

Corso di
COSTRUZIONI OPTOELETTRONICHE

Attività Progettuale

-

*Misura di Distanza
con Tecnica a Triangolazione*

Guido Giuliani

Dipartimento di Elettronica - Università di Pavia

Tel.

0382 985.224

e-mail:

guido.giuliani@unipv.it

Attività Progettuale - 1

- **2 progetti da scegliere tra i seguenti:**
 - **EDFA**
 - **Allestimento EDFA partendo da: fibra drogata + n° 2 laser di pompa + accoppiatori WDM + isolatori ottici + verifica prestazioni**
 - **Misuratore di distanza laser a triangolazione**
 - **Scelta della configurazione + scelta del fotorivelatore 'position sensitive' + progetto ottico + progetto elettronico + verifica prestazioni + misure di distanza / vibrazioni**
 - **Vibrometro laser a Self-Mixing ad ampia dinamica**
 - **Scelta della tecnica di misura (analogica o digitale) + progetto elettronico + verifica prestazioni + misure vibrazioni**

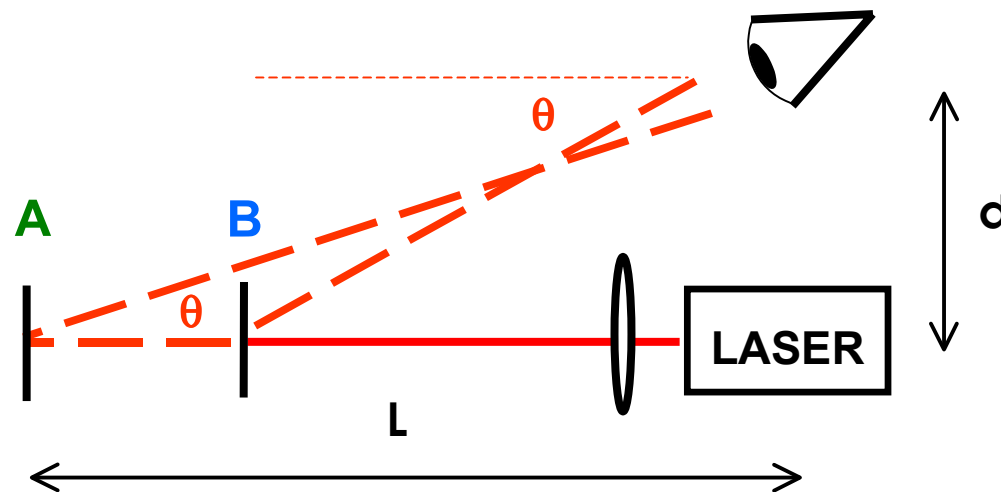
Attività Progettuale - 2

- ❑ **Scopo: apprendere le tecniche di analisi di fattibilità, progetto, realizzazione, caratterizzazione di apparati di misura e dispositivi elettroottici**
- ❑ **Qualità formativa della fase realizzativa e di quella di analisi/progetto**
- ❑ **Quale importanza riveste la conformità del risultato finale alle aspettative ?
Modesta !
È più importante la piena comprensione di tutti i passi intrapresi, rispetto alla “qualità” del risultato finale.**
- ❑ **Cruciale sarà l’atteggiamento dello studente durante lo svolgimento dell’attività**
 - ❑ **Tenere un quaderno dettagliato con la descrizione di tutte le sedute di lavoro in laboratorio.
COSA si è fatto; PERCHÉ lo si è fatto COSÌ; si è ottenuto il risultato atteso ?**
 - ❑ **Al di fuori delle ore di laboratorio: rivisitazione CRITICA dell’attività (ri-lettura degli appunti, documentazione aggiuntiva, elaborazione di nuove idee)**
 - ❑ **Avere sempre presente la TABELLA di MARCIA (e modificarla all’occorrenza)**

Misuratore di distanza laser a triangolazione - 1

Principio

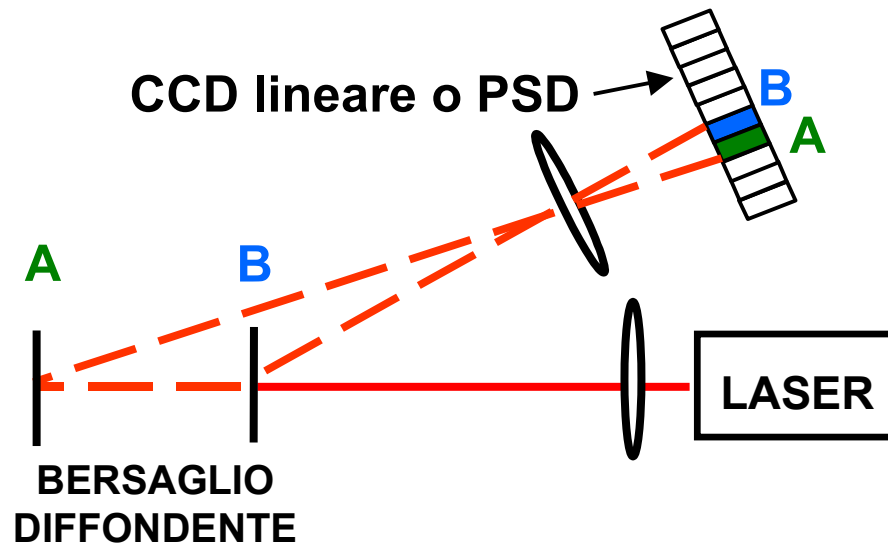
- ❑ Proiezione fascio laser su bersaglio diffondente
- ❑ Osservazione della luce diffusa da un angolo di vista differente da quello di proiezione
- ❑ Determinazione dell'angolo di vista (θ)
- ❑ Calcolo della distanza: $L = d / \tan(\theta)$



Misuratore di distanza laser a triangolazione - 2

Principio

- Implementazione pratica tramite l'impiego di un fotorivelatore in grado di discriminare la posizione del fascio rivelato (*position sensitive detector, PSD*)



Misuratore di distanza laser a triangolazione - 3

Principio

- ❑ La posizione dell'immagine sul fotorivelatore è legata alla distanza da misurare
- ❑ Progetto del sistema di misura = scelta di diversi parametri:
 - ❑ parametri geometrici del sistema
 - ❑ lunghezza focale delle lenti
 - ❑ dimensioni effettive del PSD

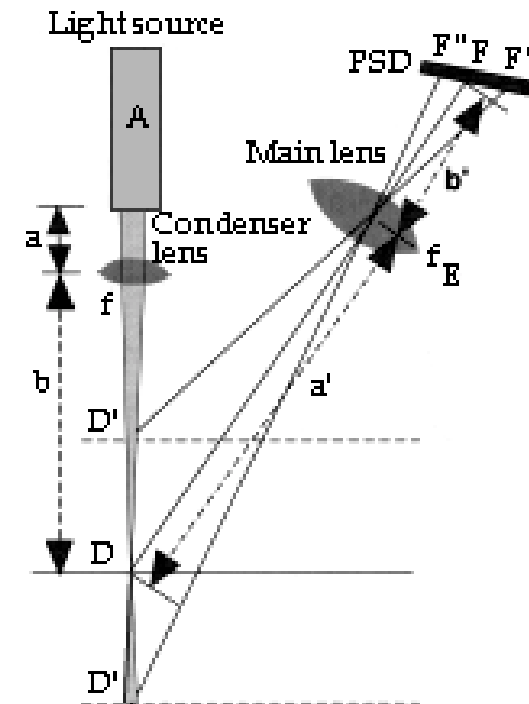


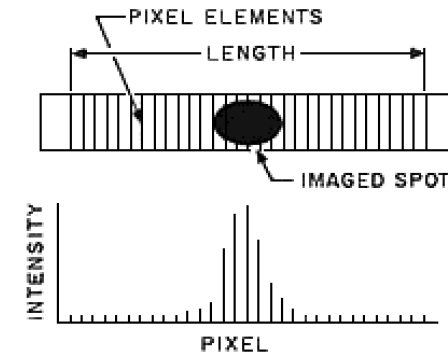
Figure 1.
Design principles of the
triangulation probe.

Rivelatore

PSD vs. CCD - 1

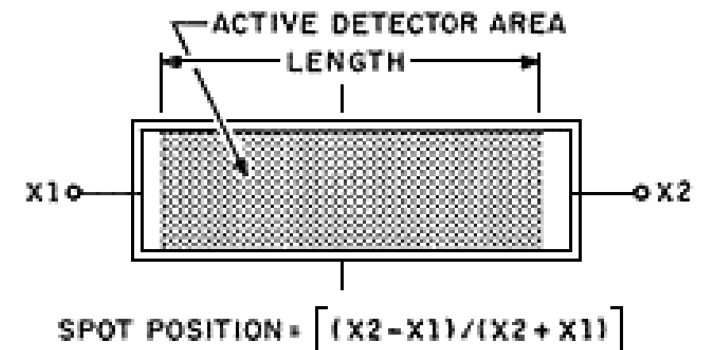
□ CCD = Charge-Coupled Device

- Rivelatore “discretizzato” (“digitale”)
- $N = 64, 128, 256, 512, 1024 \dots$
- Richiede:
 - Memoria (per immagazzinare i dati della lettura sequenziale)
 - Elaborazione digitale (per determinare il baricentro del fascio)



□ PSD = Position Sensitive Detector

- Rivelatore “analogico”
- È un fotodiodo esteso con un elettrodo distribuito resistivo
- $X1$ e $X2$ = fotocorrenti proporzionali alla distanza dello spot da ciascuna estremità
- Richiede:
 - Lettura di due fotocorrenti
 - Operazioni algebriche (elettronica analogica)



Rivelatore

PSD vs. CCD - 2

❑ **Nostra scelta: PSD !!!**

❑ **Motivi:**

- ❑ **Approccio tramite elettronica analogica è più semplice ed immediato (non necessariamente più economico: esistono μ -controllori con circuiteria analogica integrata dal costo di pochi €/pz.)**
- ❑ **Dispositivo interessante**
- ❑ **Maggiore velocità di risposta**
- ❑ **Migliore risoluzione**

PSD - 1

- ❑ Il PSD è un fotodiode esteso che consente di misurare contemporaneamente:

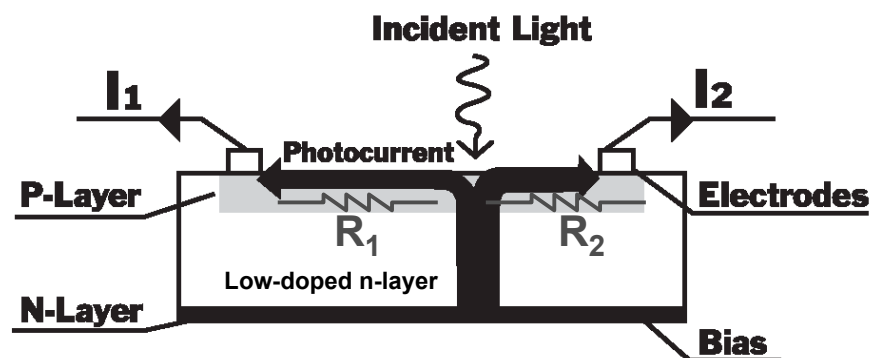
- ❑ L'intensità dello spot luminoso
- ❑ La posizione dello spot luminoso

- ❑ **Struttura:**

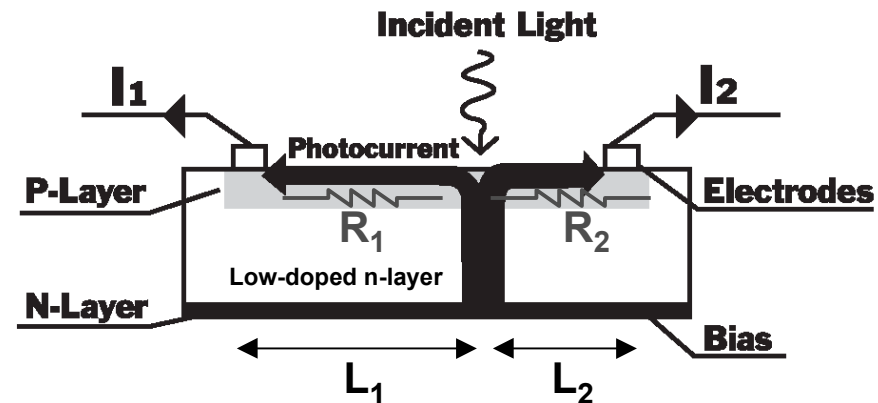
- ❑ Substrato in Si di tipo n (poco drogato)
- ❑ Due strati resistivi (p ed n) più drogati del substrato
- ❑ Due contatti (1 e 2) sullo strato p, alle estremità
- ❑ Tra p ed n: giunzione → è un fotodiode !!

- ❑ **Funzionamento**

- ❑ Spot luminoso genera coppie elettrone-lacune
- ❑ Le lacune vengono raccolte dallo strato resistivo p
- ❑ Qui la corrente si divide tra i contatti 1 e 2 (partitore resistivo di corrente)



PSD - 2



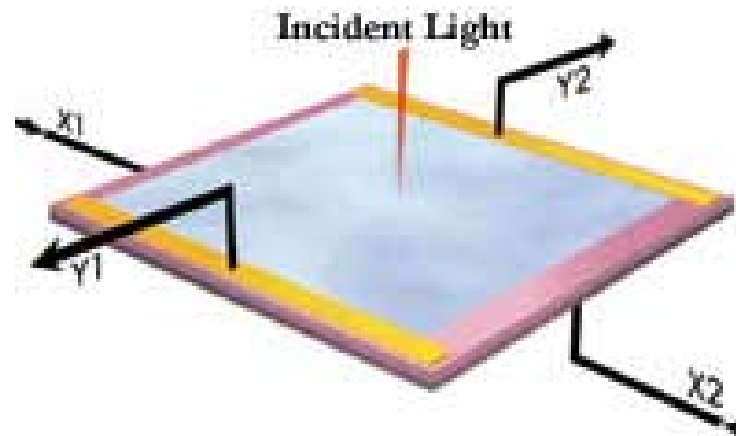
- $I_1 + I_2 = I_{tot}$
- $I_1 = I_{tot} \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = I_{tot} \cdot L_2 / (L_1 + L_2) = I_{tot} \cdot L_2 / L_{tot}$
- $I_2 = I_{tot} \cdot L_1 / L_{tot}$
- voglio ricavare L_1 / L_{tot} : $L_1 / L_{tot} = I_2 / I_{tot}$
- Miglioro la linearità se calcolo: $(L_1 - L_2) / L_{tot} = (I_2 - I_1) / I_{tot} = (I_2 - I_1) / (I_2 + I_1)$
 - $(L_1 - L_2) / L_{tot} = 0$ se lo spot è esattamente al centro del rivelatore

PSD - 3

- **Risoluzione nella misura della posizione dello spot**
 - Può essere 1 parte su 10^6 di L_{tot}

- **Linearità nella misura della posizione dello spot**
 - Tipicamente 0.05-0.5 %

- **Esistono anche PSD bi-dimensionali**



PSD - 4

Specifiche

- ON-TRAK Photonics, Inc. (USA)

(<http://www.on-trak.com/>)

PSD Specification Chart													
One Dimensional PSD Series													
Model	Active Area (mm)		Responsivity @940nm			Dark Current nA			Noise Current		Capacitance PF@15V		
	TYP	MAX	TYP	MIN	MAX	TYP	MIN	MAX	TYP	MAX	TYP	MAX	
1L2.5SP	2.5	0.6	0.63	2	10	0.4	1.0	1.6	2.0				
1L5SP	5.0	1.0	0.63	4	20	0.4	1.0	5	6				
1L10	10.0	2.0	0.63	8	50	0.4	1.0	15	20				
1L20	20.0	3.0	0.63	50	250	0.5	1.0	45	55				
1L30	30.0	4.0	0.63	150	1000	0.5	1.0	90	110				
Model	Rise Time 10-90% 15V			Reverse Bias V			Detector Resistance (K-ohm)			Thermal Drift ppm/C*		Position Non-Linearity +/-%	
	TYP	MIN	MAX	TYP	MIN	MAX	MIN	TYP	MAX	TYP	MAX	TYP	MAX
1L2.5SP	0.3	0.5	5	15	20	40	50	80	20	100	0.1	0.2	
1L5SP	0.5	0.8	5	15	20	40	50	80	20	100	0.1	0.2	
1L10	.20	.40	5	15	20	40	50	80	20	100	0.1	0.2	
1L20	.50	1.0	5	15	20	40	50	80	20	100	0.1	0.2	
1L30	1.0	1.8	5	15	20	40	50	80	20	100	0.1	0.2	

Produttori e Links

❑ PSD

- ❑ Sitek (Sweden)
(<http://www.sitek.se/>)
- ❑ ON-TRAK Photonics, Inc. (USA)
<http://www.on-trak.com/>

❑ Laser Triangulator

- ❑ MICRO-EPSILON (Germany)
<http://www.micro-epsilon.com/>

Misuratori di distanza laser a triangolazione

Prodotti commerciali



Misuratori di distanza laser a triangolazione

Prestazioni - 1

□ MICRO-EPSILON

	Meas. range	Resolution	Linearity	Freq. resp.
□ optoNCDT 1401	5 ... 250 mm	0,01 % FSO	<± 0,2 % FSO	1 kHz
□ optoNCDT 1607	0,5 ... 200 mm	0,03 % FSO	<± 0,2 % FSO	10 kHz
□ optoNCDT 1700	2 ... 750 mm	0,01 % FSO	<± 0,08 % FSO	2,5 kHz
□ optoNCDT 2200	2 ... 200 mm	0,005 % FSO	<± 0,03 % FSO	10kHz
□ optoNCDT 2400	0,08 ... 24 mm	0,004 % FSO	<± 0,05 % FSO	1 kHz

- La risoluzione corrisponde generalmente ad una certa percentuale del campo di misura (dipendentemente dal tipo di PSD utilizzato)

Misuratori di distanza laser a triangolazione

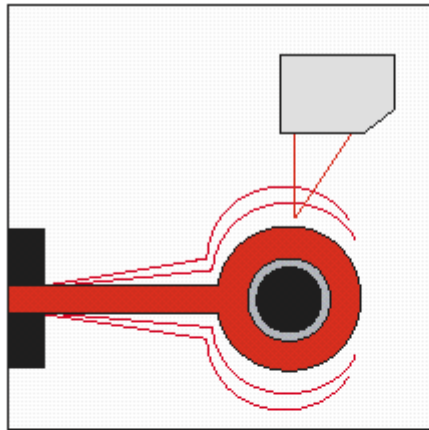
Prestazioni - 2

Specifications		Sensor							
		LD 1607-05	LD 1607-2	LD 1607-4	LD 1607-10	LD 1607-20	LD 1607-50	LD 1607-100	LD 1607-200
Measuring range	mm	0.5	2	4	10	20	50	100	200
Reference distance ¹	MR mm	24 (2)	24	24	45	65	120	220	340
Linearity	± %	±0.250	±0.250	±0.250	±0.250	±0.250	±0.250	±0.250	±0.250
Resolution (noise) ²	static µm	0.1	0.5	1	3	6	20	30	60
Frequency response		10 kHz, 7 kHz, 4 kHz, 1 kHz, 250 Hz, 100 Hz, 25 Hz or 15 Hz (-3 dB), selectable with DIP switches							
Temperature stability		±0.03%FSO / °C							
Light source		laser 1 mW, wavelength:675 nm (red)							
Life cycle	typ.	100,000 h (laserdiode)							
Laser safety class		class 2 acc.DIN EN 60825-12001-11							
Spot diameter	MR mm	0.1	0.3	0.3	0.6	0.9	1.5	1.5	4
Permissible ambient light		20,000 lx							
Output	displacement intensity	± 10 V 4 - 20 mA / B232 0 V.. 10 V							
Vibration		2 g (IEC-6)							
Shock		15 g (IEC-6)							
Operation temperature		0 ... 50 °C							
Storage temperature / humidity		-20 ... 70 °C up to 90%							

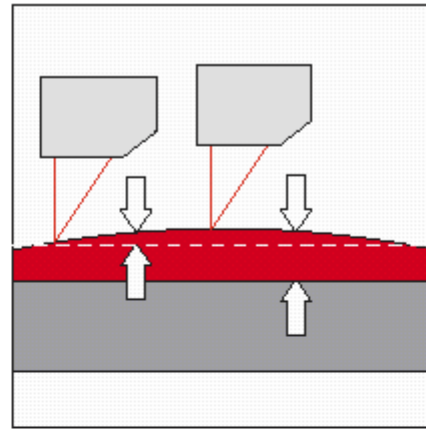
Misuratori di distanza laser a triangolazione

Applicazioni

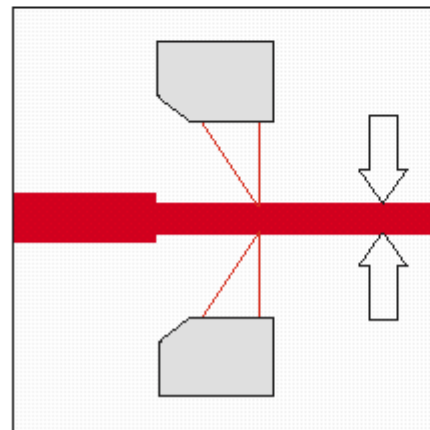
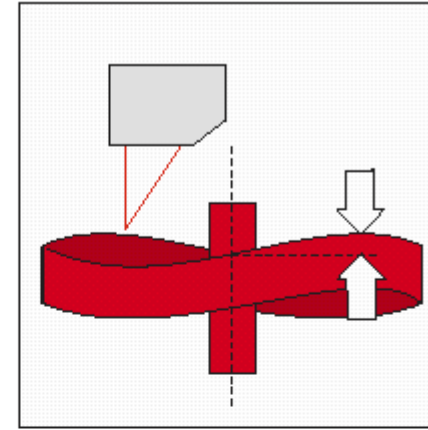
Misura di vibrazioni
(anche su alberi rotanti !!)



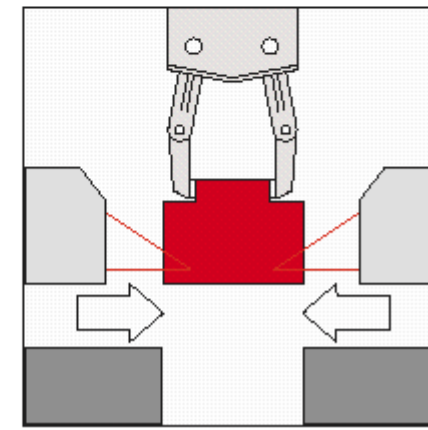
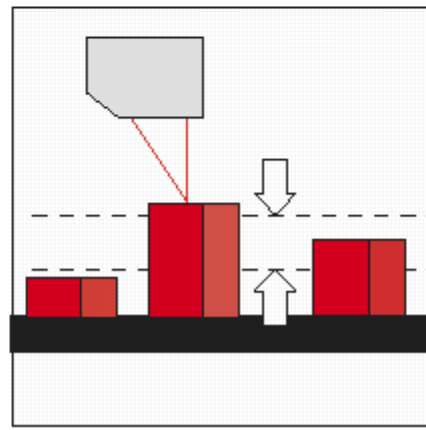
Profilometria /
planarità



Planarità
(disco rotante)



Spessore



Misuratori di distanza laser a triangolazione

Prestazioni

