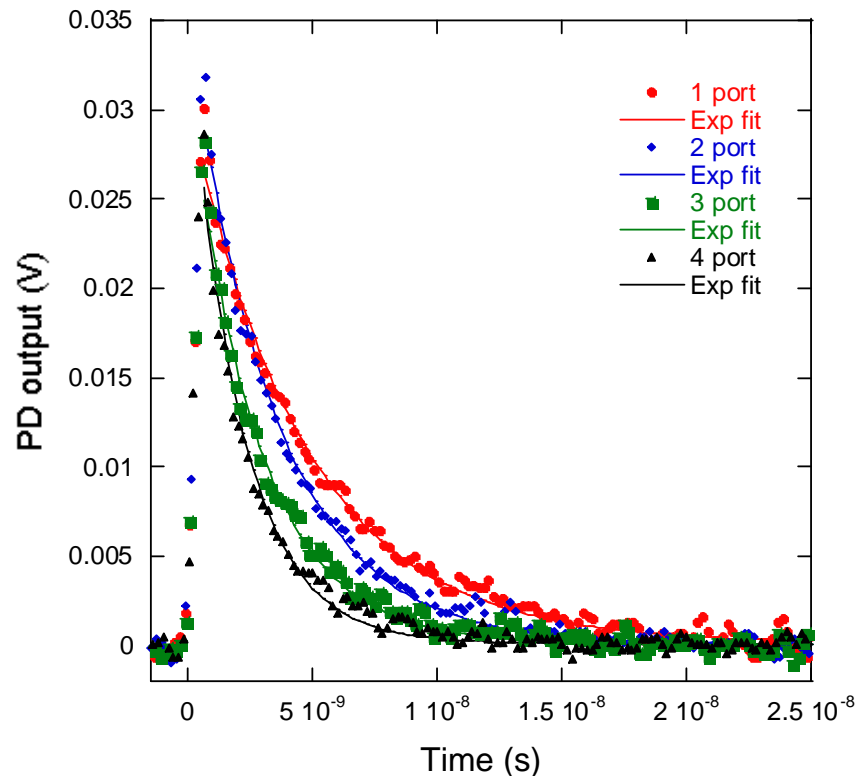
Risposta temporale: commenti

- Aprendo 3 porte della sfera ci aspettiamo un decadimento esponenziale con costante tempo ridotta a 2 ns ($\langle\rho\rangle = 0.94$)
- Aprendo 4 porte della sfera ci aspettiamo un decadimento esponenziale con costante tempo ridotta a 1.5 ns ($\langle\rho\rangle = 0.92$)



- Riducendo il diametro della sfera ad 1 pollice la costante tempo dovrebbe ridursi ulteriormente

Risposta temporale: ulteriori misure



$$y = m1 + m2 * \exp(- (M0-m3)/m...)$$

	Value	Error
m1	0.00013643	4.5773e-05
m2	0.03416	3926.3
m3	-5.3e-10	0.00053185
m4	4.6271e-09	6.0804e-11
Chisq	5.7016e-05	NA
R	0.99572	NA

$$y = m1 + m2 * \exp(- (M0-m3)/m...)$$

	Value	Error
m1	3.0339e-05	4.2003e-05
m2	0.040793	4647.3
m3	-5.4985e-10	0.00039926
m4	3.5045e-09	4.6284e-11
Chisq	5.6473e-05	NA
R	0.99552	NA

$$y = m1 + m2 * \exp(- (M0-m3)/m...)$$

	Value	Error
m1	8.4613e-05	4.2016e-05
m2	0.041674	10882
m3	-7.4952e-10	0.00071505
m4	2.7381e-09	4.736e-11
Chisq	6.2322e-05	NA
R	0.99223	NA

$$y = m1 + m2 * \exp(- (M0-m3)/m...)$$

	Value	Error
m1	0.00010097	3.9843e-05
m2	0.04676	15072
m3	-6.4938e-10	0.00067111
m4	2.0819e-09	3.8339e-11
Chisq	6.052e-05	NA
R	0.99113	NA

- Con 4 porte aperte (+ porta detector per ingresso laser) la costante tempo sperimentale scende a 2.1 ns

2.1) Coeff di trasmissione – laser continuo

Fiber bundle:

quartz, 60 fibers, 0.2 mm diameter

Laser:

Nd:YAG, Wavelength $\lambda = 532$ nm, $P_{\max} = 7$ W (CW)

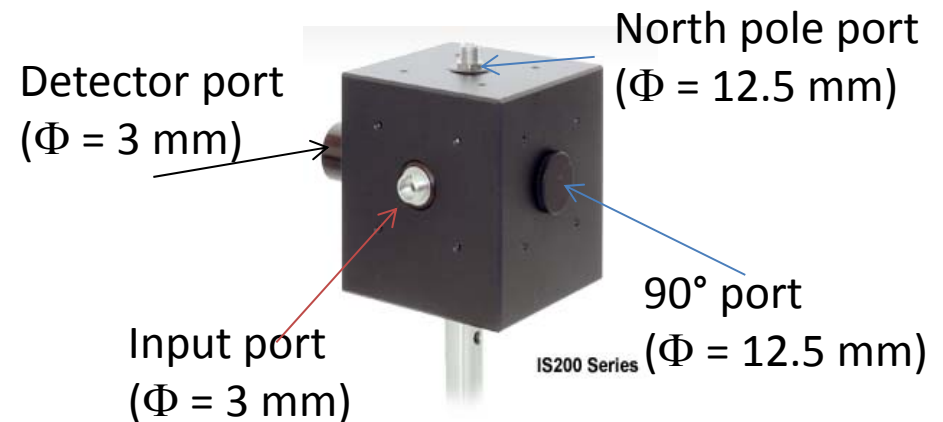
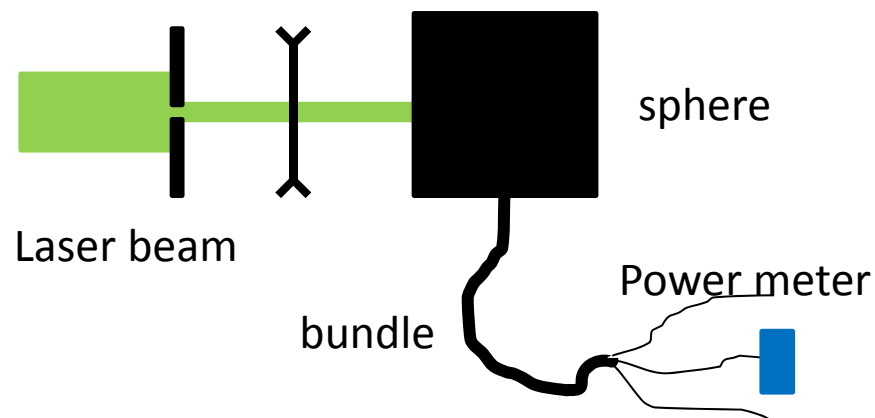
model: Coherent VERDI

Detector:

Power meter Coherent, model: fieldmaster

Set-up:

$P_{\text{in}} = 150 \pm 2$ mW, pinhole, lens ($f = 10$ mm)

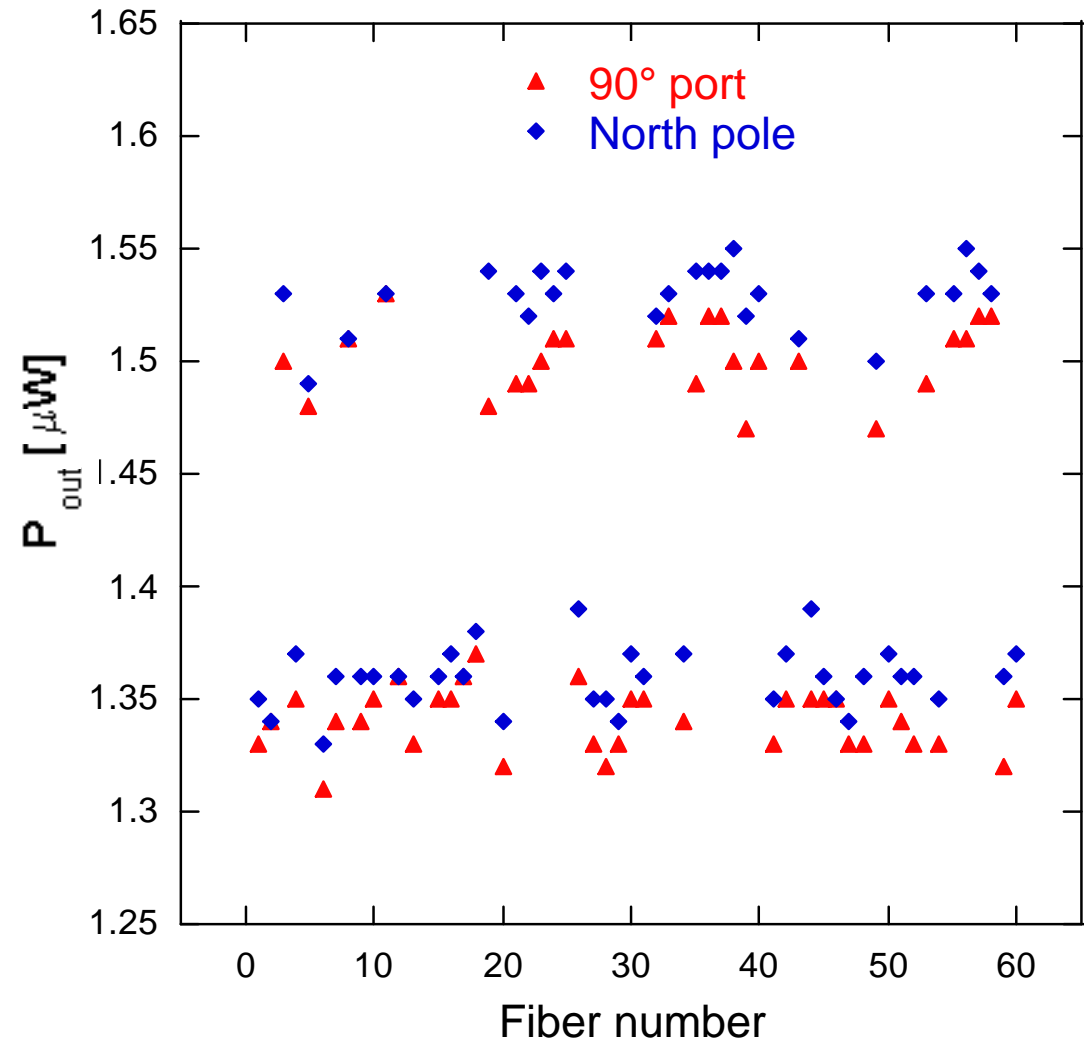


Coeff di trasmissione - risultati

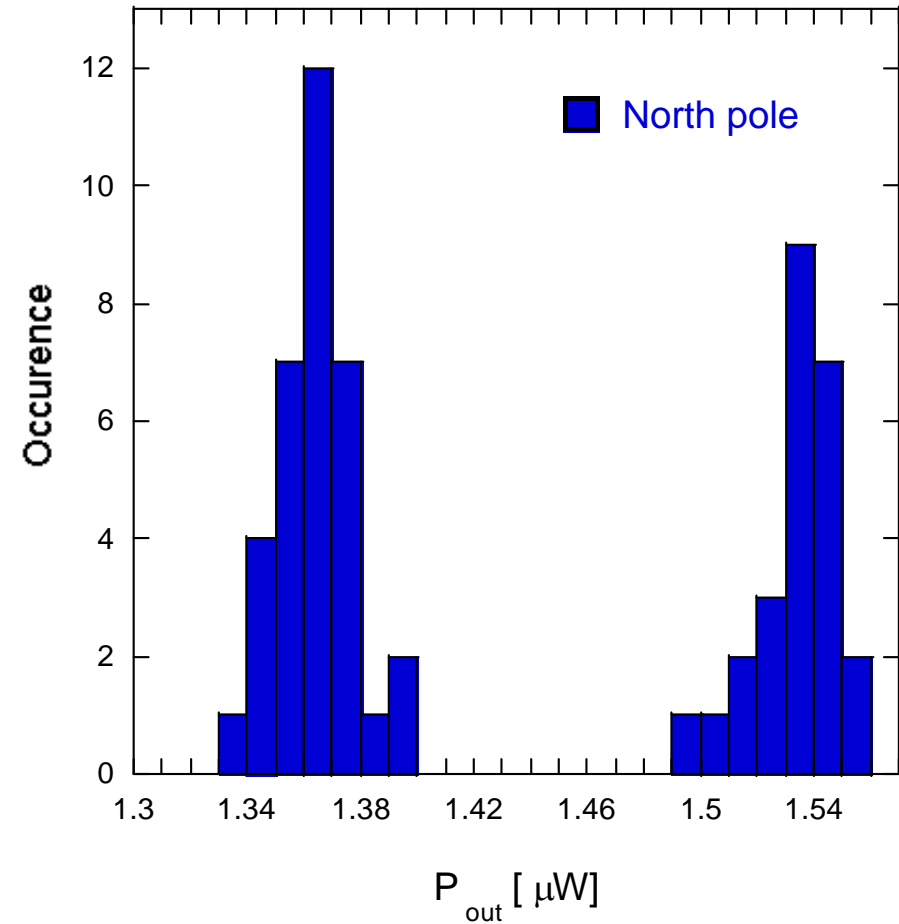
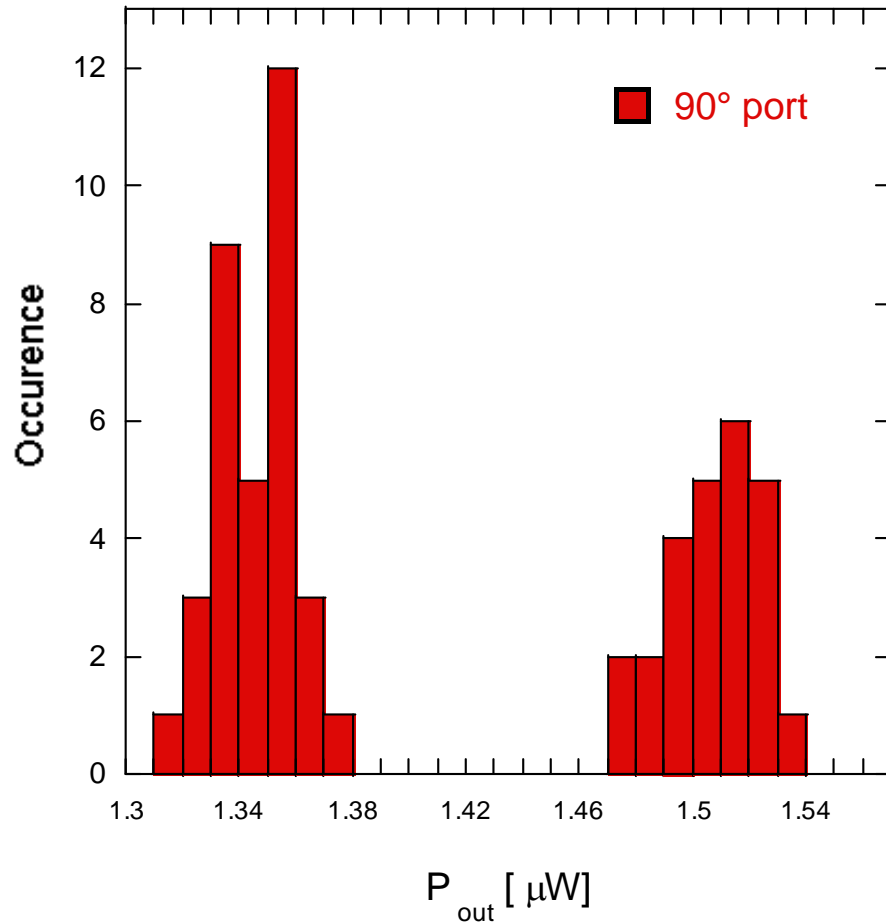
- Le fibre sono raggruppate in due classi con trasmissione differente.

Tale comportamento deve essere attribuito al bundle di fibre, non alla sfera: infatti, cambiare la porta della sfera a cui è collegato il bundle, il comportamento qualitativo non cambia.

- La trasmissione dei due gruppi differisce di circa il 10%. All'interno dei gruppi la trasmissione cambia molto meno, circa il 2%.
- La porta nord ha una trasmissione un po' superiore rispetto alla porta a 90° (circa 2%).



Coeff di trasmissione - risultati



Il coefficiente di trasmissione per singola fibra del sistema sfera + bundle risulta :

$$\underline{T_i = (1.01 \pm 0.03) \cdot 10^{-5} \text{ or } T_i = (0.91 \pm 0.03) \cdot 10^{-5}}$$

Coeff di trasmissione - commenti

- Il valore atteso del coefficiente di trasmissione per singola fibra del sistema sfera + fibra ottica si ricava da: $\frac{\phi_{out}}{\phi_i} = 0.037 \frac{A_f}{A_{sphere}} \frac{\rho}{1-\rho(1-f)} = 1.8 \cdot 10^{-5}$
- Il valore sperimentale del coeff di trasmissione per singola fibra risulta: $T_i \sim 10^{-5}$
 - Aumentando il diametro delle fibre ottiche del bundle il coefficiente di trasmissione aumenta. Con fibre da 1 mm il coefficiente di trasmissione dovrebbe aumentare di un fattore 25
- Aumentando l'apertura numerica (NA) delle fibre il coefficiente di trasmissione di singola fibra dovrebbe aumentare: $\phi_{out} \sim (NA)^2$
- Il coefficiente di trasmissione complessivo T del sistema sfera+bundles dipende dal numero n di fibre connesse alla sfera: $T = n \cdot T_i$
 - Con due bundle di 90 fibre collegati alla sfera si ottiene un coefficiente di trasmissione complessivo del 3% circa. Con tre bundle si raggiunge il 5%

2.2) Coefficiente di trasmissione – laser pulsato

Fiber bundle:

60 fiber, 0.2 mm diameter (only a single fiber investigated)

Laser:

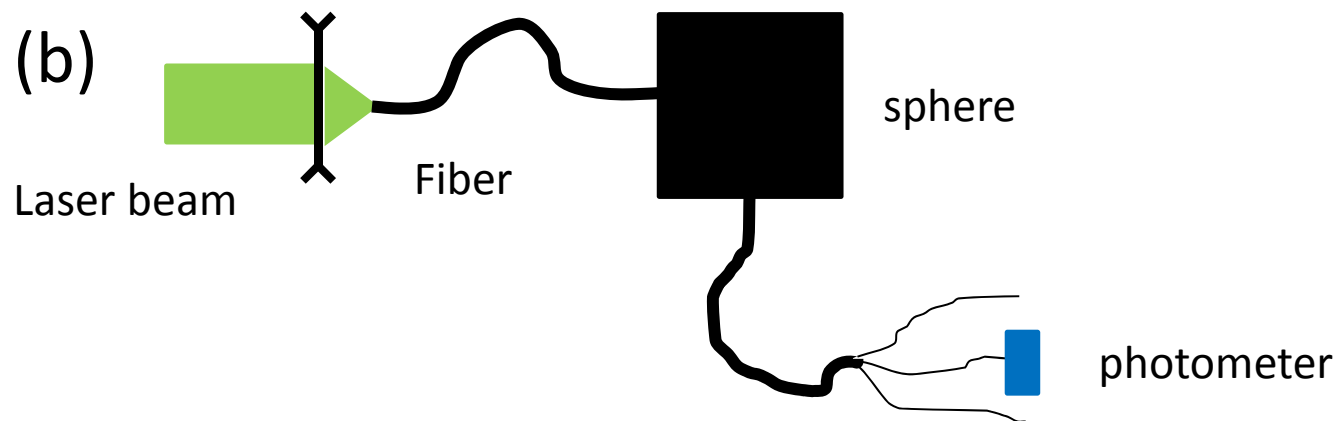
Nd:YAG, $\lambda = 532$ nm, $P_{\max} = 5$ mW per pulse, 20 Hz repetition rate, 10 ns pulse width; model: Continuum I-20

Detector:

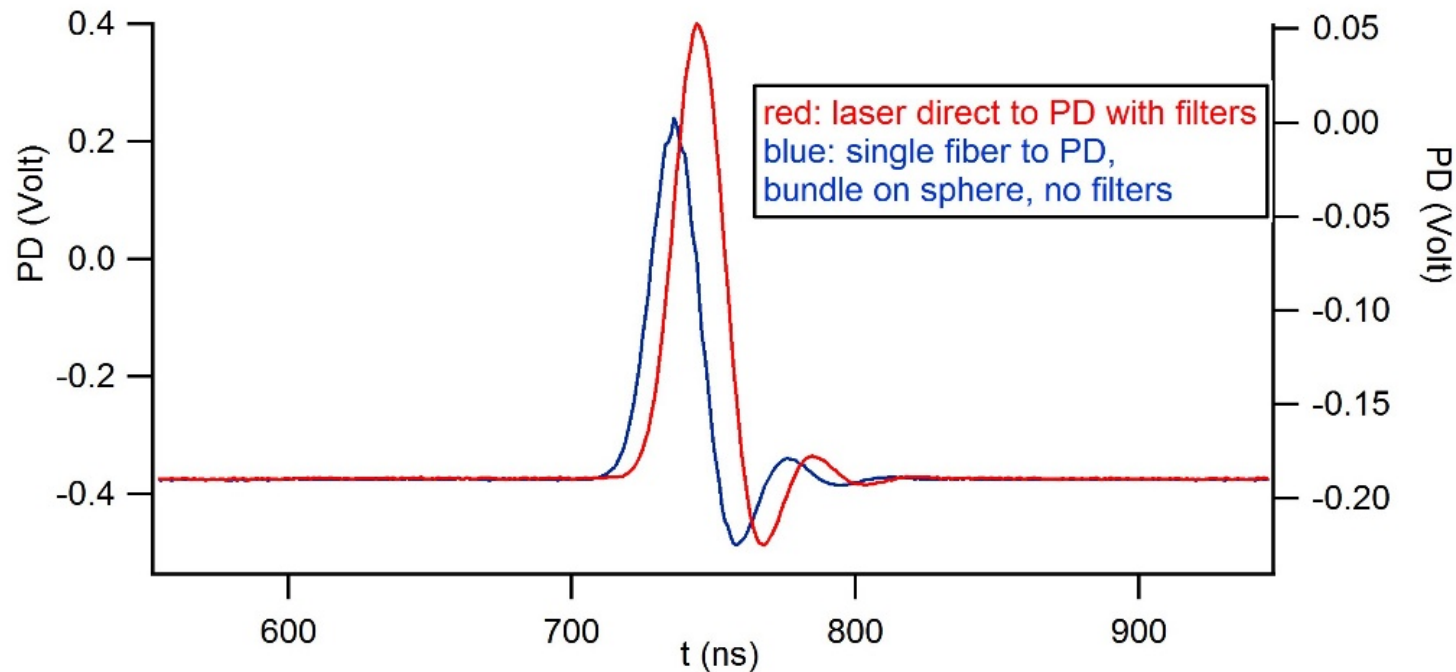
Photodiode, Hamamatsu, mod. S5973-02

Set-up:

Fiber optic, neutral filters (optional), lens, average on 64 pulses,



Coefficiente di trasmissione – risultati



Dopo la calibrazione dei filtri neutri si è calcolato il coefficiente di trasmissione per singola fibra del sistema sfera+bundle:

$$T_i = (2 \pm 1) \cdot 10^{-5}$$

3) Stabilità in funzione del tempo

Fiber bundle:

quartz, 60 fibers, 0.2 mm diameter

Laser:

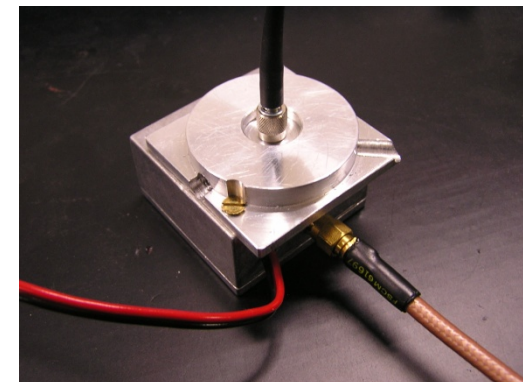
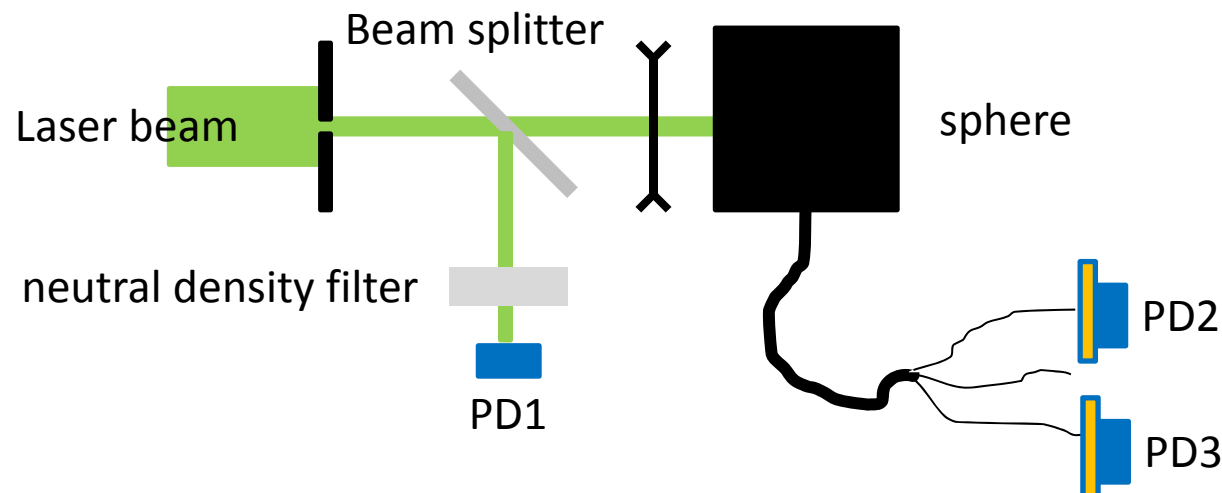
Nd:YAG, $\lambda = 532 \text{ nm}$, $P_{\text{max}} = 5 \text{ mW}$ per pulse, 20 Hz repetition rate, 10 ns pulse width, model: Continuum I-20

Detector:

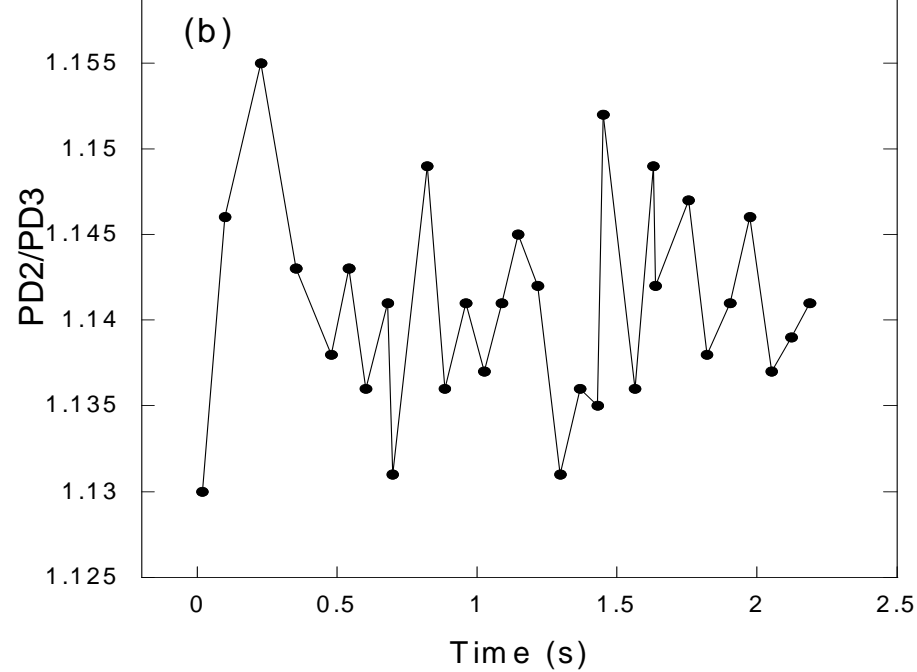
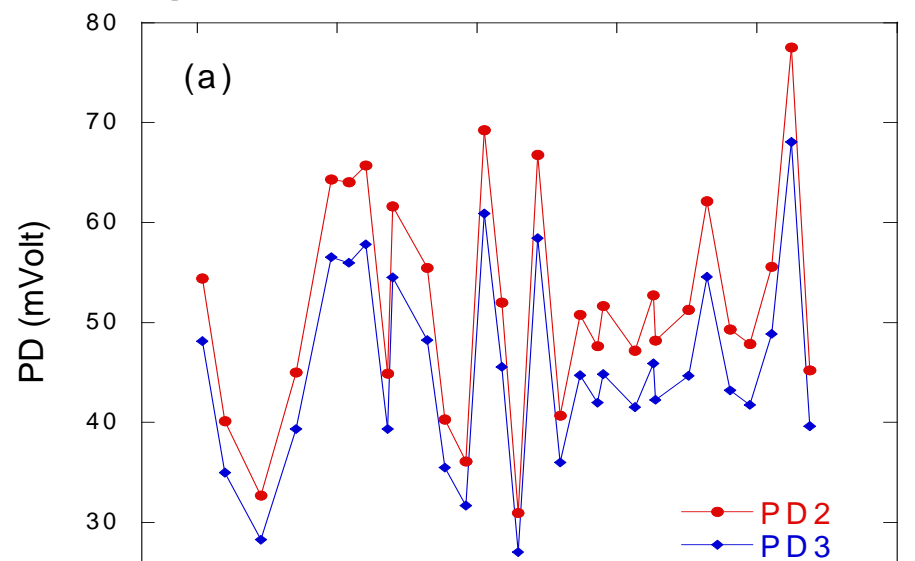
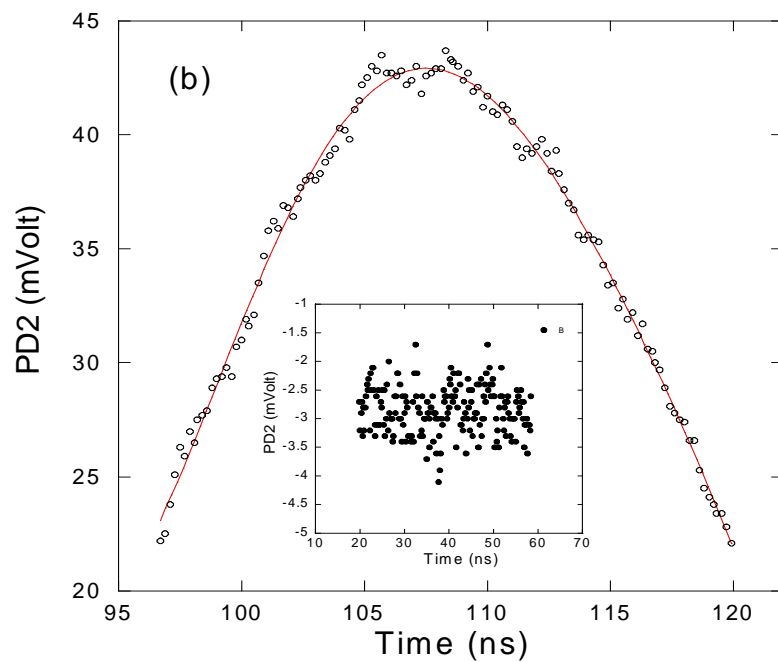
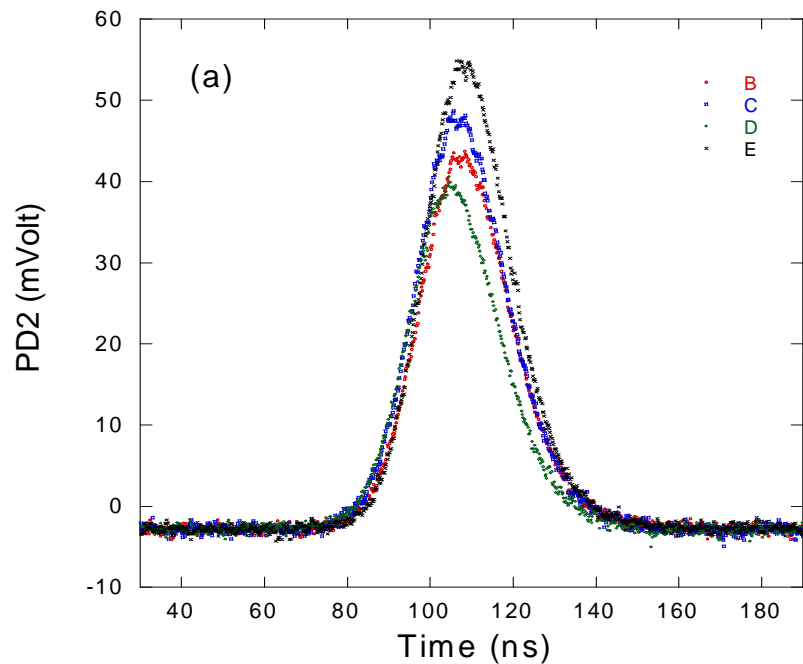
photodiodes Hamamatsu, model S1226-18BK (low noise)

Set-up:

$P_{\text{in}} = 150 \pm 2 \text{ mW}$, pinhole, lens ($f = 10 \text{ mm}$), beam splitter

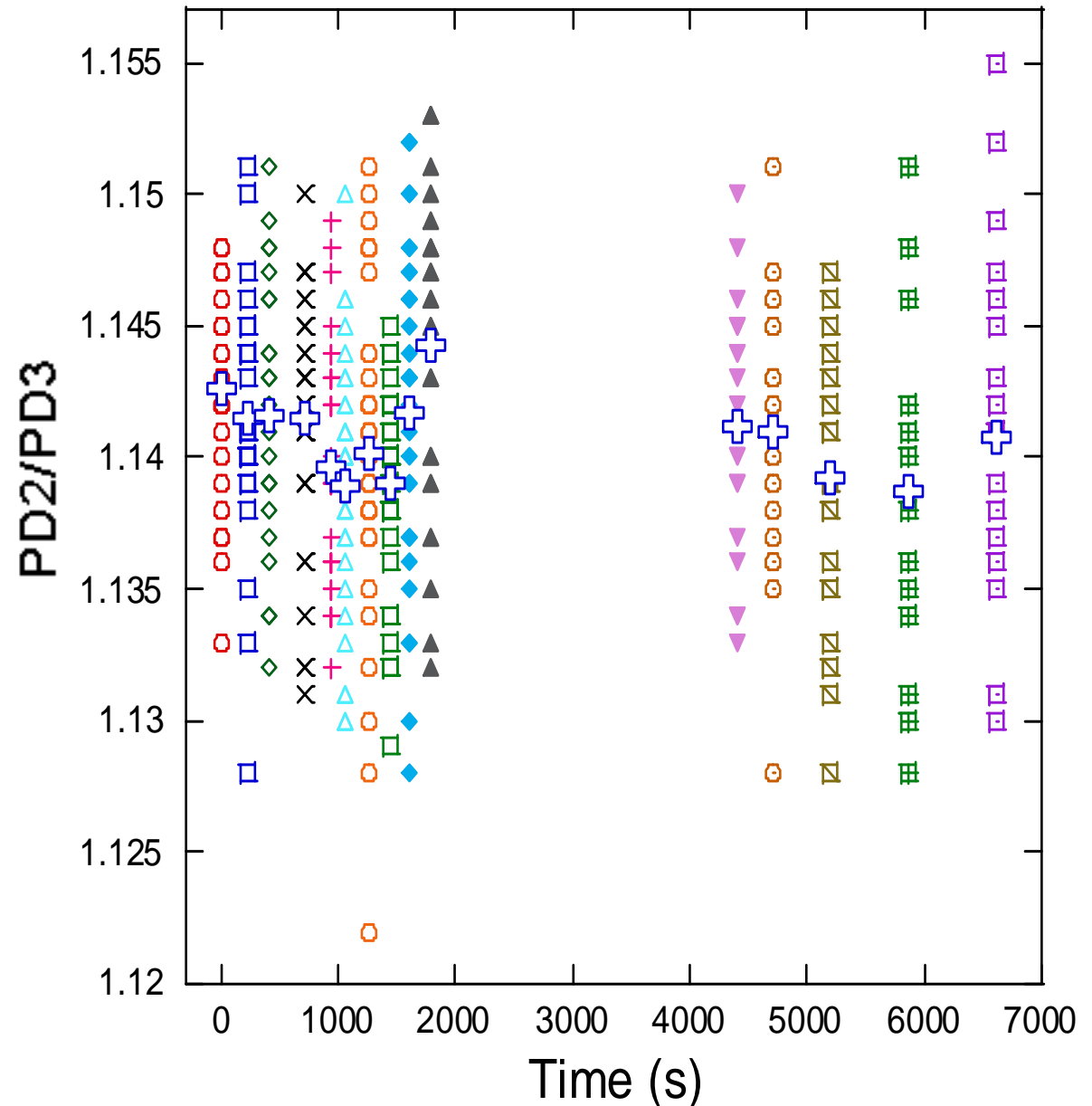


Stabilità vs. tempo - risultati



Stabilità vs. tempo - risultati

- Gli impulsi del laser variano molto in ampiezza
- Per ogni gruppo di acquisizione consecutiva, il rapporto dei fotodiodi PD2/PD3 è caratterizzato da una variabilità dell'1%
- La media su ogni gruppo varia dello 0.3%

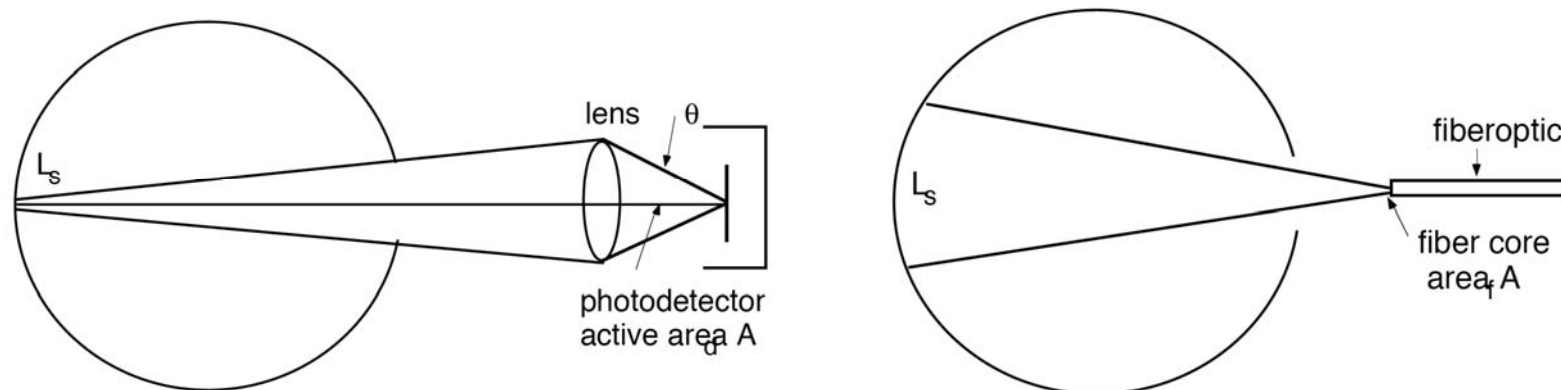


4) Mappatura della uniformità di illuminazione

Sono stati condotti esperimenti con impulsi laser brevi (Nd:YAG, $\lambda = 532$ nm, 20 Hz repetition rate, 10 ns pulse width; model: Continuum I-20).

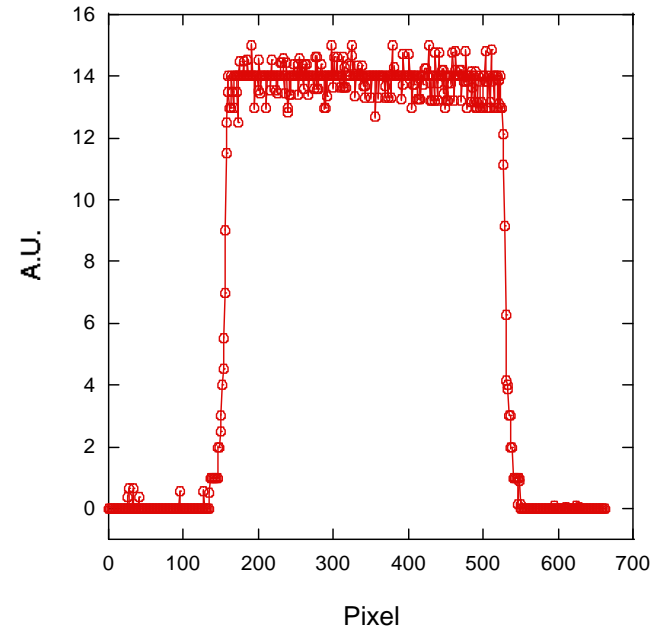
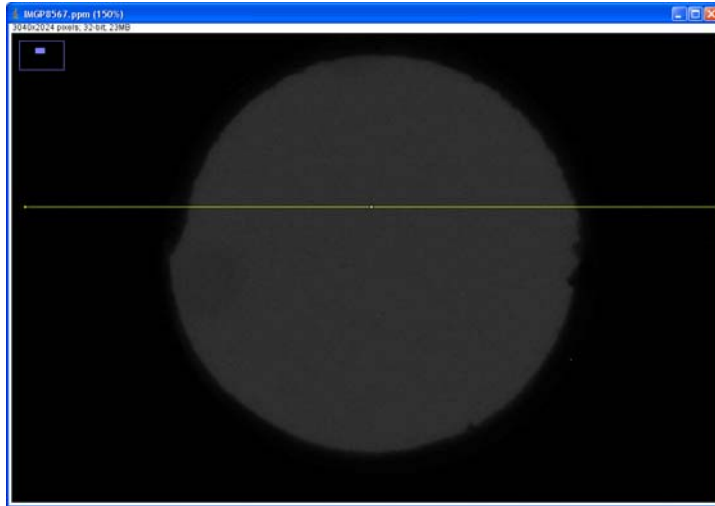
Si usa una fotocamera Pentax (modello K100D), con un tempo di esposizione breve (1/30 s) per acquisire un singolo impulso laser.

A causa da configurazione del sistema ottico e della distanza del sensore dalla porta, la fotocamera raccoglie la radiazione emessa da una porzione specifica della sfera.



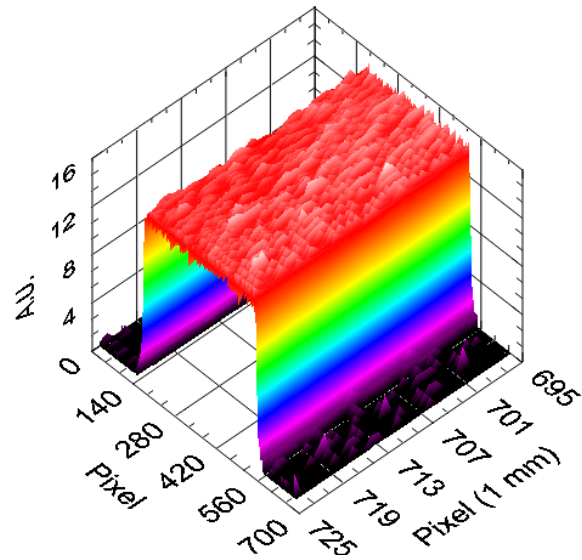
La situazione è analoga a quella che si verifica nel caso in cui si raccoglie la radiazione dalla porta della sfera mediante una fibra ottica

(A)



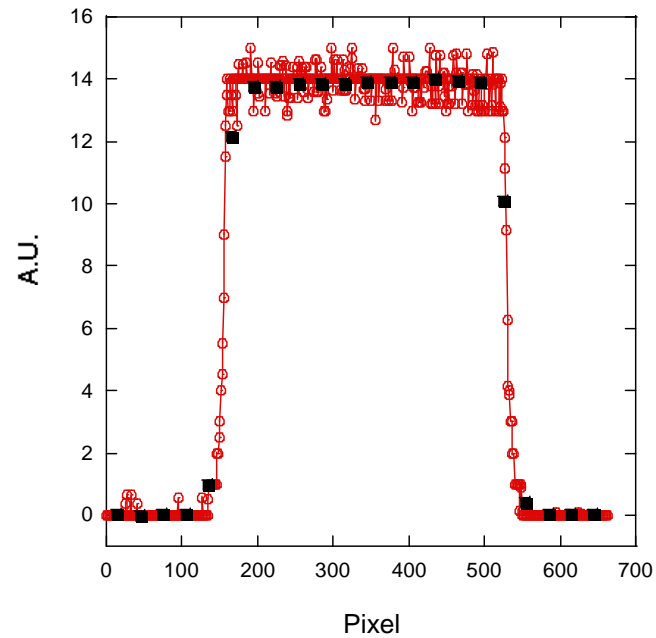
(B)

(C)



L'uniformità risulta essere dell'ordine di 0.982, mentre nella parte centrale della porta risulta essere dell'ordine di 0.993.

Data averaged over 900 pixels:



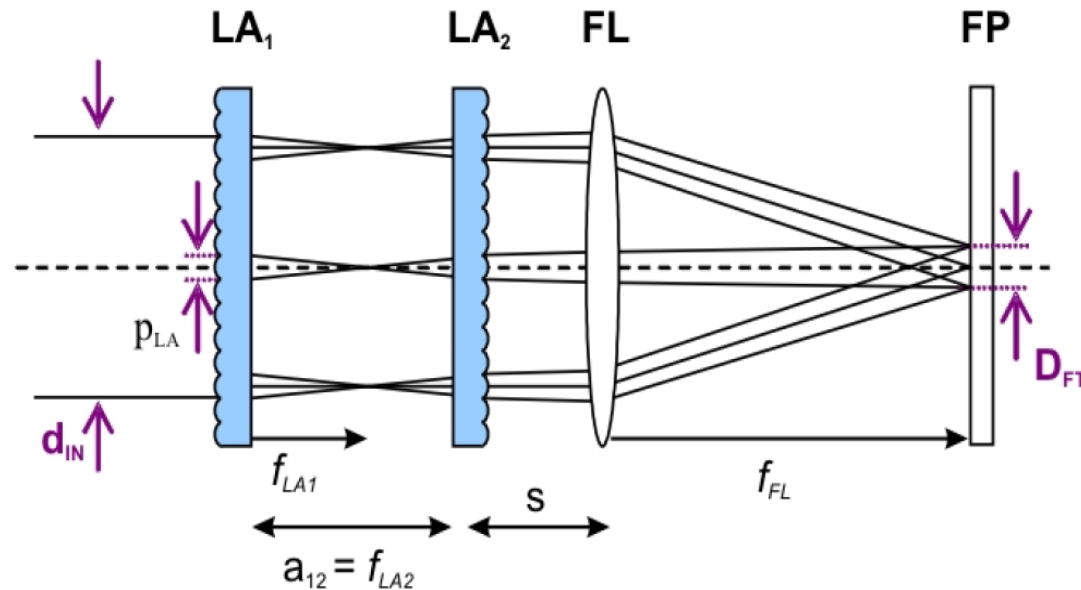
(D)

Caratterizzazione di una sfera integratrice: Conclusioni

- Il coefficiente di trasmissione per singola fibra del sistema sfera 2'' + bundle di fibre 0.2 mm risulta dell'ordine di: $T_i = 10^{-5}$
- Il coefficiente di trasmissione per singola fibra del sistema sfera 2'' + bundle di fibre 1 mm dovrebbe essere dell'ordine di: $T_i = 2.5 \times 10^{-4}$
- La risposta temporale della sfera ad impulsi laser è di tipo esponenziale, con una costante tempo dell'ordine di alcuni nanosecondi.
- La risposta temporale della sfera da 2'' con 4 porte aperte risulta essere 2.1 ns.
- La risposta temporale di una sfera da 1'' con 4 porte da ¼'' aperte dovrebbe essere < 1 ns.
- La sfera integratrice dovrebbe assicurare una buona uniformità di uscita, sia tra le varie fibre (circa 2%) che nel tempo (attività in corso, meglio dell'1%)

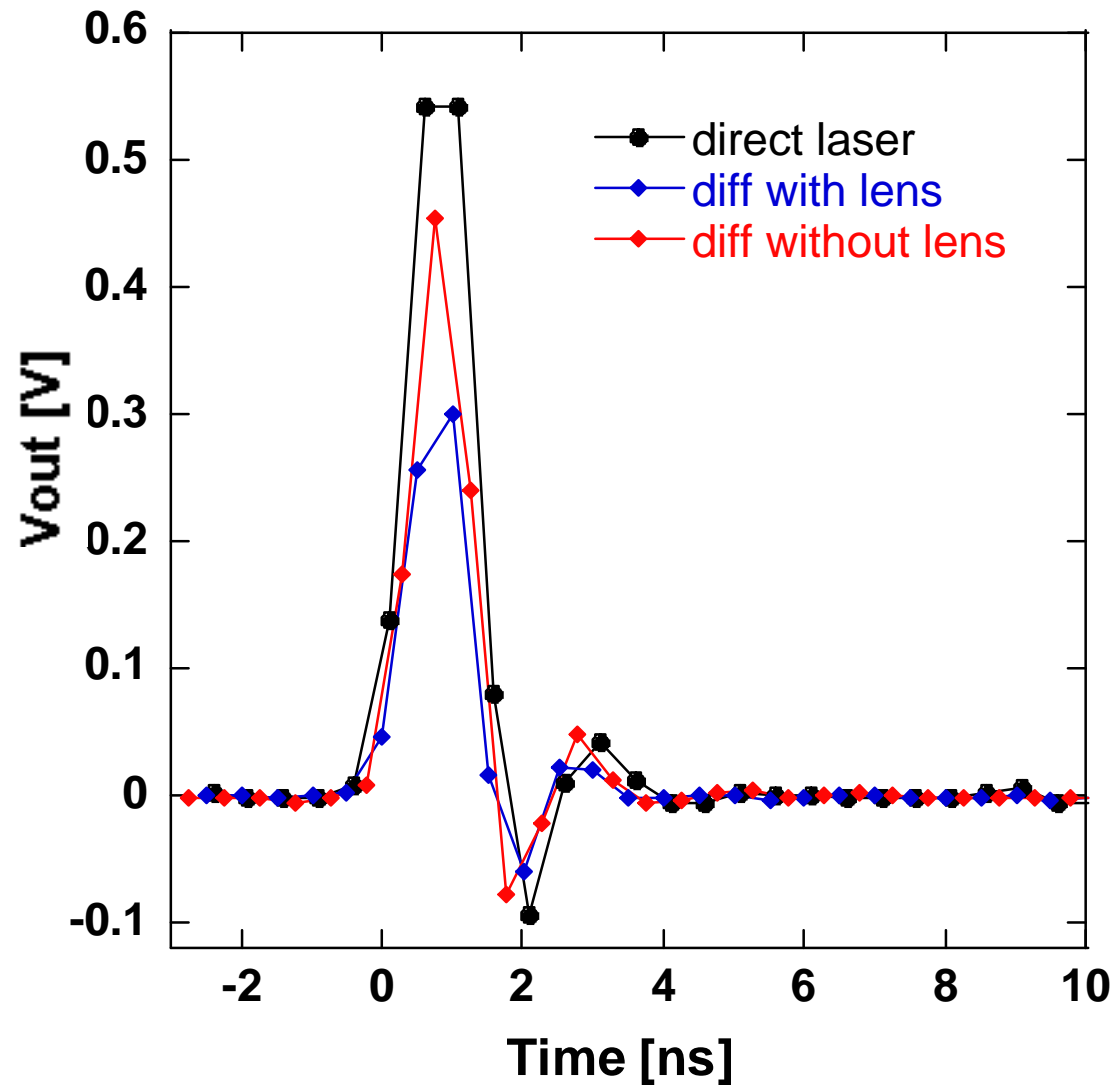
5) Sistema di distribuzione con diffusori

Si possono utilizzare sistemi con array di microlenti per trasformare un fascio con profilo Gaussiano in un fascio con profilo uniforme ("flat-top"):



Imaging homogenizer: due array di microlenti (LA1 e LA2) ed una lente di condensazione (FL) per la realizzazione di un integratore di Köhler.

Distribuzione con diffusori: risposta temporale



Distribuzione con diffusori : coefficiente trasmissione

- Coefficiente di trasmissione con diverse configurazioni sperimentali, risultati preliminari :

	setup	transmittance	sensor
1	UV light, quartz bundle, UD distr	8.,33E-05	OPHIR photometer
2	Blue light, quartz bundle, UD distr	1.39E-04	OPHIR photometer
3	Blue light, plastic bundle, UD distr	4.00E-04	OPHIR photometer
4	Blue light, plastic bundle, sphere	6.25E-04	OPHIR photometer

Il coefficiente di trasmissione per singola fibra del distributore di Ud risulta(plastic bundle, 1mm diameter): $T_i \sim 4 \cdot 10^{-4}$
(to be confirmed)

Conclusioni - I

Sfera di integrazione, pro e contro:

- * Buona uniformità dei segnali di uscita
- * Coefficiente di trasmissione per singola fibra (sfera da 2'', diametro della fibra 1 mm):
 $T_i = 2.5 \times 10^{-4}$
- * Decadimento esponenziale con costante di tempo 2.1 ns (sfera da 2'', 4 porte)
- * Decadimento esponenziale con costante di tempo < 1 ns (sfera 1'', atteso)

Il sistema di distribuzione sviluppata ad Udine, pro e contro:

- * Maggiore coefficiente di trasmissione rispetto alla sfera
- * Nessun ritardo della risposta temporale
- * Minore uniformità dei segnali di uscita che la sfera (work in progress)

La scelta del sistema di distribuzione dipende a quale parametro dare priorità:

Tempo di risposta (=> diffusori) o uniformità e la stabilità della distribuzione (=> sfera).

Lavoreremo su entrambe le soluzioni

Conclusioni – II: test beam

- Requirements:

Impulso di energia al cristallo > 0.01 pJ (2 GeV electron)

- Sorgente laser (ordinata):

PicoQuant LDH-P-C-405M, $\lambda = 405\text{nm}$, $E_{\text{pulse}} = \mathbf{500\text{ pJ}}$, $\Delta T = 300\text{ ps}$

- Bundle di fibre ottiche (da ordinare):

PMMA, 1 mm diametro

- Sistema di distribuzione a disposizione:

Sfera integratrice da 2" ; distributore UD (da migliorare)

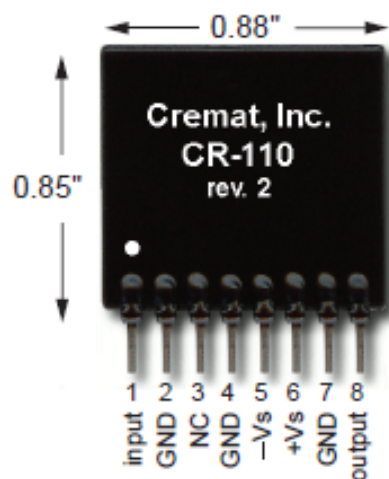
Assumendo una trasmissione per singola fibra (sfera/distributore + bundle) di: $T_i = 2 \times 10^{-4}$

$$\rightarrow E_{\text{laser pulse}} > 0.01 \text{ pJ} / 2 \times 10^{-4} = \mathbf{50 \text{ pJ}} \text{ (OK!)}$$

Back-up – elettronica di back-up

cremat

FAX: (617) 527-2849
<http://cremat.com>



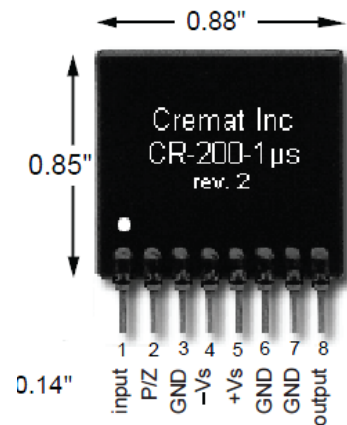
Specifications

Assume temp =20 °C, $V_s = \pm 6.1V$, unloaded output

	CR-110	units
Preamplification channels	1	
Equivalent noise charge (ENC)*		
ENC RMS	200	electrons
Equivalent noise in silicon	0.03	femtoCoul.
Equivalent noise in CdZnTe	1.7	keV (FWHM)
ENC slope	2.4	keV (FWHM)
Gain	4	elect. RMS /pF
Rise time **	1.4	volts /pC
Decay time constant	7	ns
Unsaturated output swing	140	μ s
Maximum charge detectable per event	-3 to +3	volts
Power supply voltage (V_s)	1.3×10^7	electrons
maximum	2.1	pC
minimum	$V_s = \pm 13$	volts
Power supply current (pos)	$V_s = \pm 6$	volts
(neg)	7.5	mA
Power dissipation	3.5	mA
Operating temperature	70	mW
Output offset	-40 to +85	$^{\circ}$ C
Output impedance	+0.2 to -0.2	volts
	50	ohms

“Charge sensitive preamplifier” a basso rumore, il cui guadagno va da 1.3 mV/pC (CR-113) fino ad un massimo di 1.4 volts/pC (CR-110).

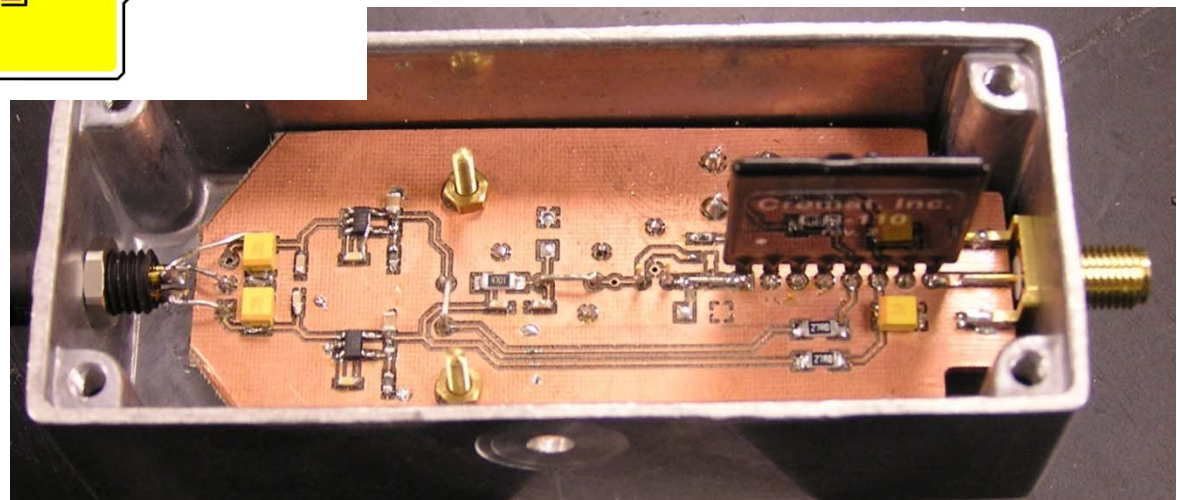
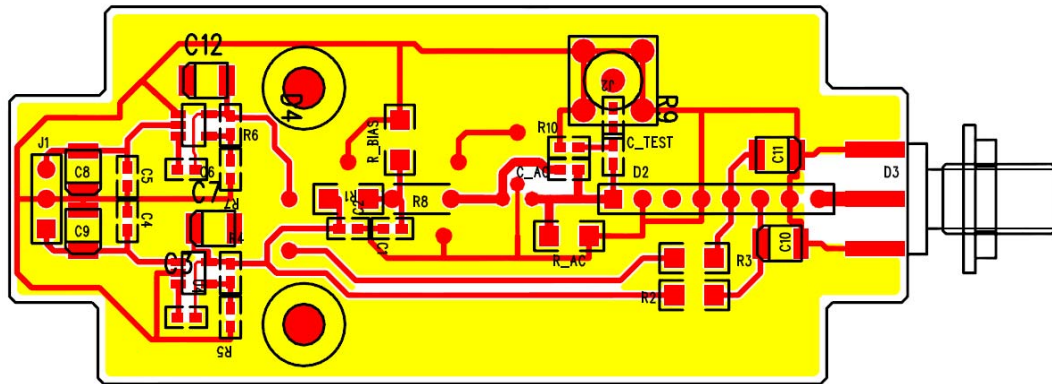
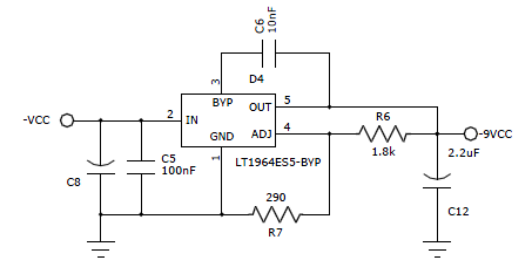
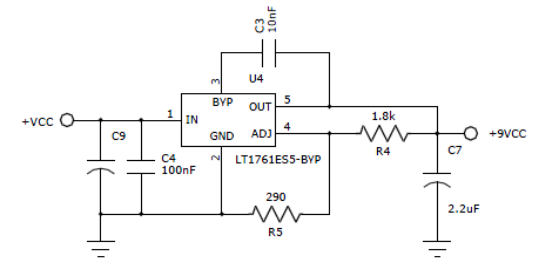
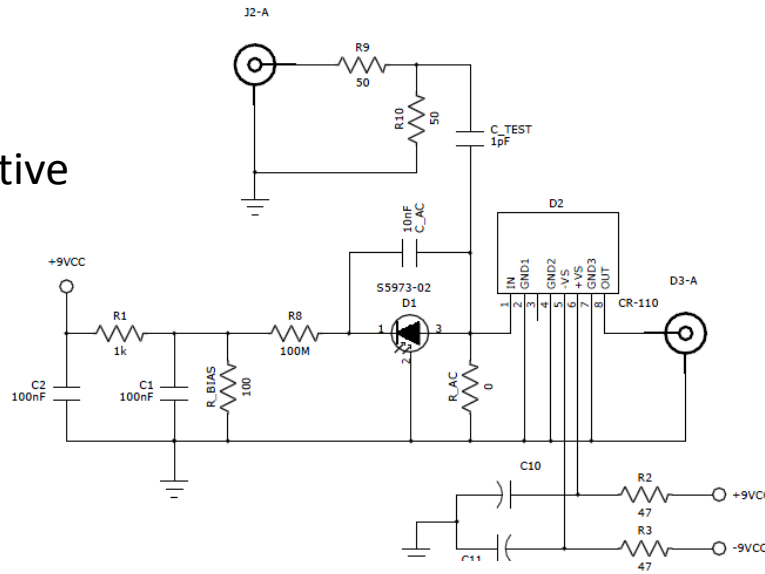
Back-up



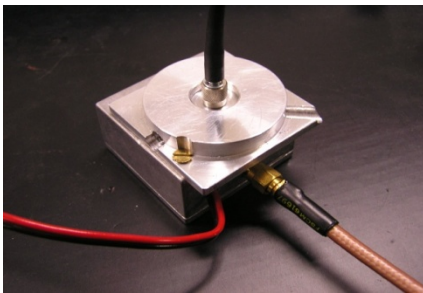
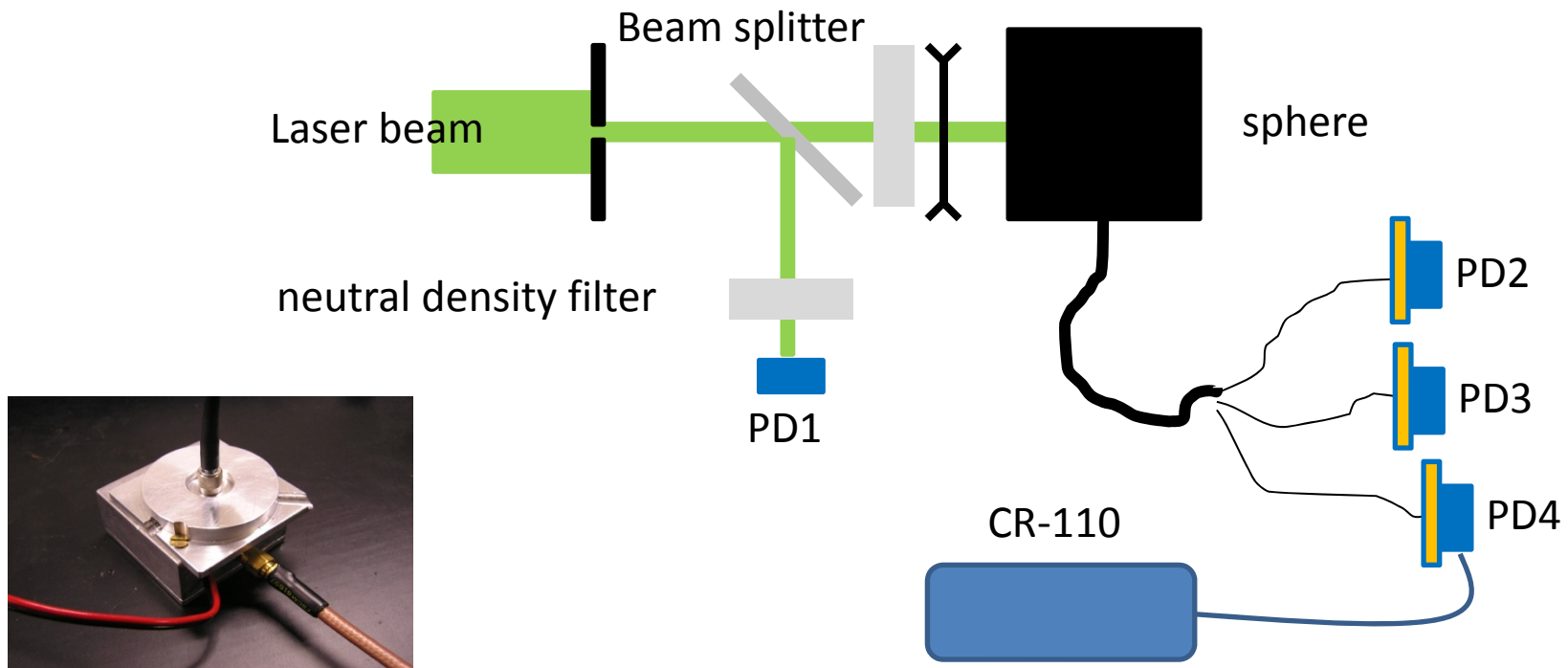
part #	shaping time	output pulse width (FWHM)	R_{in}	C_{in}	gain
CR-200-25ns	25 ns	59 ns	82 Ω	220 pF	4
CR-200-50ns	50 ns	120 ns	220 Ω	220 pF	8
CR-200-100ns	100 ns	240 ns	220 Ω	470 pF	10
CR-200-250ns	250 ns	590 ns	240 Ω	1000 pF	10
CR-200-500ns	500 ns	1.2 μ s	510 Ω	1000 pF	10
CR-200-1 μ s	1 μ s	2.4 μ s	1.0 k Ω	1000 pF	10
CR-200-2 μ s	2 μ s	4.7 μ s	2.0 k Ω	1000 pF	10
CR-200-4 μ s	4 μ s	9.4 μ s	1.2 k Ω	3300 pF	10
CR-200-8 μ s	8 μ s	19 μ s	2.4 k Ω	3300 pF	10

“Gaussian shaping amplifier”, che accetta un impulso di ingresso a gradino e fornisce in uscita un impulso di forma gaussiana (e un certo guadagno), filtrando gran parte del rumore del segnale di ingresso. Il modulo è disponibile con 9 differenti tempi di shaping, da 25 ns a 8 ms.

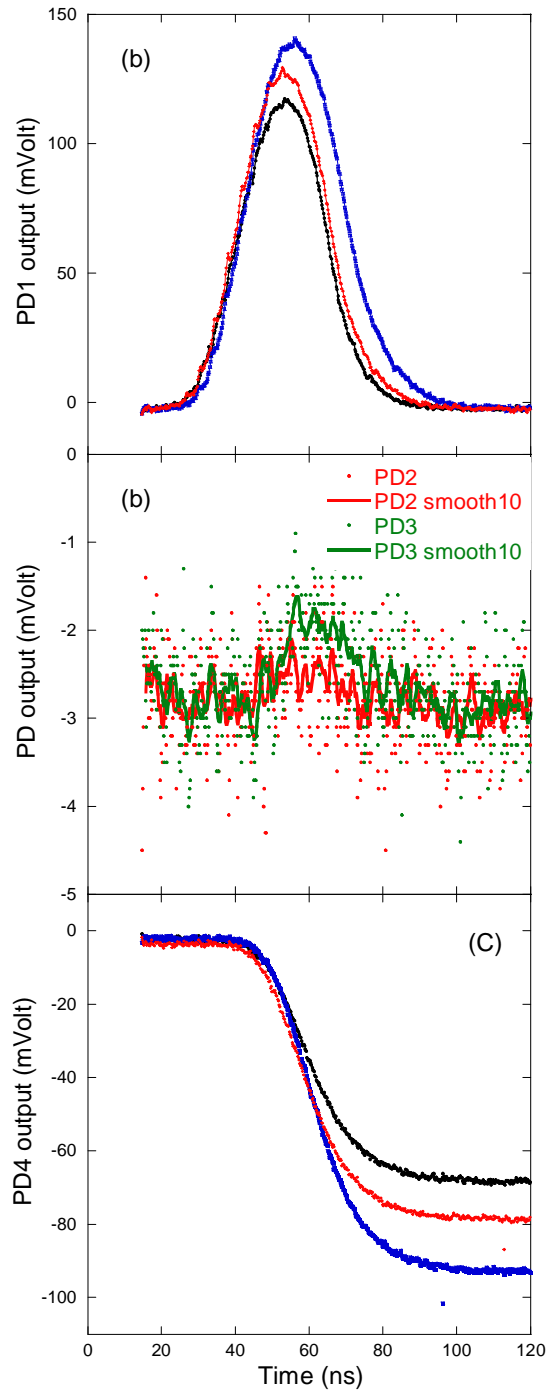
Scheda con charge sensitive Preamplifier CR-110



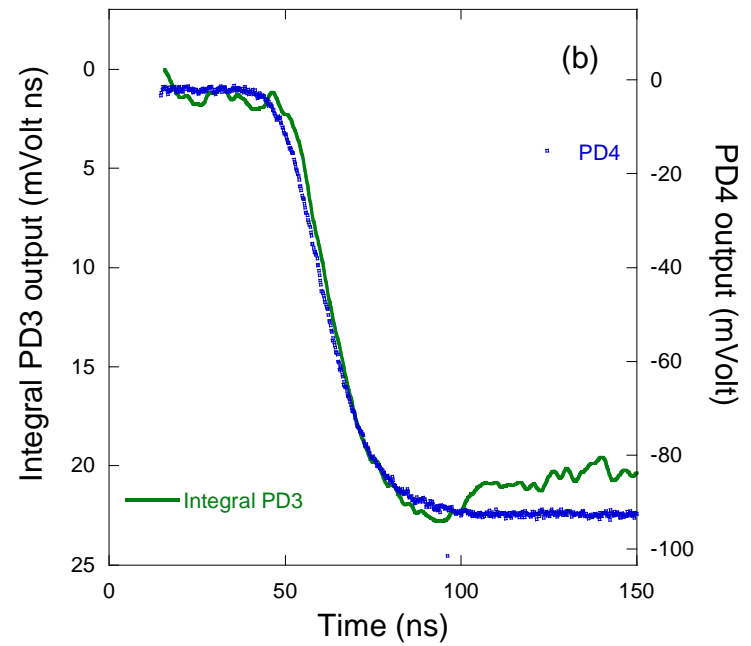
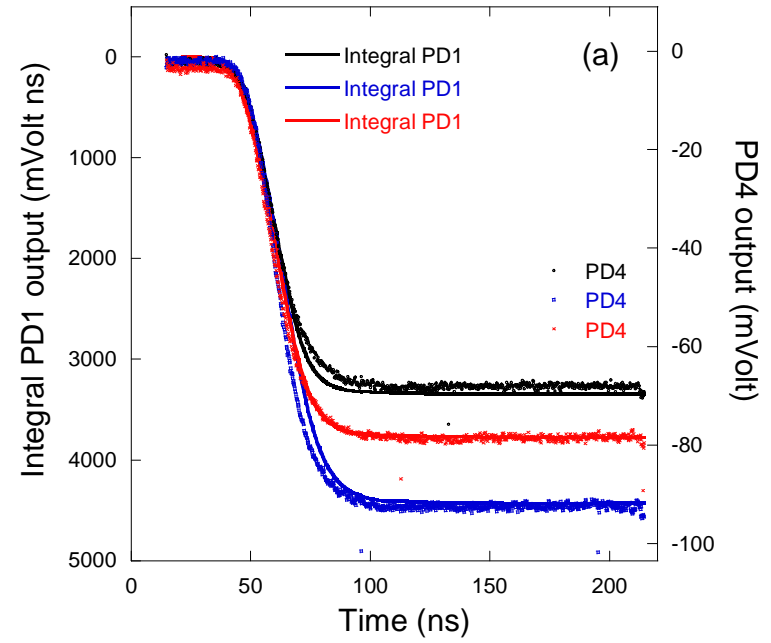
Setup sperimentale per test scheda con CR-110

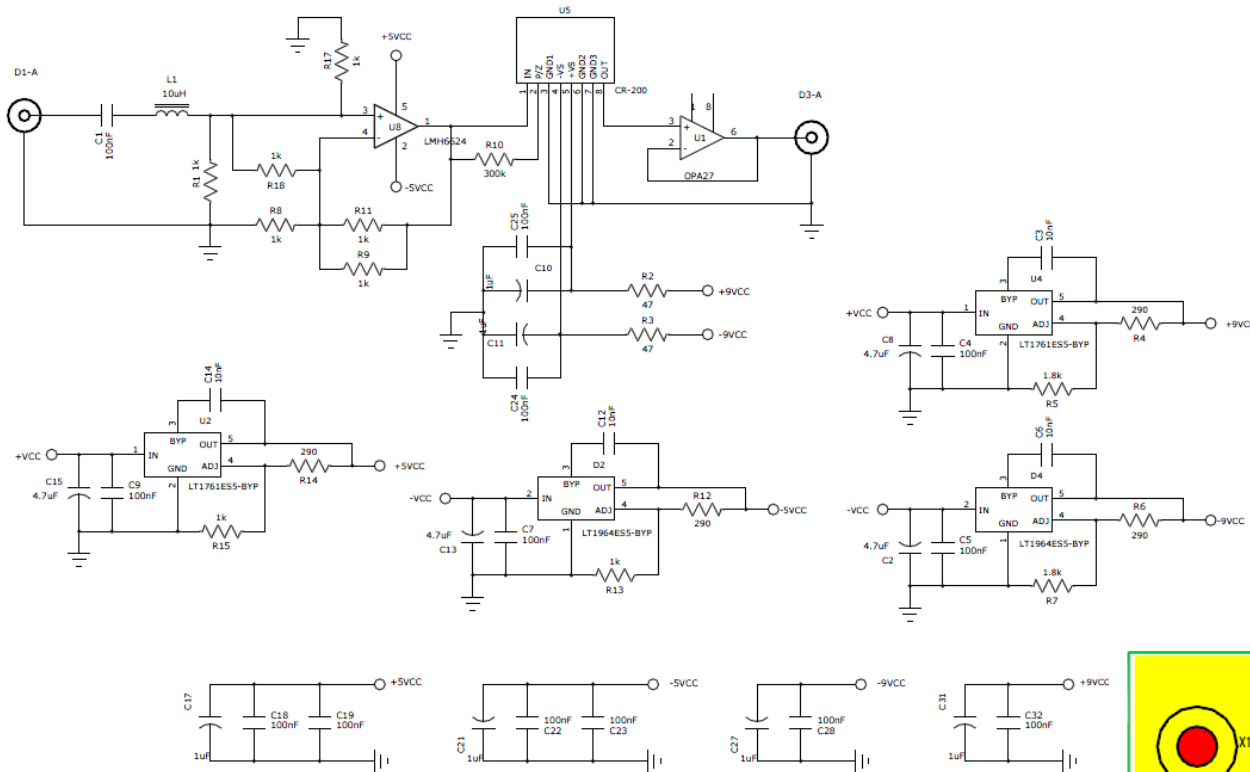


- Laser: Nd:YAG (Continuum I- 20), $\lambda = 532 \text{ nm}$, con circa 10 ns di larghezza di impulso e frequenza di ripetizione 20 Hz
- Fotodiodi: PD1 = Hamamtsu S5973-02, PD2 = PD3 = Hamamtsu S1226-18BK
- Scheda di acquisizione dati : Evaluation board DRS4, v.4, risoluzione 14 bit, 700 MHz



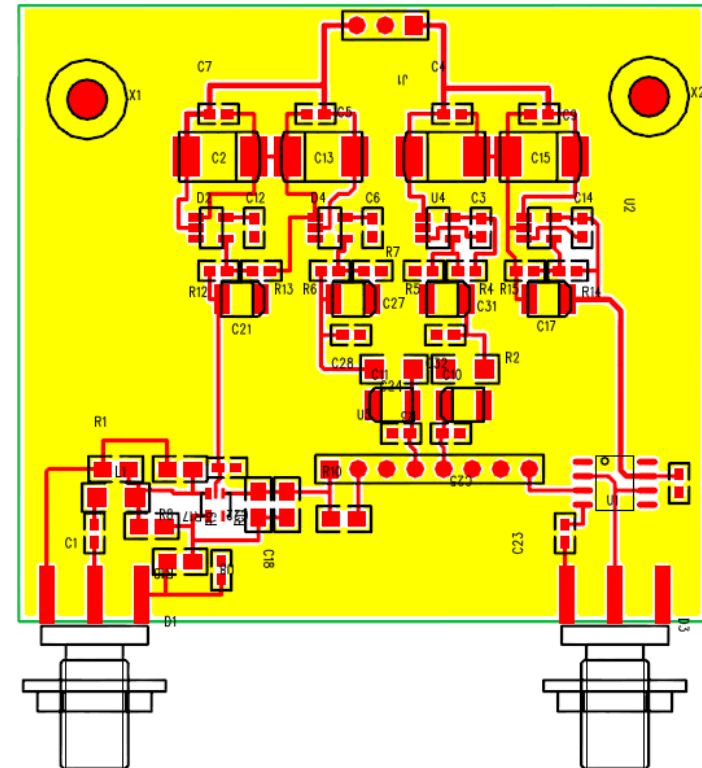
Risultati con
scheda CR-110





Scheda con shaper CR-200

Attività in corso

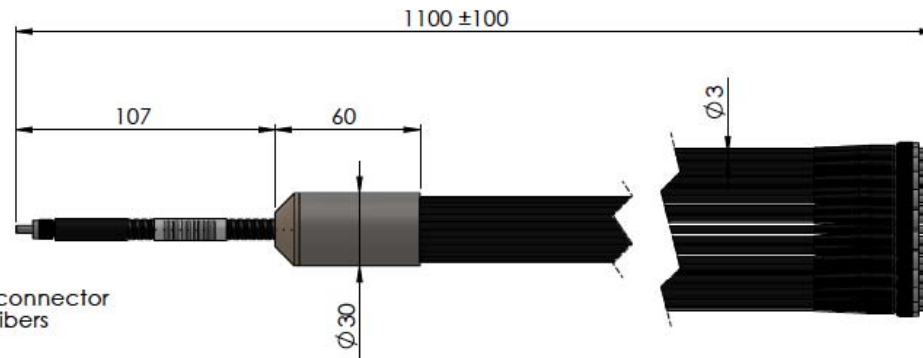


Back-up



SM05SMA

1x SMA connector
with 60 fibers



60x SMA connector
with 1 fiber each

