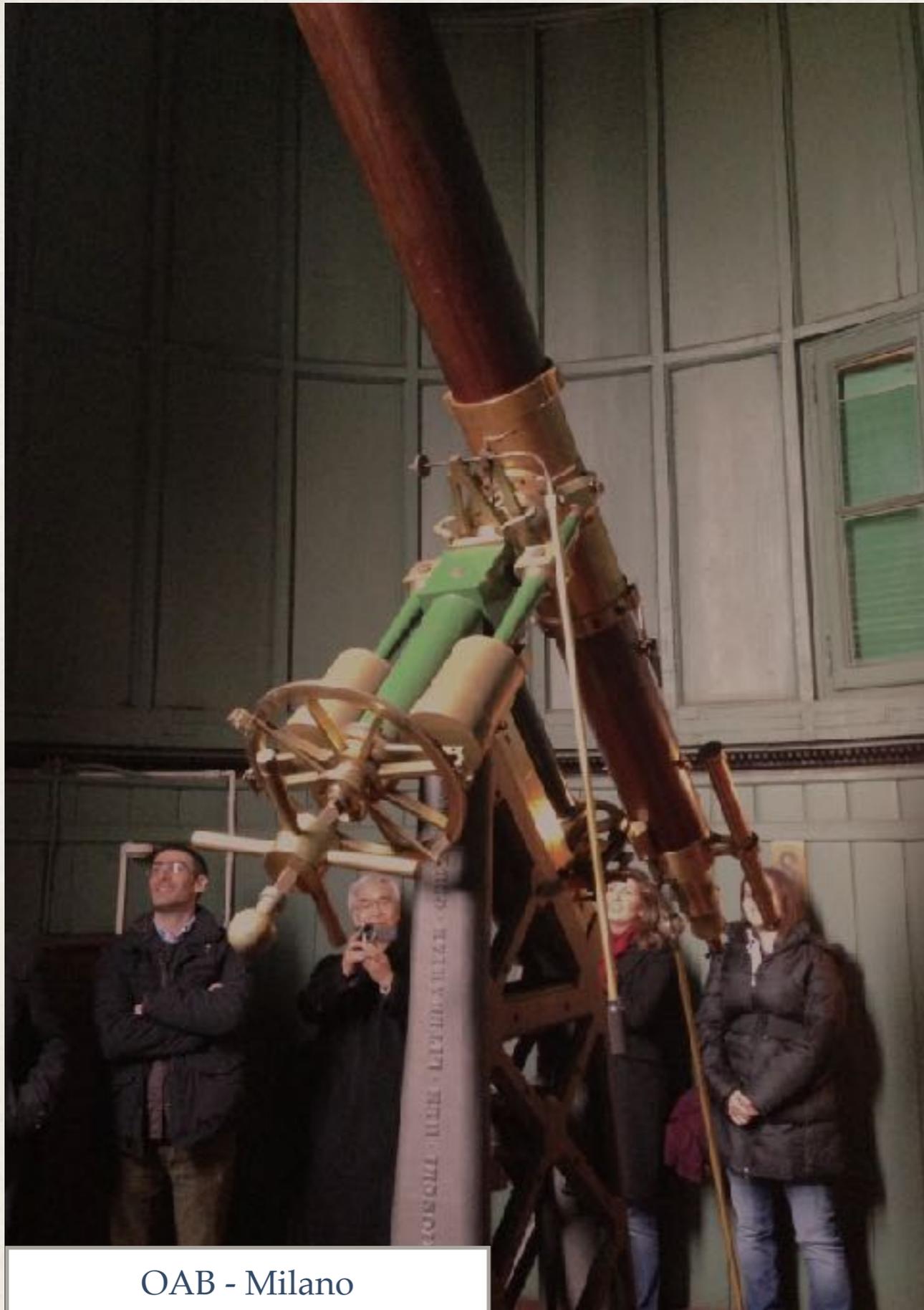


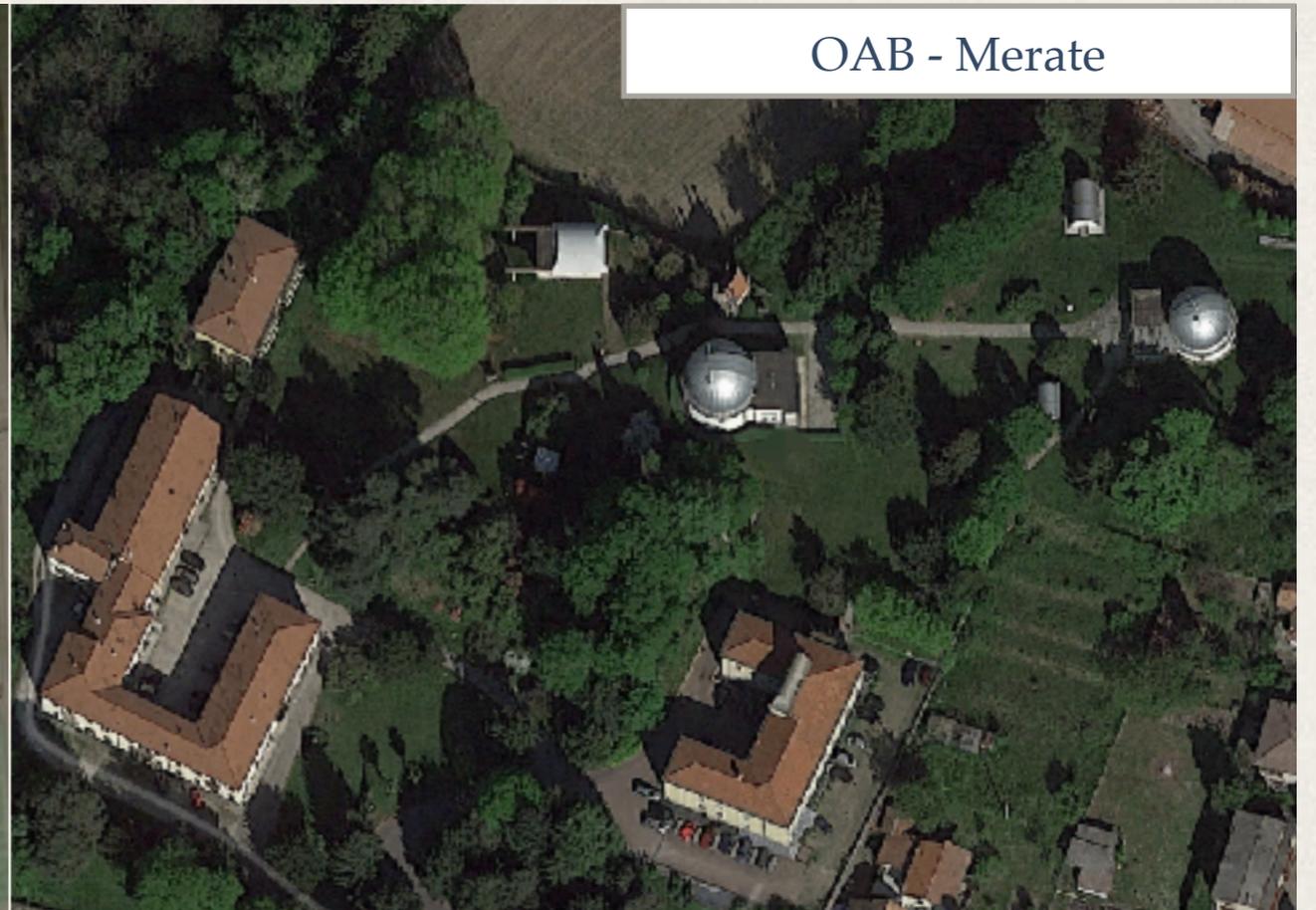
Reticoli Fotopolimerici in Astronomia: *Aspetti pratici e risultati in cielo*

Genova, feb. 2017

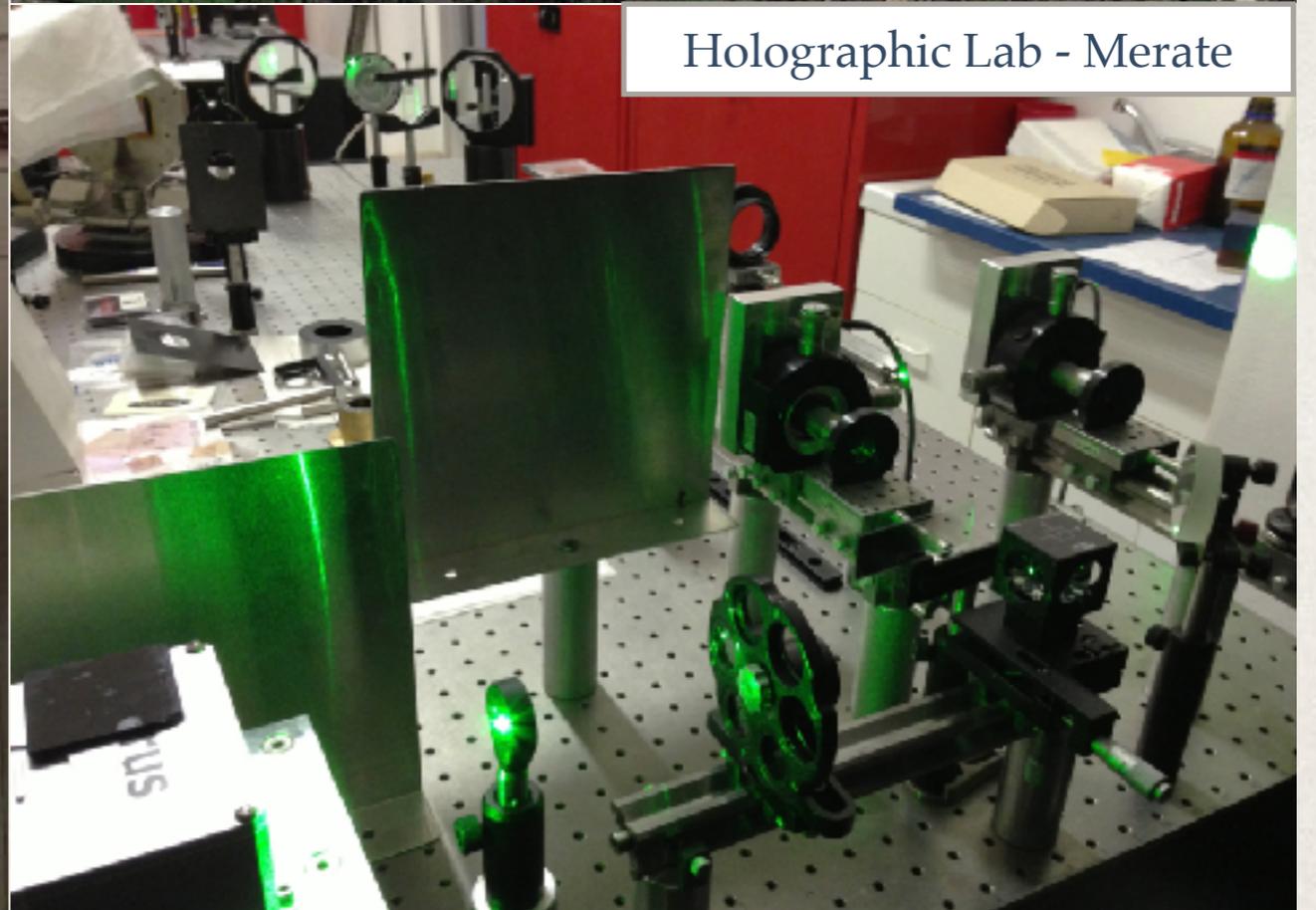
Alessio Zanutta - alessio.zanutta@brera.inaf.it



OAB - Milano



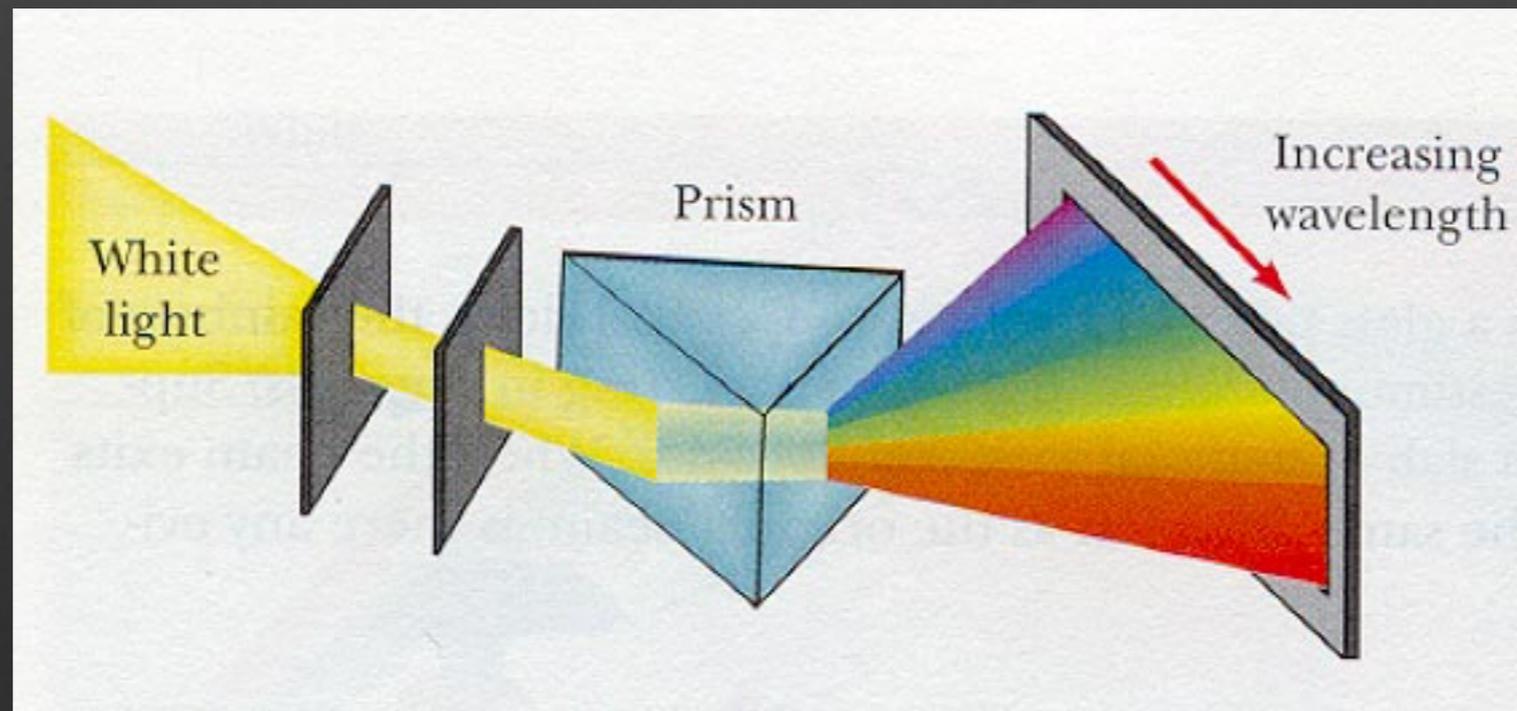
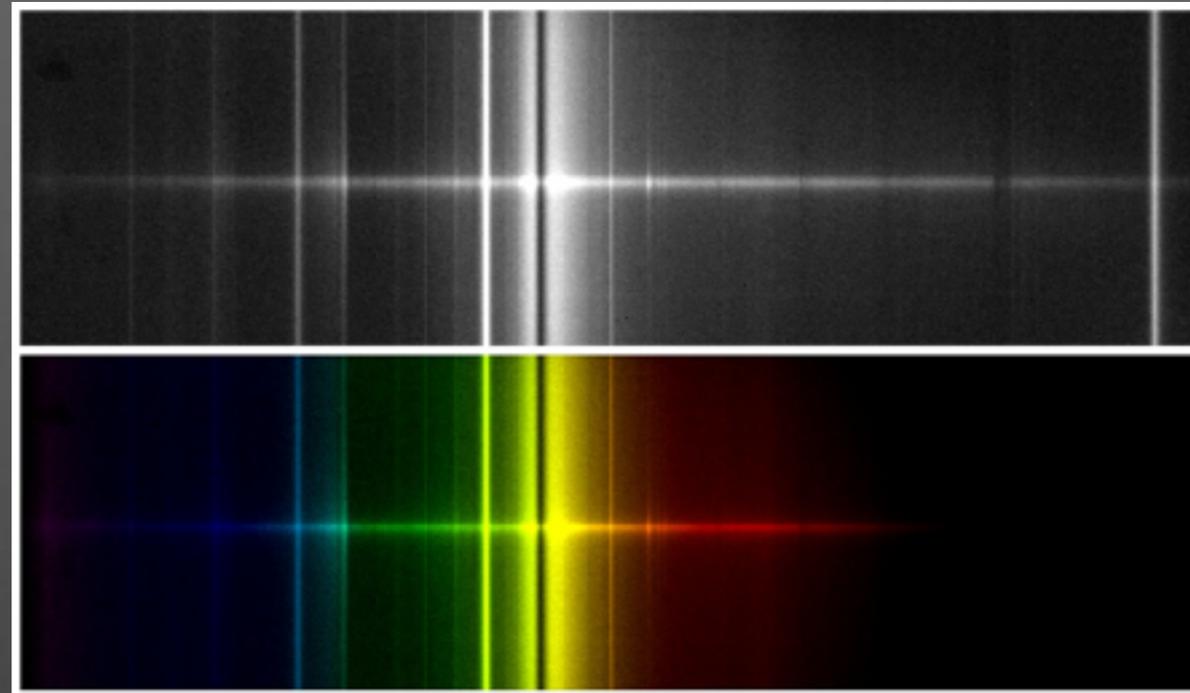
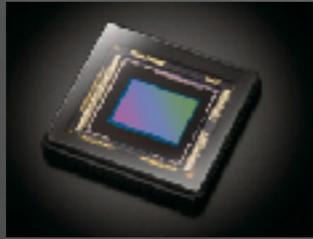
OAB - Merate



Holographic Lab - Merate

- i) reticoli di diffrazione;
- ii) tipologie di reticoli;
- iii) VPHG;
- iv) olografia;
- v) nuova famiglia di materiali: fotopolimeri;
- vi) progettazione ad hoc delle caratteristiche;
- vii) uno spettrografo;
- viii) esempi di design;
- ix) esempi di manufacturing;
- x) esempi di osservazioni in cielo;

La rilevazione delle lunghezze d'onda



il reticolo di diffrazione

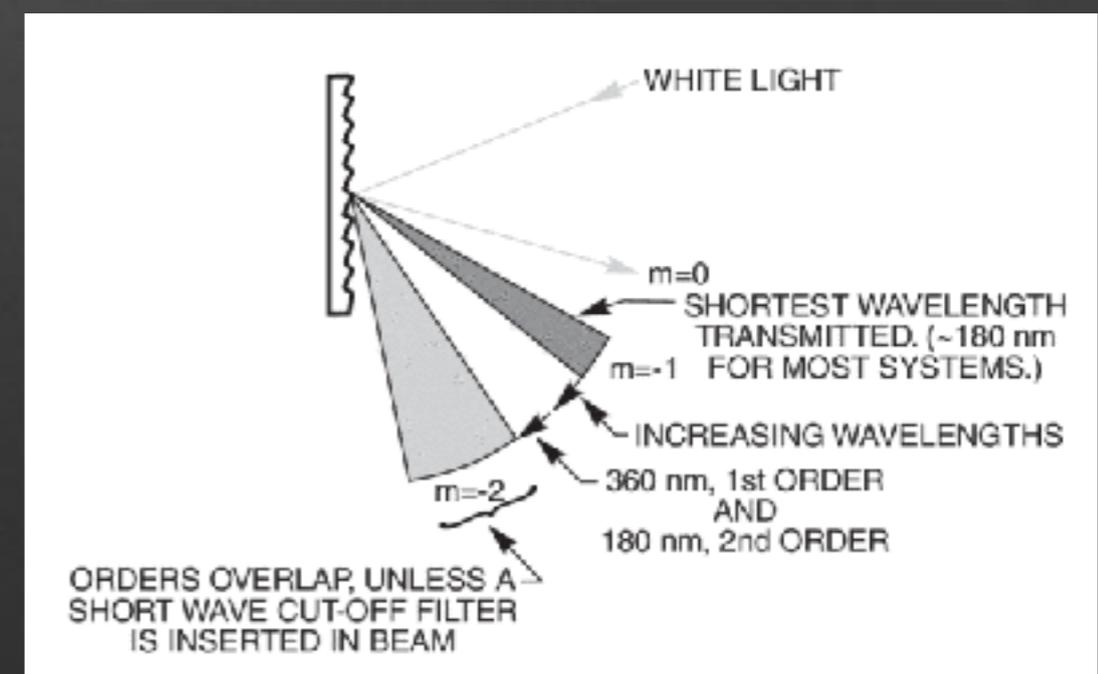
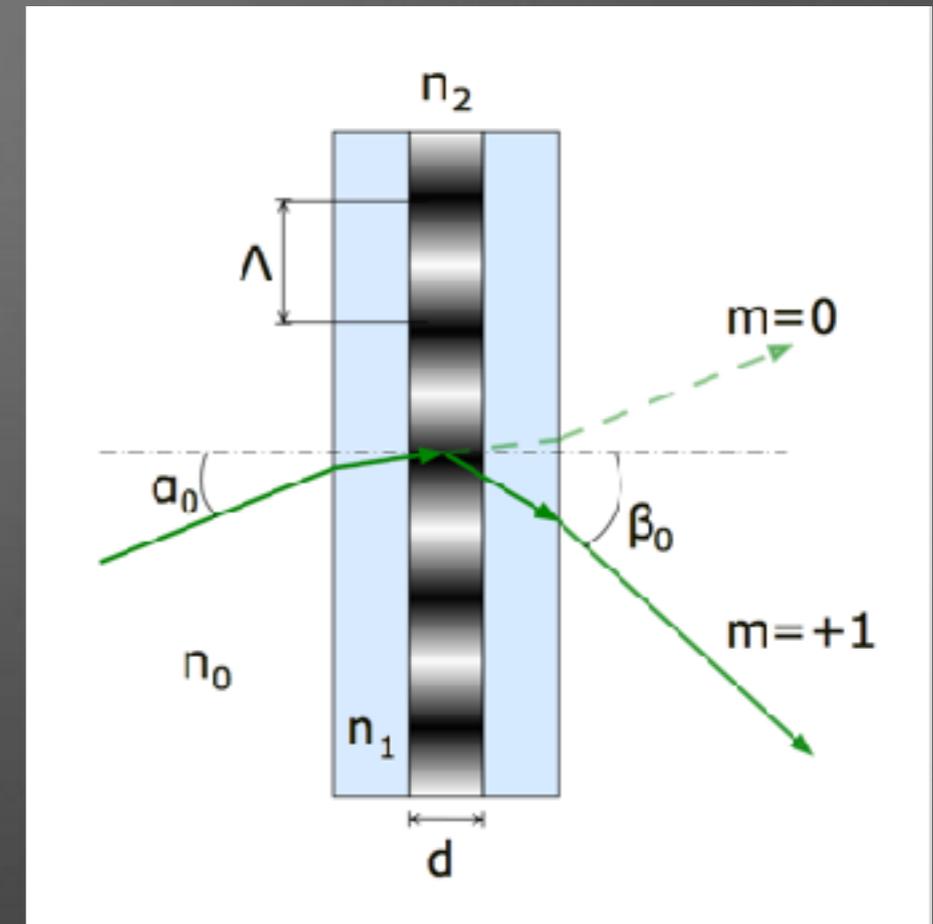
Descrizione del comportamento geometrico di un reticolo:

- equazione del reticolo

$$\frac{m\lambda}{n_i} = \Lambda (\sin \alpha_i + \sin \beta_i)$$

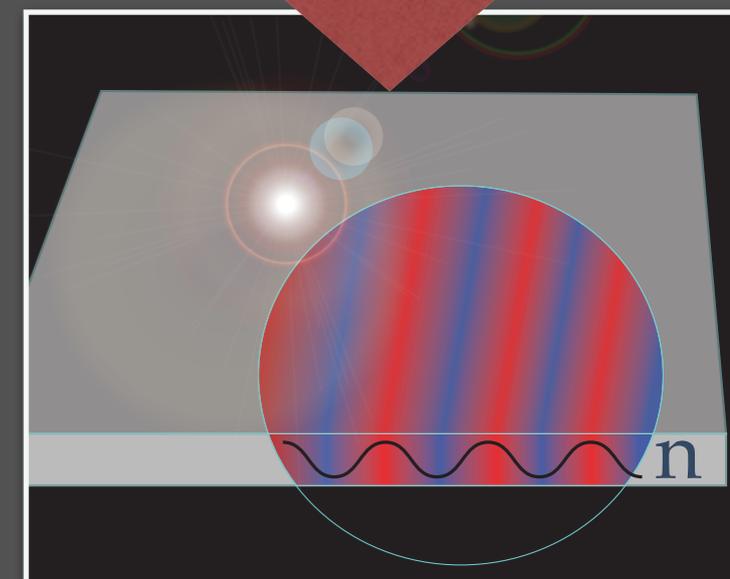
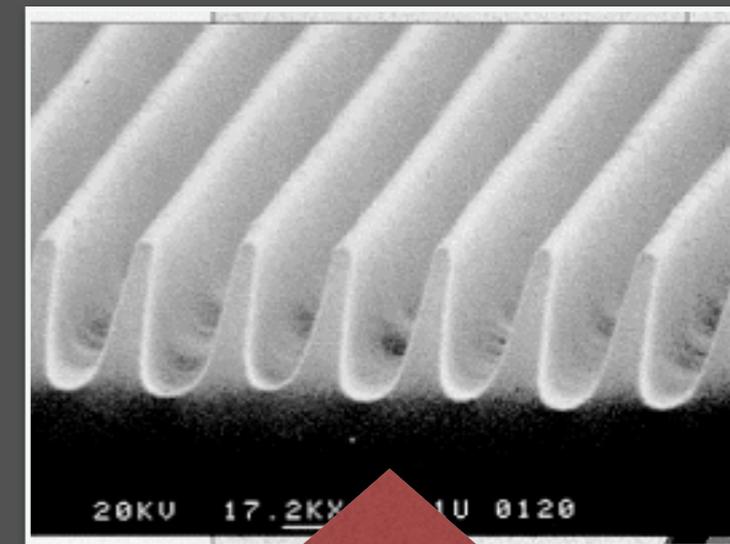
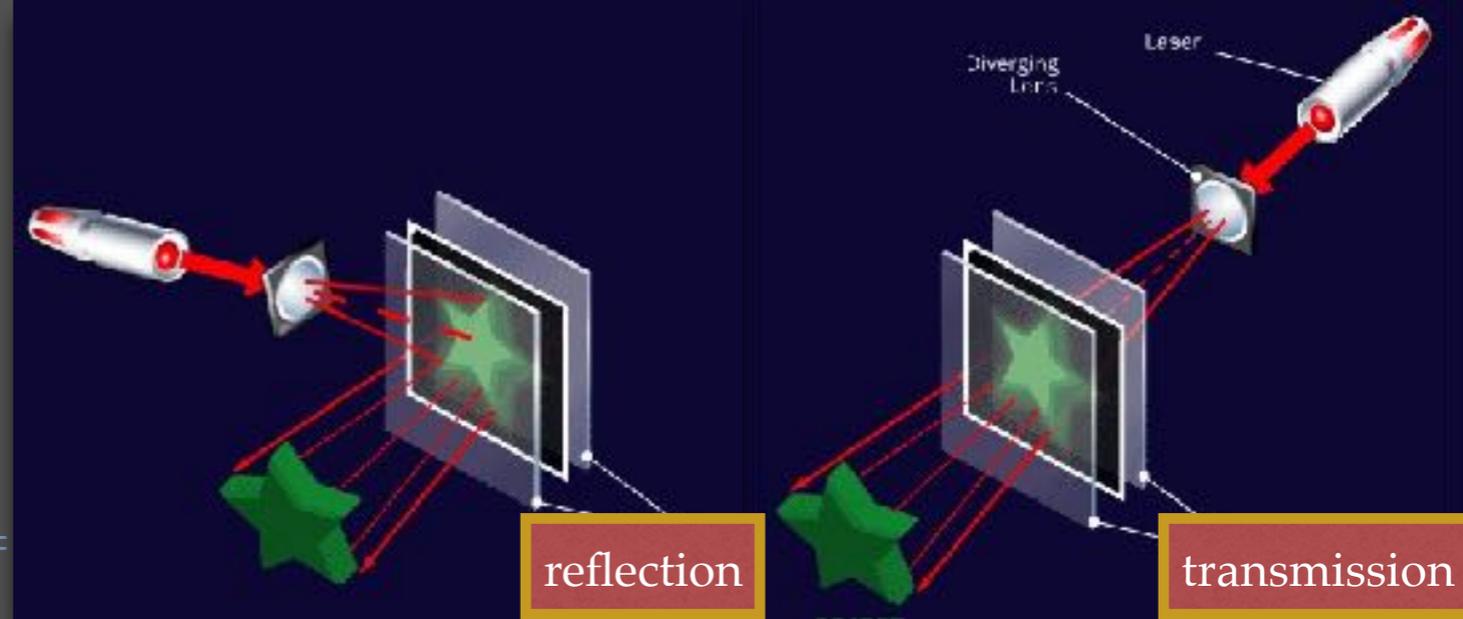
- dispersione

$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{m\Lambda}{\cos \beta}$$



Reticoli: Differenti tipologie di elementi di diffrazione

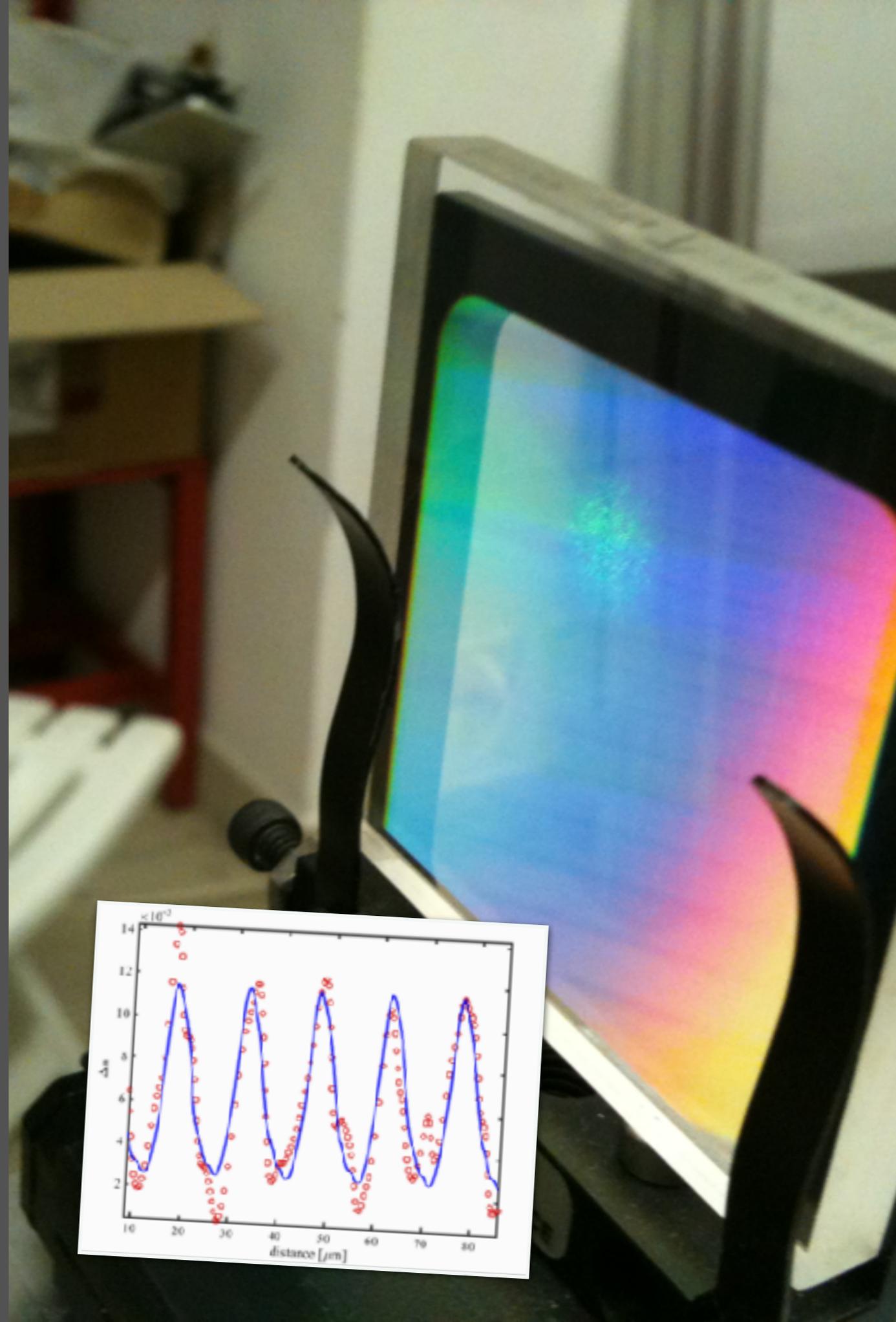
- ❖ trasmissione vs. riflessione
- ❖ ampiezza (trasparenza) vs. fase (inducono un "phase shift")
- ❖ applicazioni:
 - data storage;
 - digital holography;
 - lenti focalizzanti;
 - reticoli di diffrazione per spettroscopia;
 - [...]



Volume Phase Holographic Gratings (VPHGs)

- elevata efficienza di picco (>90%);
- tunable efficiency (super blaze); *può essere ingegnerizzata*
- dimensioni elevate (limitate dalle ottiche);
- dispersioni elevate (più di 6000 lines/mm);
- processo semplice;
- personalizzabili e con strutture complesse.

possono essere utilizzati anche come strumento di caratterizzazione dei materiali



caratteristiche dei VPHG

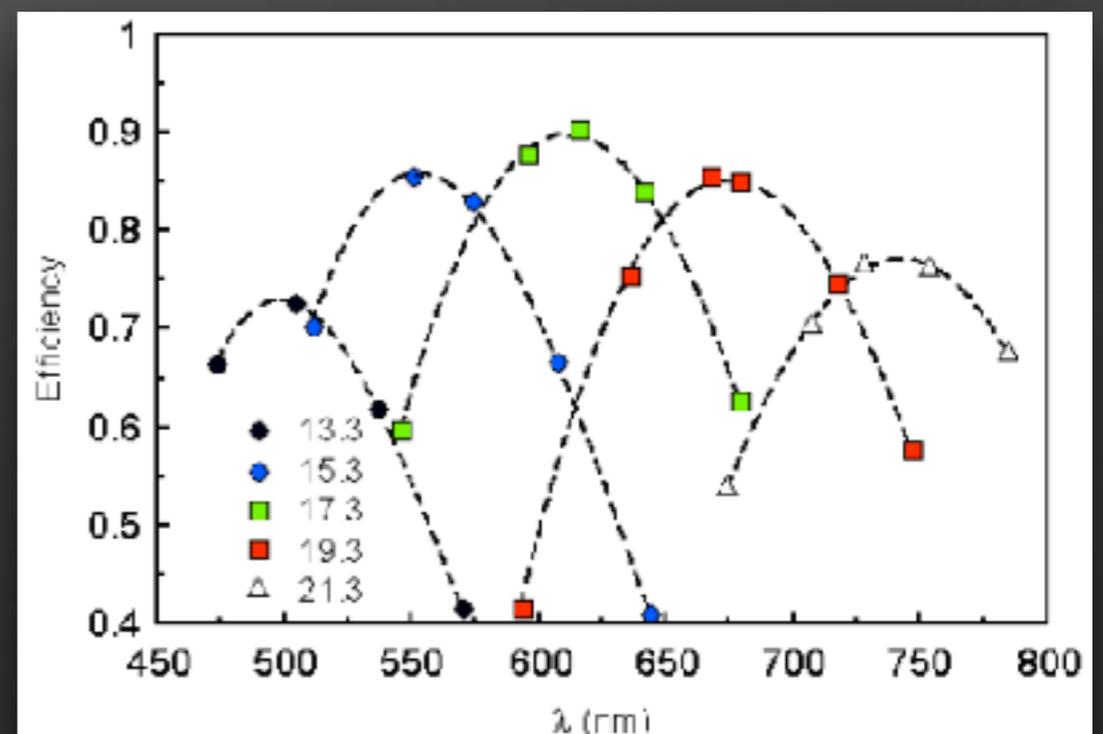
- **Dispersione:** legata all'equazione del reticolo;

$$\frac{m\lambda}{n_i} = \Lambda (\sin \alpha_i + \sin \beta_i)$$

- **Efficienza:** legata alla diffrazione di Bragg;

$$m\lambda = 2\Lambda \sin \alpha$$

- *si tradurrà poi nei modelli RCWA o Kogelnik*



Modelli per simulare il comportamento dei reticoli

- **RCWA** *Rigorous coupled-wave analysis (RCWA) is a **semi-analytical** method in computational electromagnetics that is most typically applied to solve scattering from periodic dielectric structures. It is a Fourier-space method so devices and fields are represented as a sum of spatial harmonics.*

Magnusson & Gaylord (1978); Moharam and Gaylord (1981)

- **Kogelnik's "coupled-wave theory"**

*provides **analytical** solutions for transmission as well as for reflection conditions*

$$\eta = \frac{1}{2} \sin^2 \left(\frac{\pi \Delta n_2 d}{\lambda \cos \alpha_{2b}} \right) + \frac{1}{2} \sin^2 \left[\frac{\pi \Delta n_2 d}{\lambda \cos \alpha_{2b}} \cos (2\alpha_{2b}) \right], \quad (8)$$

approximations:

1. only 1st (and 0) order propagated;
2. infinite grating.

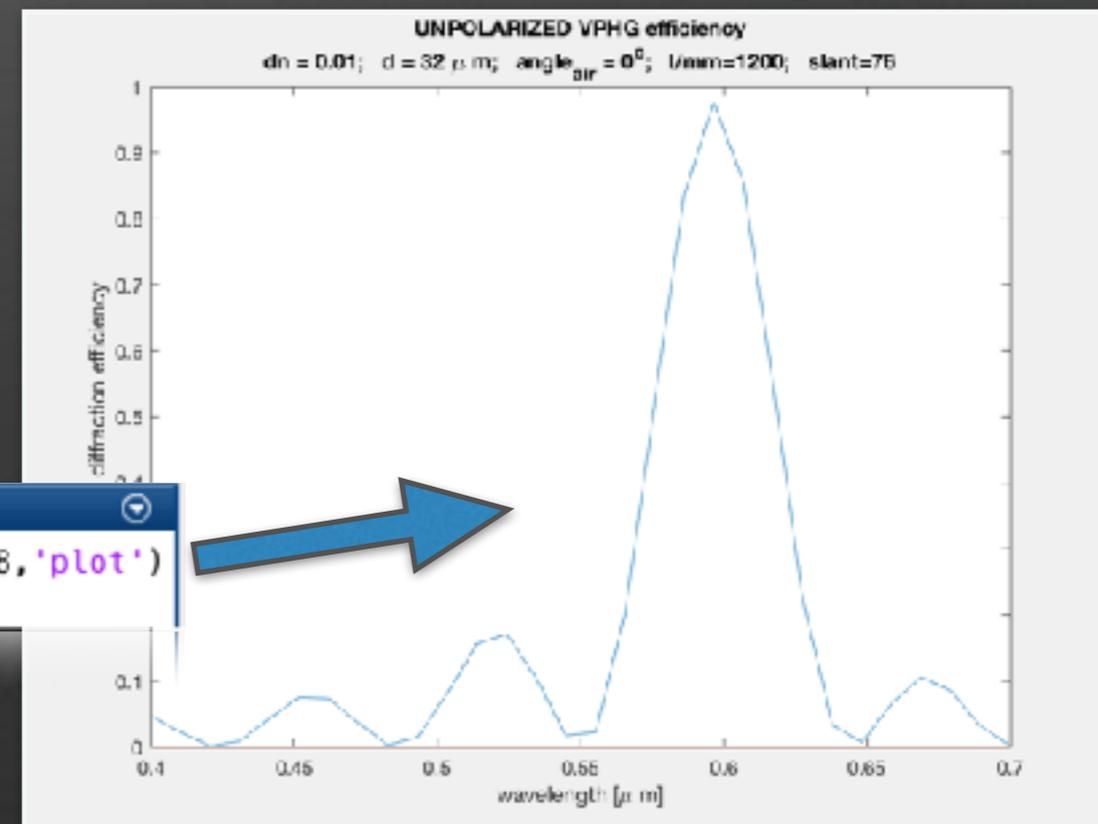
H. Kogelnik, Bell Syst. Tech. J. 48(9), 2909–2947 (1969)

Command Window

```
1,ttm1,rte,rtm]=efficiencyRTF('drop',0.400,0.700,30,0.010,32,0,1,1200,90-14,1.48,'plot')
```

fx

fx

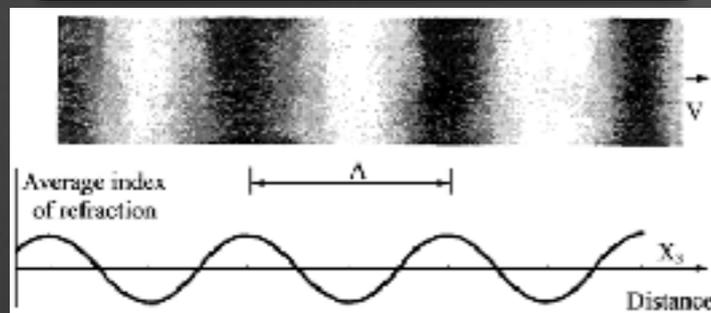


Le caratteristiche di un VPHG

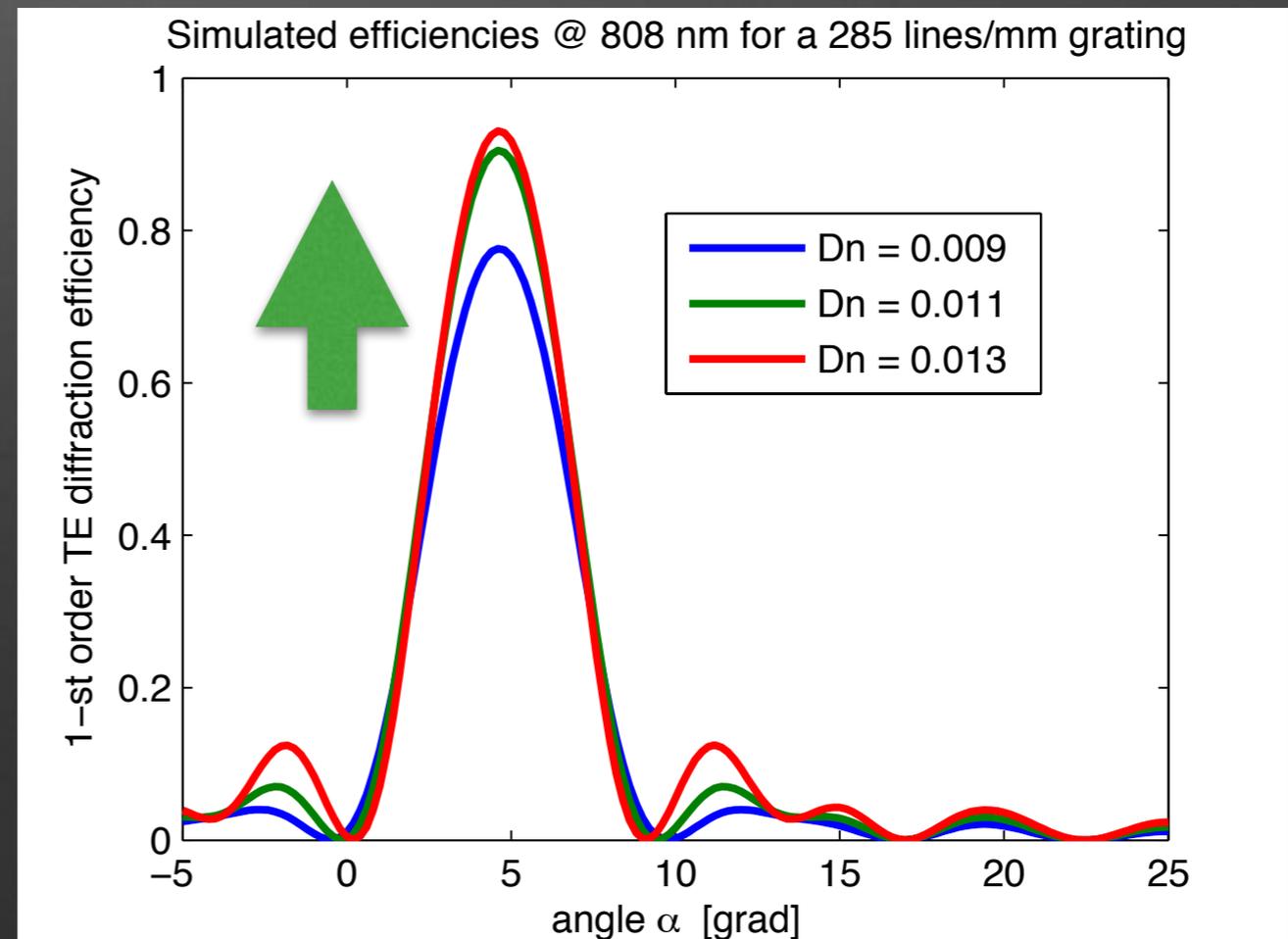
Dai modelli possiamo comprendere il comportamento della curva di efficienza in funzione della lambda o dell'angolo di incidenza.

- come varia l'efficienza
- i **parametri fondamentali** sono il Δn e lo spessore d

$$\eta \propto d \cdot \Delta n$$



Variazione del Δn



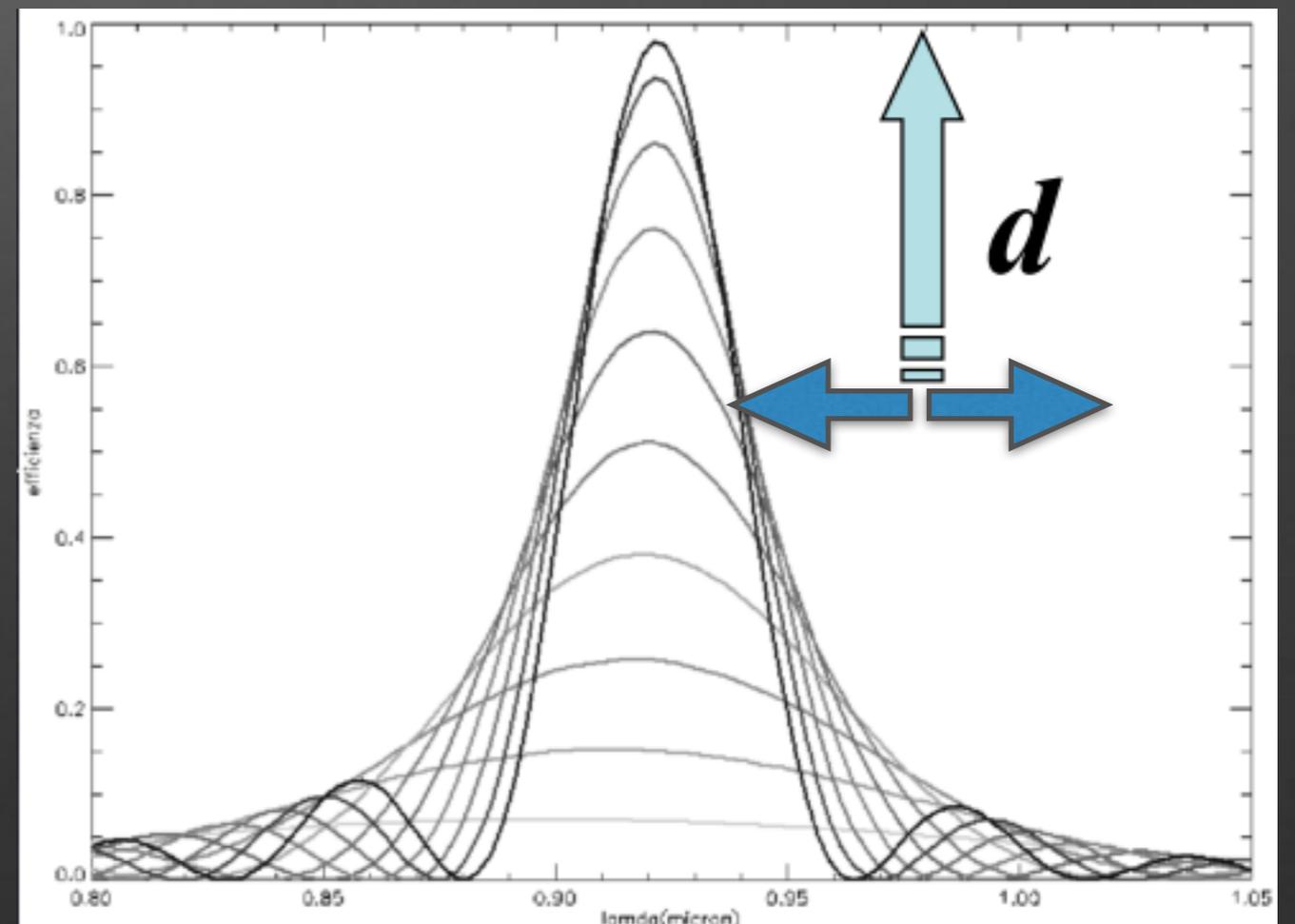
Le caratteristiche di un VPHG

Dai modelli possiamo comprendere il comportamento della curva di efficienza in funzione della lambda o dell'angolo di incidenza.

- come varia l'efficienza
 - i parametri fondamentali sono il Δn e lo spessore d

$$\eta \propto d \cdot \Delta n$$

Variazione dello spessore del film attivo



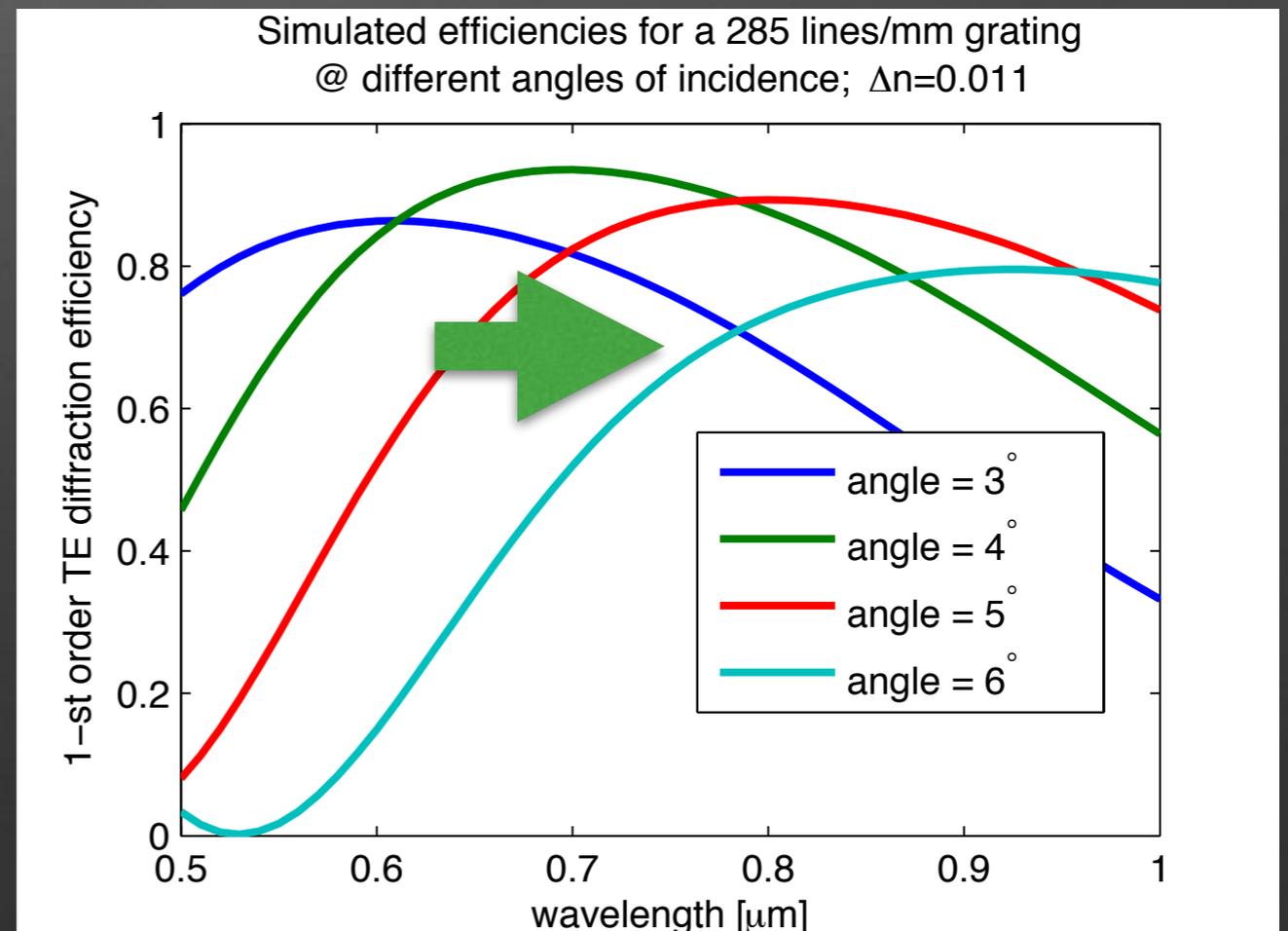
Le caratteristiche di un VPHG

Dai modelli possiamo comprendere il comportamento della curva di efficienza in funzione della lambda o dell'angolo di incidenza.

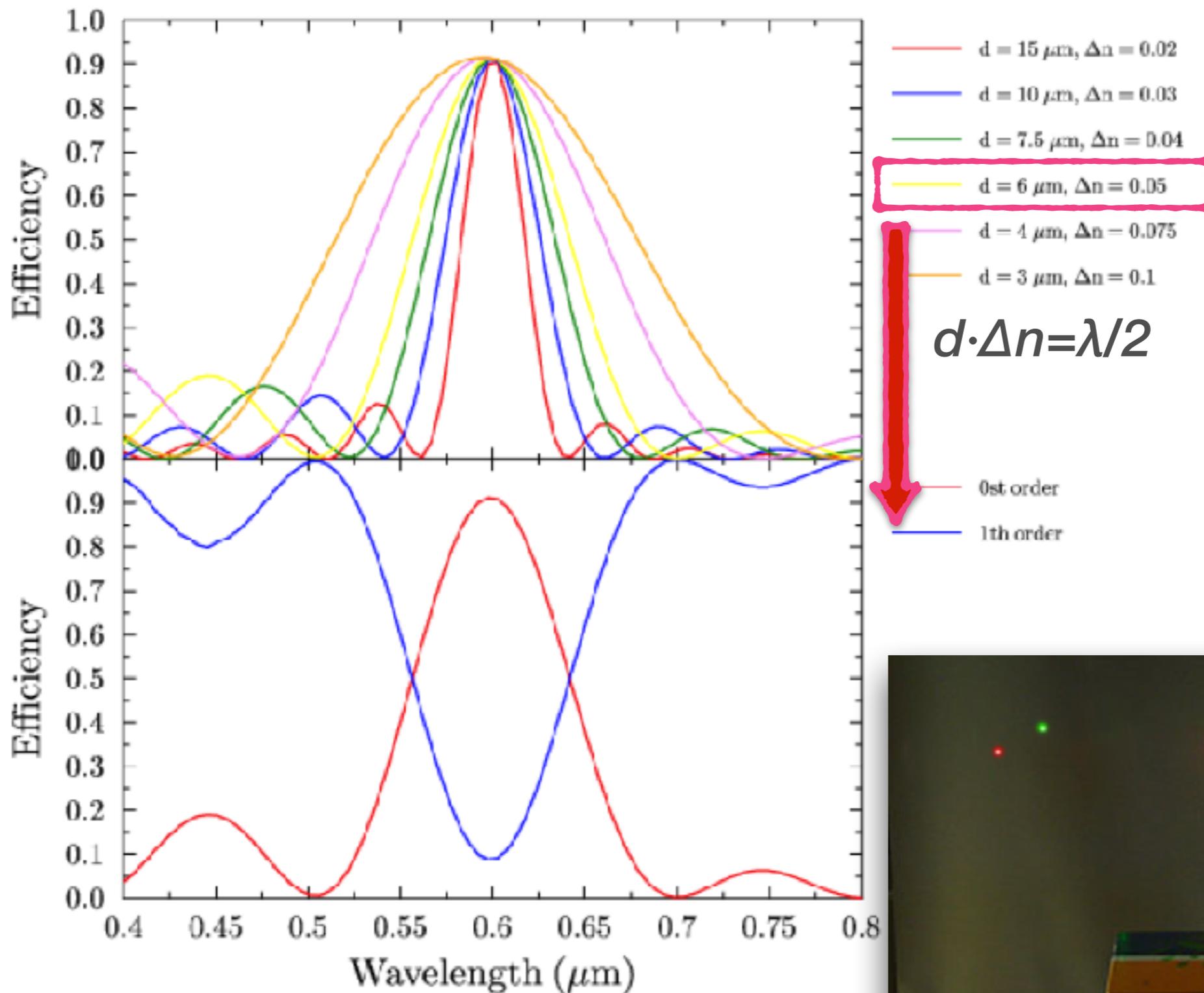
- come varia l'efficienza
- i parametri fondamentali sono il Δn e lo spessore d

$$\eta \propto d \cdot \Delta n$$

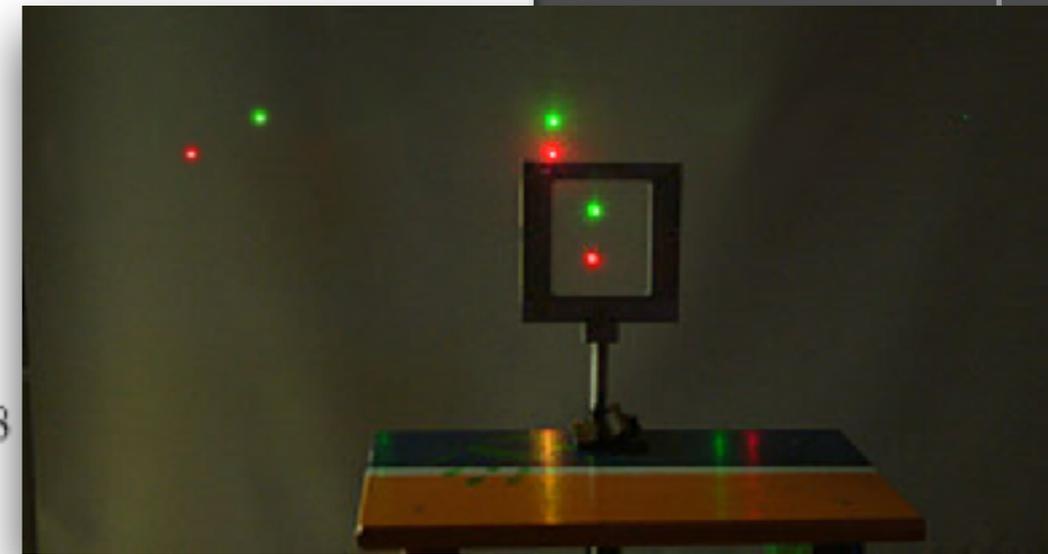
Variazione dell'angolo di incidenza



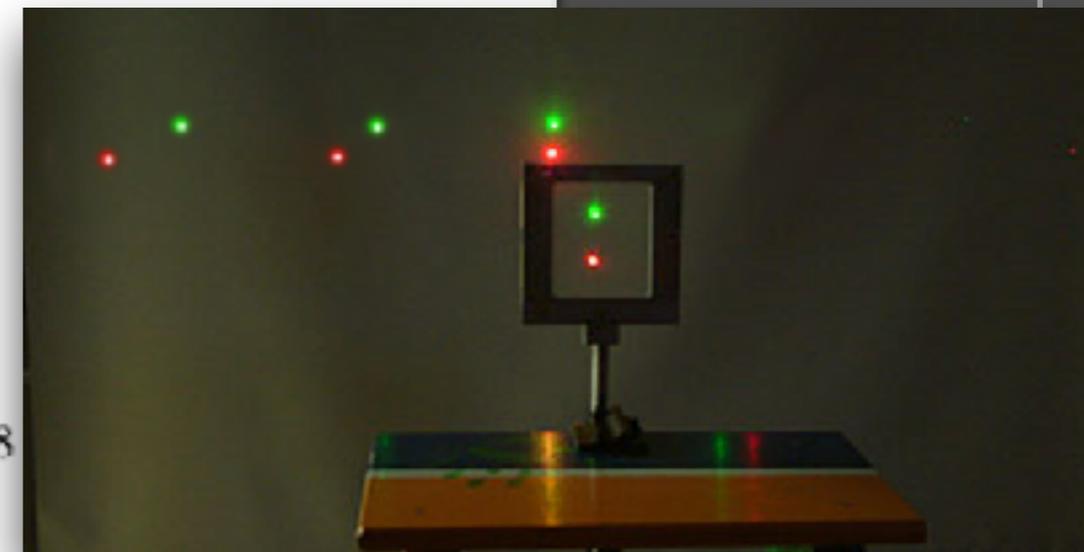
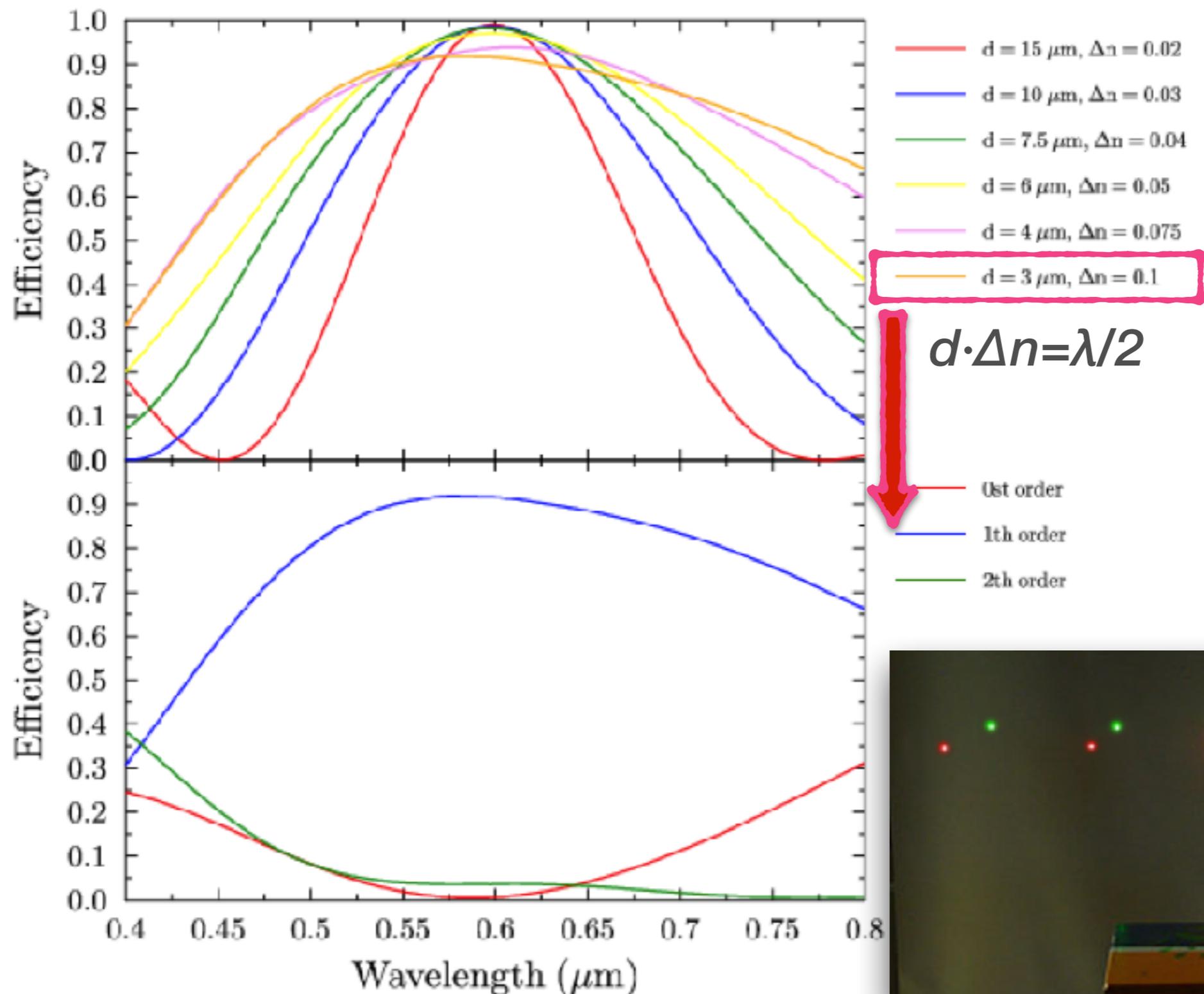
VPHG's behaviour



Top: efficiency curves for a **2000 l/mm** VPHG peaked at 600 nm for different $d - \Delta n$; bottom: zero and 1st order diffraction efficiency in the case of $d = 6 \mu\text{m}$ and $\Delta n = 0.05$.

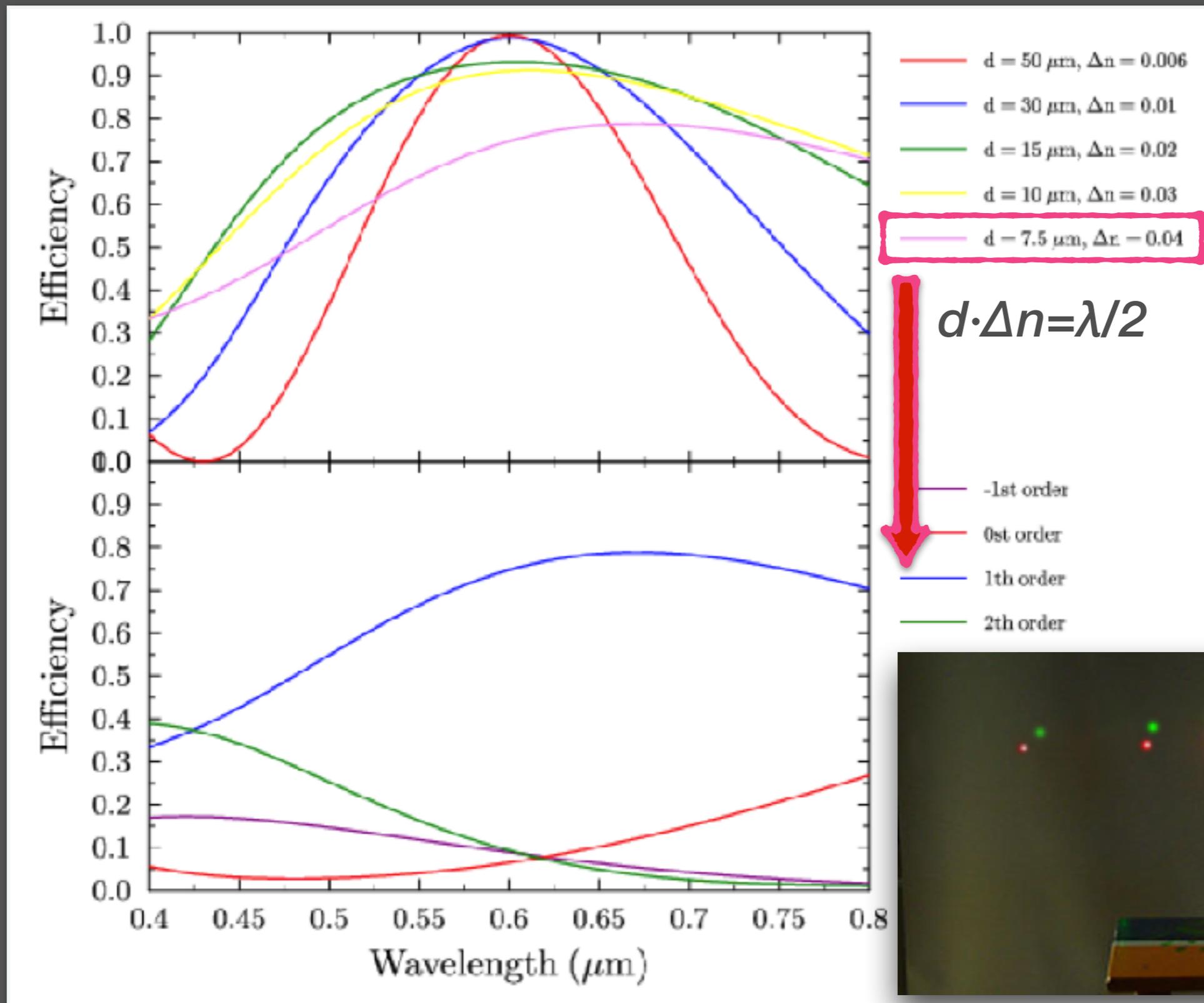


VPHG's behaviour

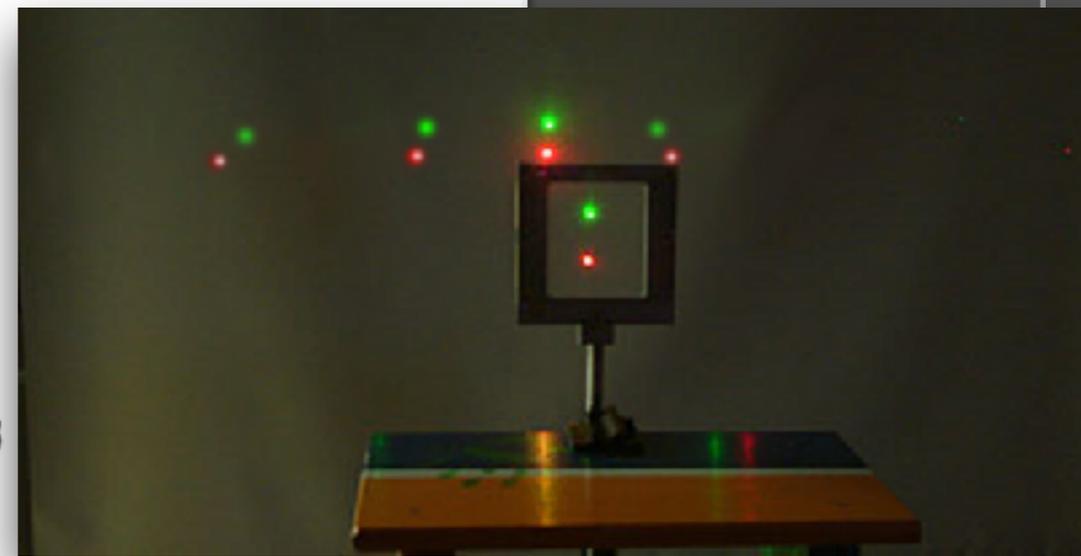


Top: efficiency curves for a **1000 l/mm** VPHG peaked at 600 nm for different $d - \Delta n$;
bottom: zero, 1st and 2nd order diffraction efficiency in the case of $d = 3 \mu\text{m}$ and $\Delta n = 0.1$.

VPHG's behaviour



Top: efficiency curves for a **500 l/mm** VPHG peaked at 600 nm for different $d - \Delta n$;
bottom: zero, 1st and 2nd order diffraction efficiency in the case of $d = 7.5 \mu\text{m}$ and $\Delta n = 0.04$.

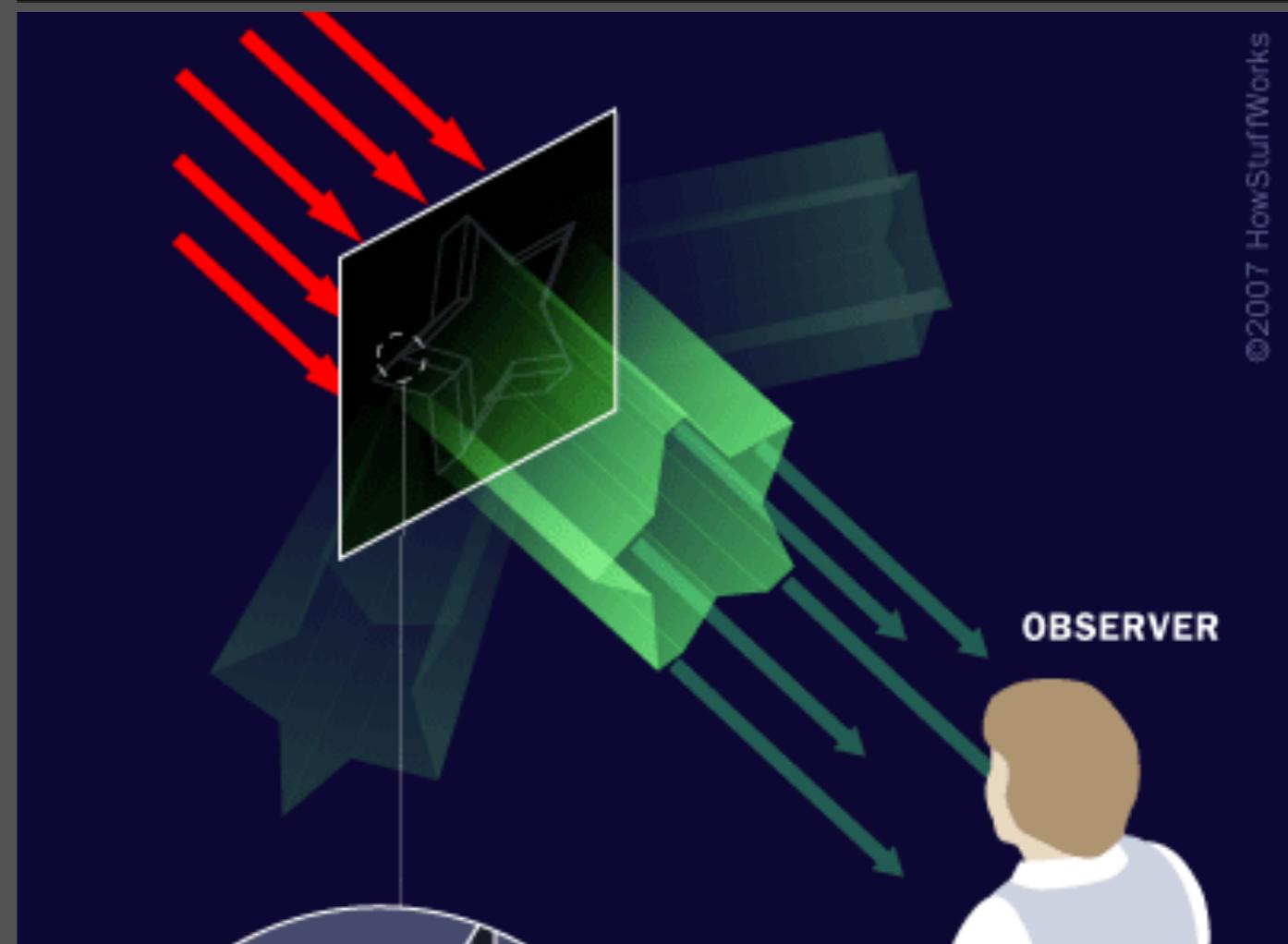


Perché olografici? Cos'è l'olografia?

un processo di visualizzazione di immagini 3D che, attraverso un mezzo opportuno, ricrea quello che succede alla luce dopo la sua diffusione da un oggetto.

Photo vs. Holo:

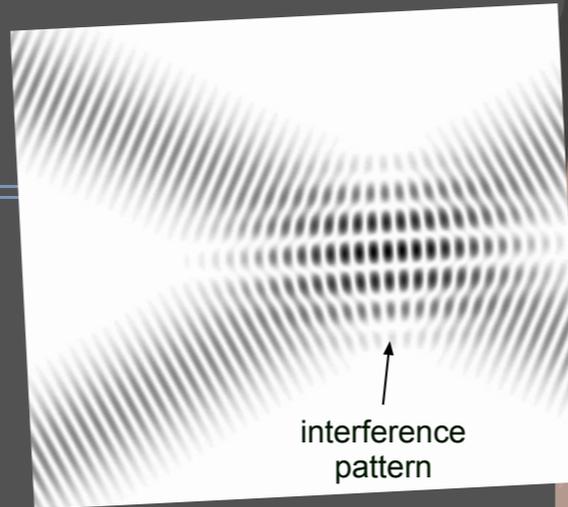
- ❖ statiche e 2D vs. dinamiche e 3D;
- ❖ Foto contengono solo un punto di vista di un oggetto;
- ❖ punti di vista multipli possono essere registrati negli ologrammi grazie all'immagazzinamento nel MEZZO di particolari pattern.



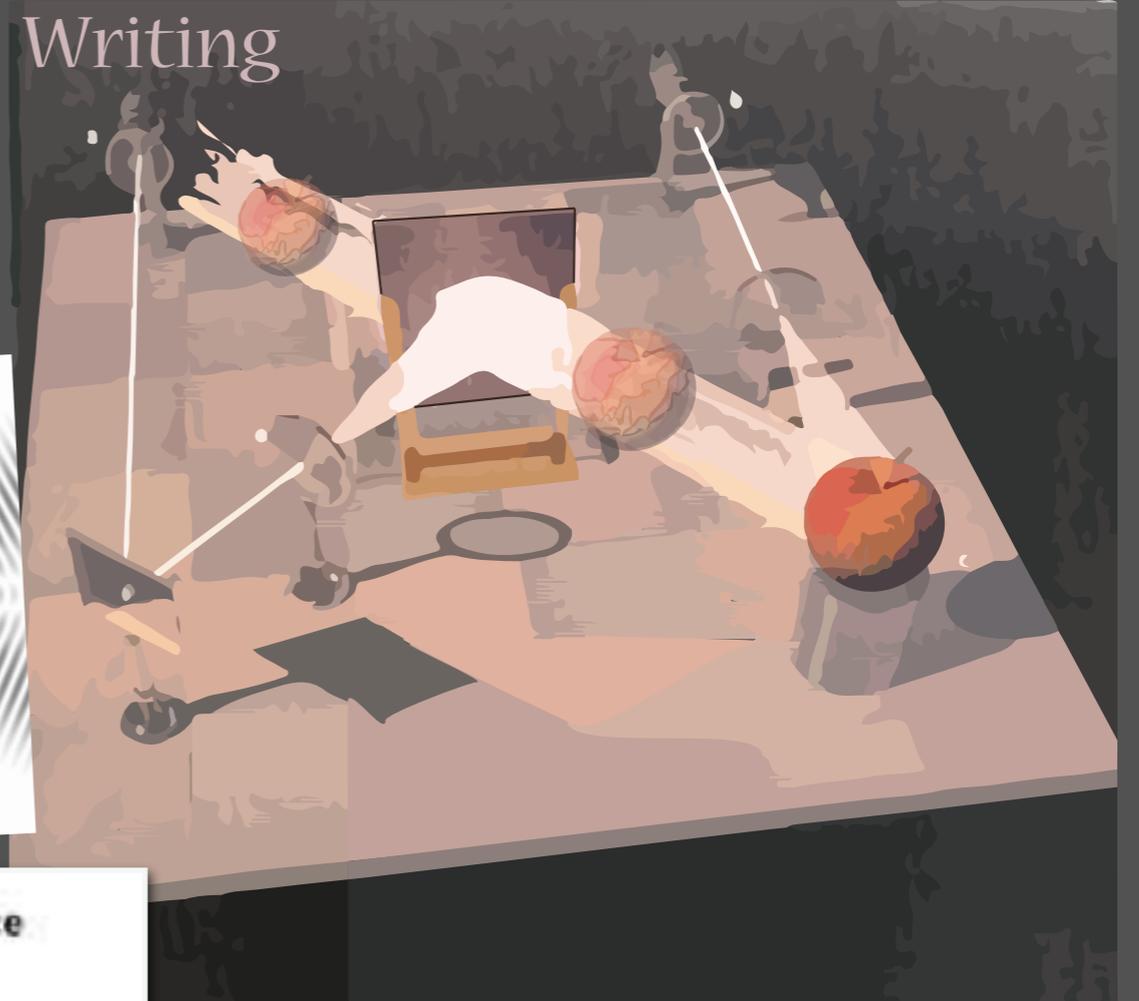
Ologrammi: Come funzionano?

PUNTI CHIAVE:

- ❖ luce coerente e stabile;



Writing



Coherence states how consistent the phase of a wave is over time or space

Time

$$\Phi = \omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}$$

Space

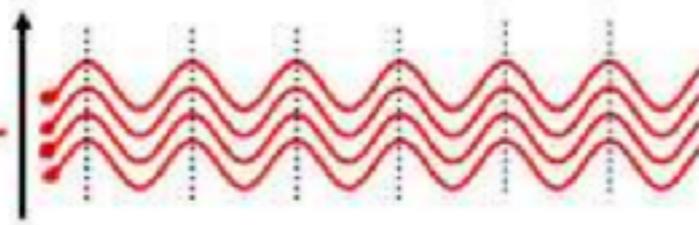
Coherent: Knowing phase at one time tells you phase at later times.

$$\Phi = \omega t - kz$$



Amplitude: $\sum_N \sin(\omega t - kz) \propto N$

Coherent: Well defined phase front



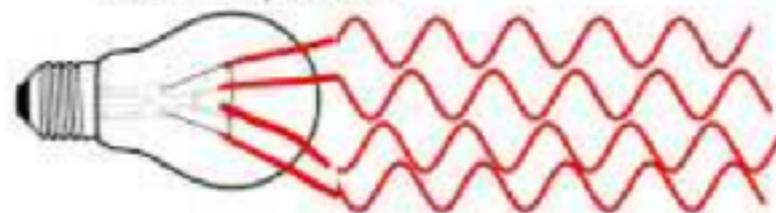
Power \sim (Amplitude)² $\sim N^2$

Incoherent: Phase changes randomly with time- can't guess phase from previous measurement.



Amplitude: $\sum_N \sin(\omega t - kz + \phi_n) \propto \sqrt{N}$

Incoherent: No fixed relationship between phases



Power \sim (Amplitude)² $\sim N$

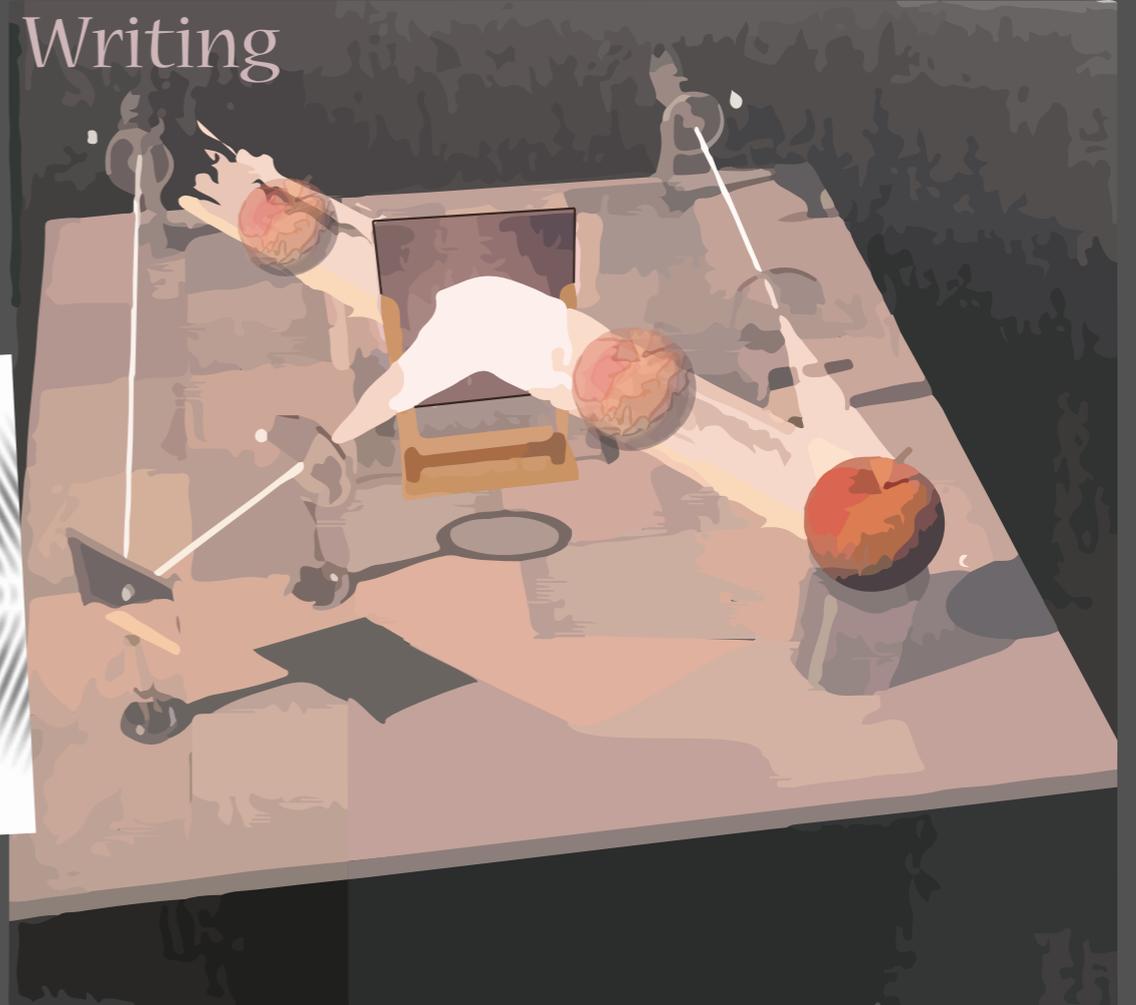
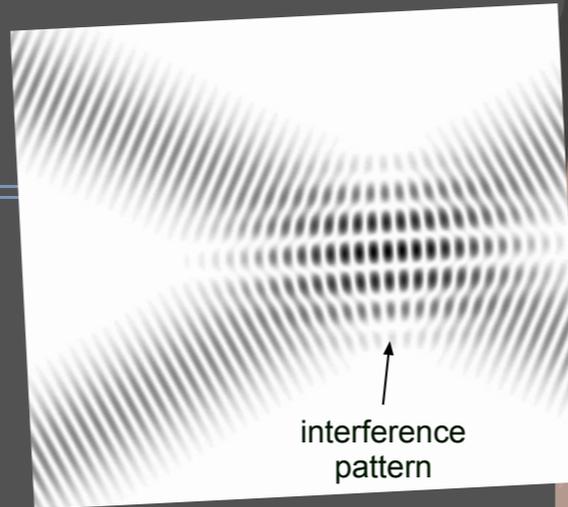
Construction



Ologrammi: Come funzionano?

PUNTI CHIAVE:

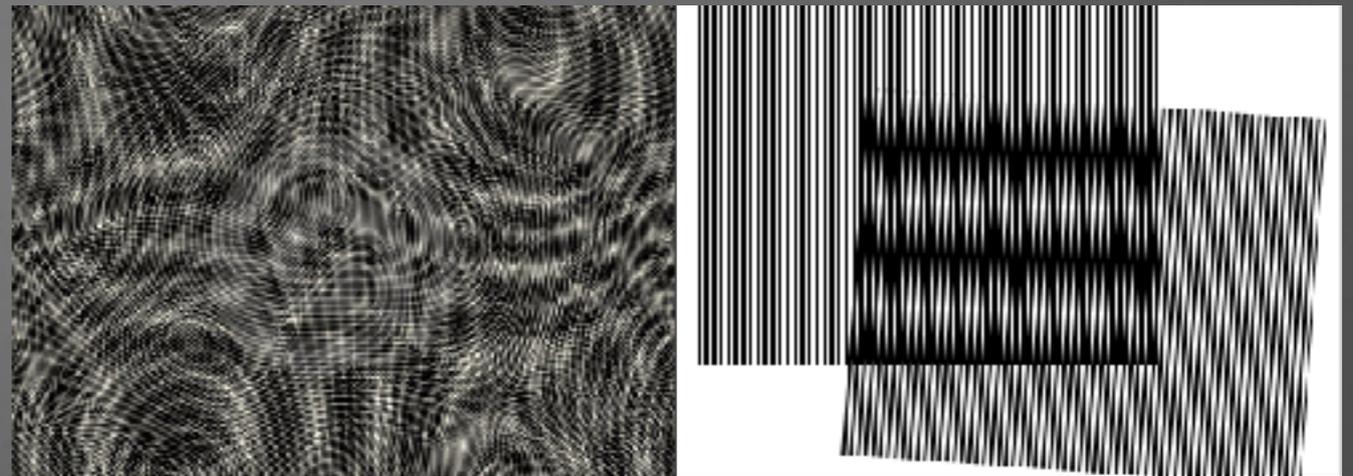
- ❖ luce coerente e stabile;
- ❖ lastra bersaglio fatta di un **materiale fotosensibile**;
- ❖ sovrapposizione di 2 fronti d'onda per produrre un **pattern di interferenza** che contiene tutte le informazioni per costruire l'immagine 3D dell'oggetto;
 - {contiene le informazioni relative all'intensità e alla fase delle onde luminose che l'hanno prodotto};
- ❖ per la **ricostruzione** serve solo 1 fascio di riferimento.



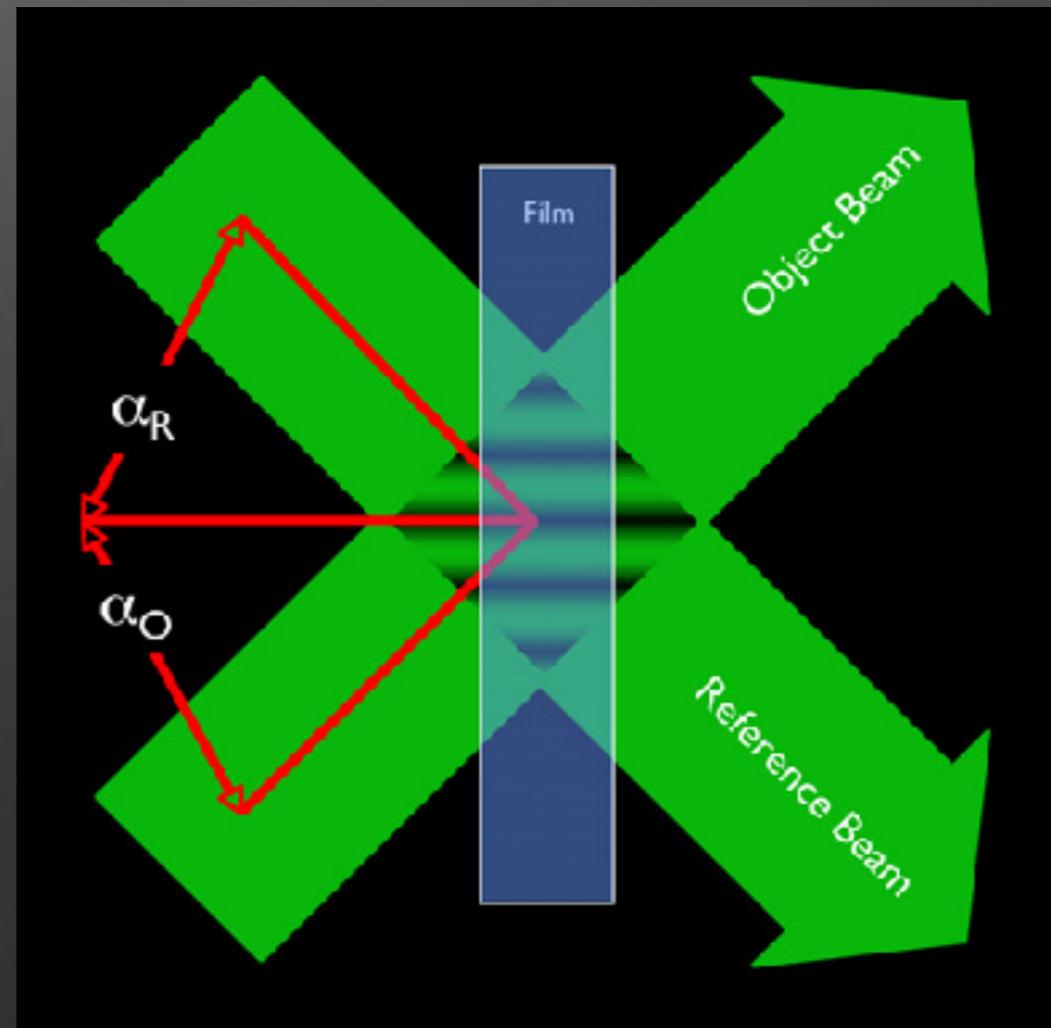
i pattern di interferenza (esempio con Moiré)

hologram

VPHG



**Come si
scrivono gli
ologrammi
vs. come si
scrive un
reticolo**

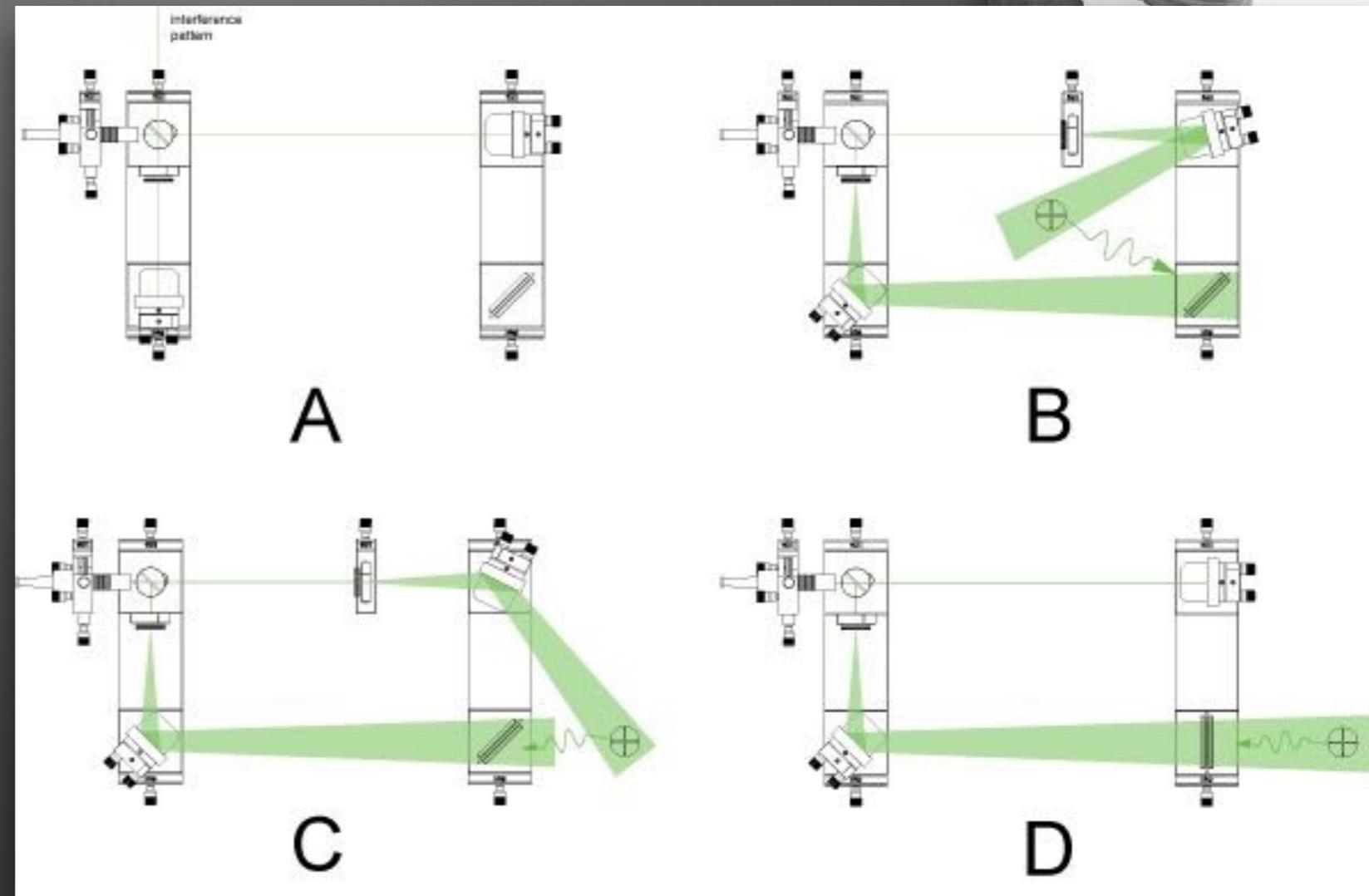


Dennis Gabor - 1971, Nobel
per l'invenzione dell'olografia



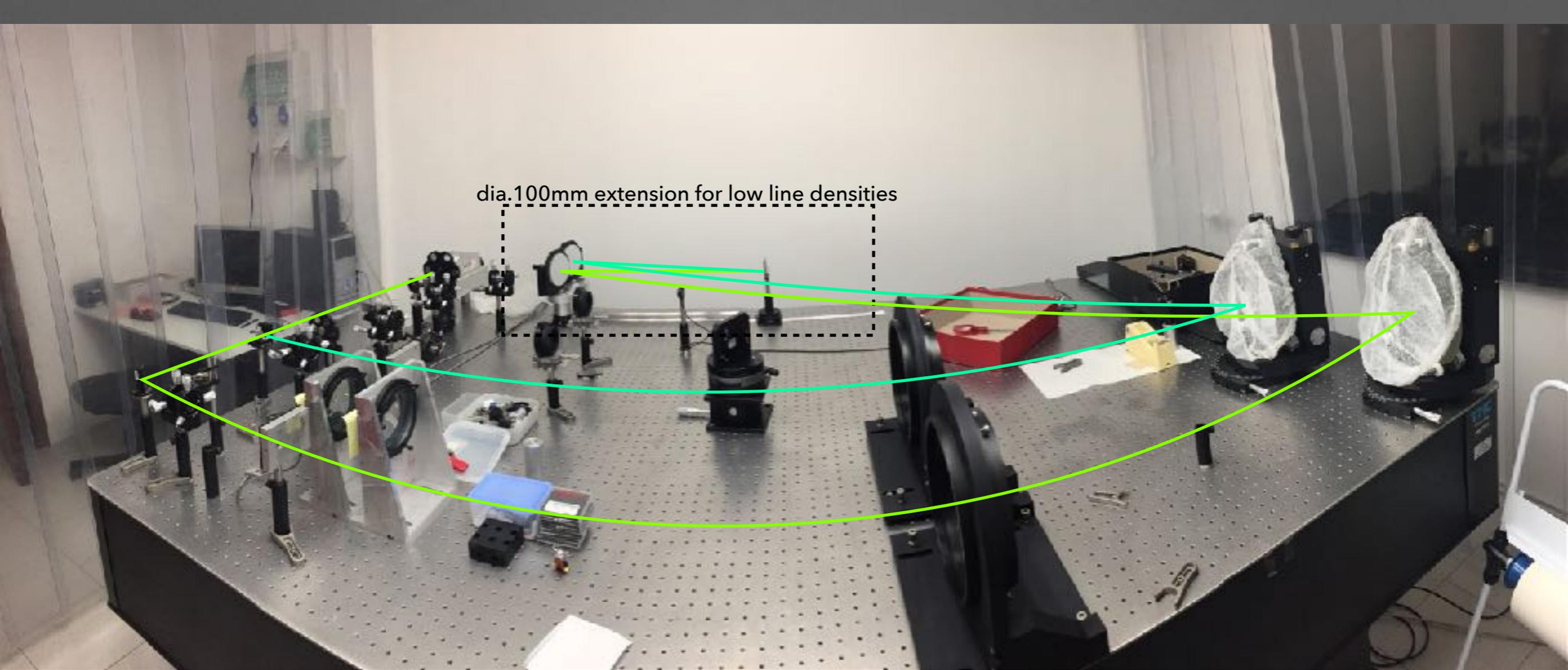
i diversi tipi di ologrammi

- trasmissione (*per evitare riflessioni backscattered, applicazione dell'olio di matching e del filtro*)
- riflessione (*riflessioni, coating antiriflesso*)
- trasmissione oggetto (*rappporto tra l'intensità dei sue fasci*): la sorgente laser illumina sia l'oggetto che il film, la luce scatenata dall'oggetto crea interferenza e viene registrato il pattern che poi crea l'immagine.
- riflessione "Denisyuk" oggetto



Yuri Denisyuk



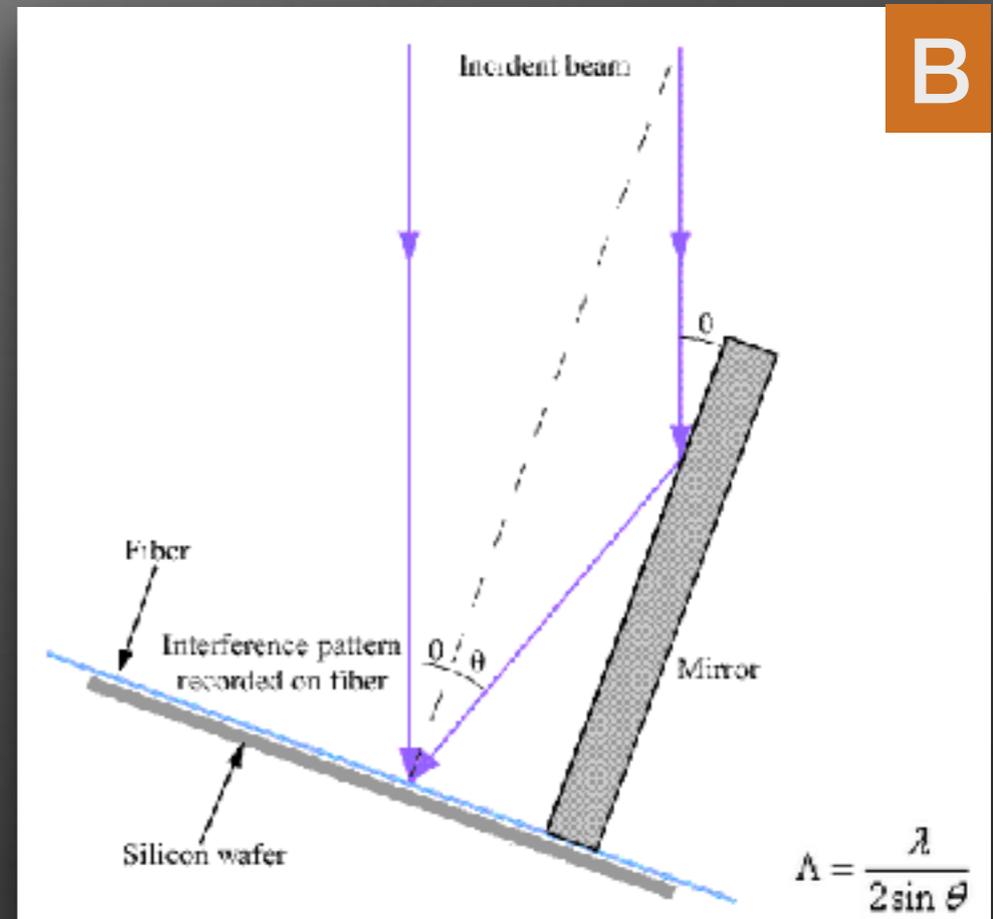
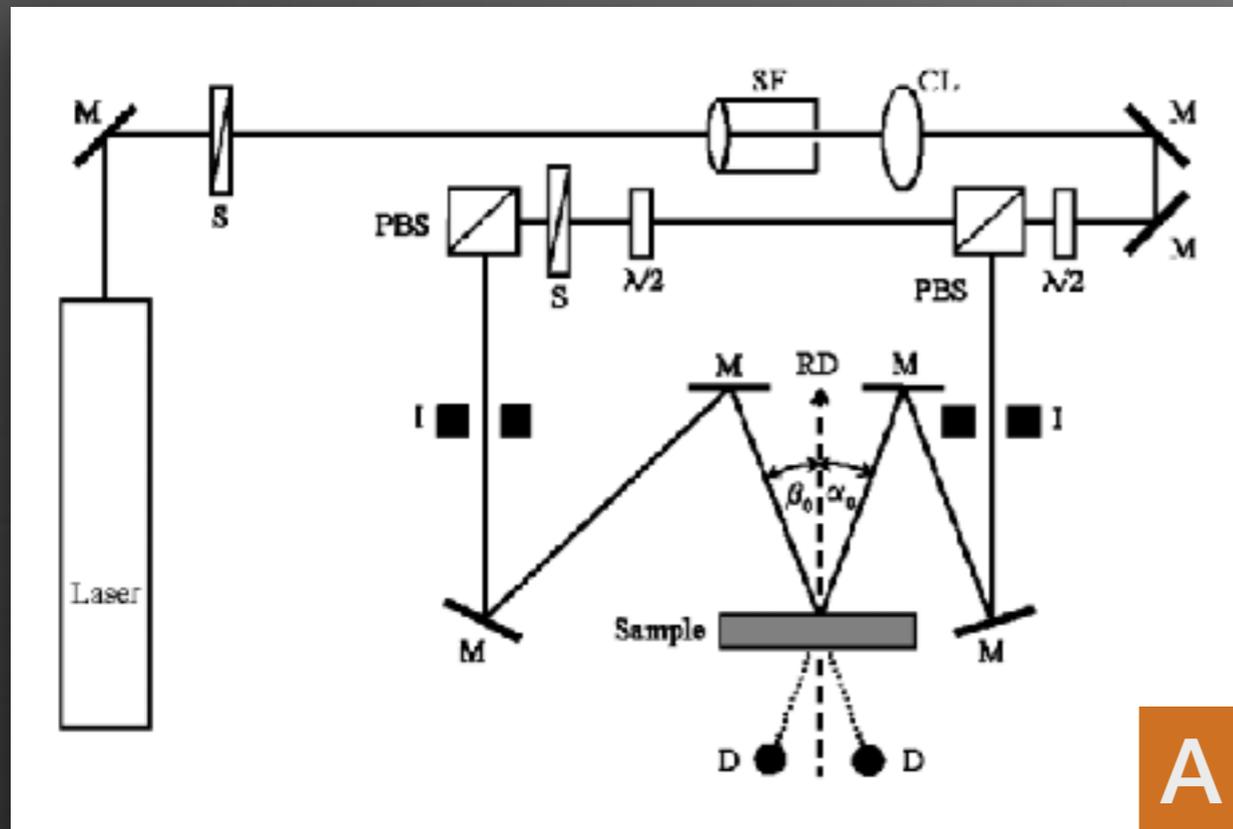


dia.100mm extension for low line densities

Il setup ottico di scrittura

una volta scelto il tipo di reticolo (ologramma) da realizzare si dispongono i componenti ottici a formare il setup di scrittura

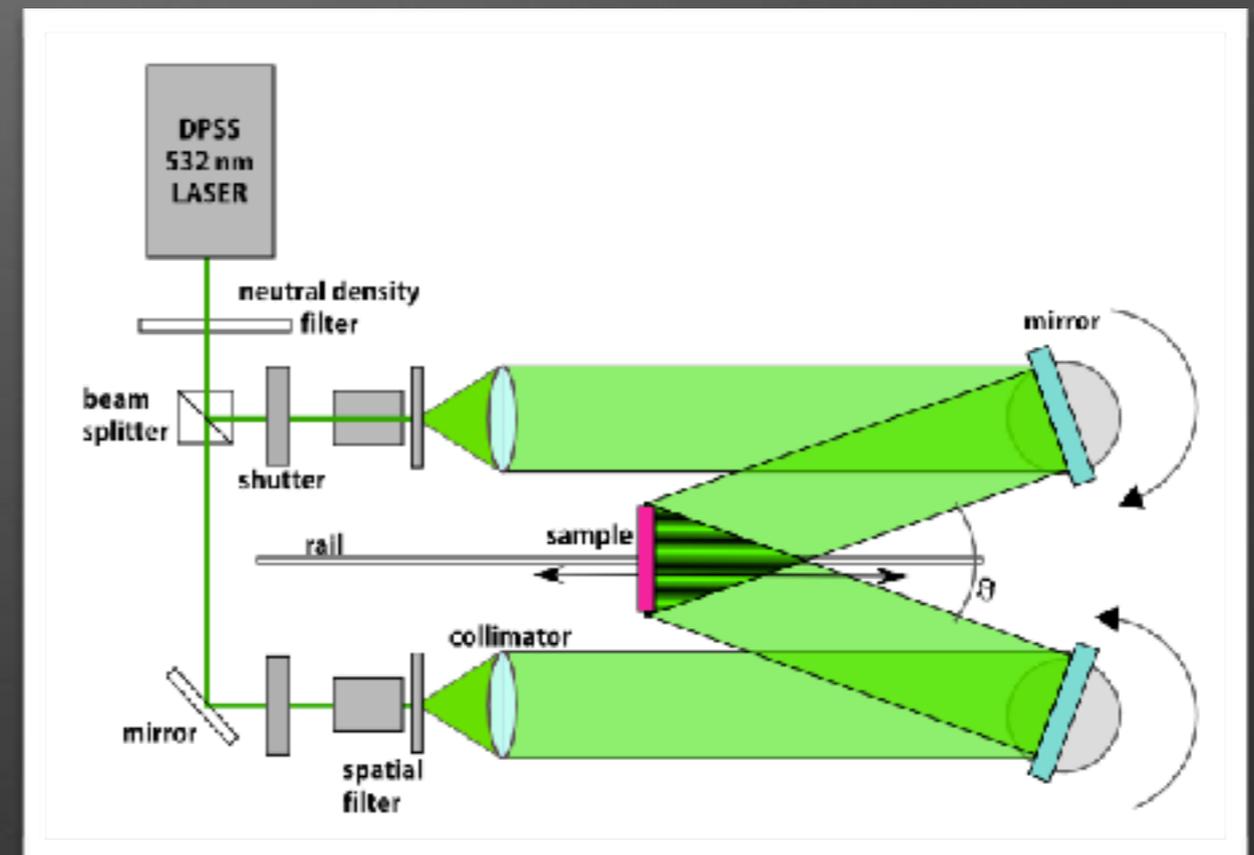
I differenti tipi di setup ottici per scrivere un reticolo



- **A)** Standard a doppio fascio (varianti con specchi parabolici fuori asse o con doppietti collimatori);
- **B)** Lloyd mirror setup (singolo fascio), *dimensioni contenute per caratterizzazione dei materiali.*

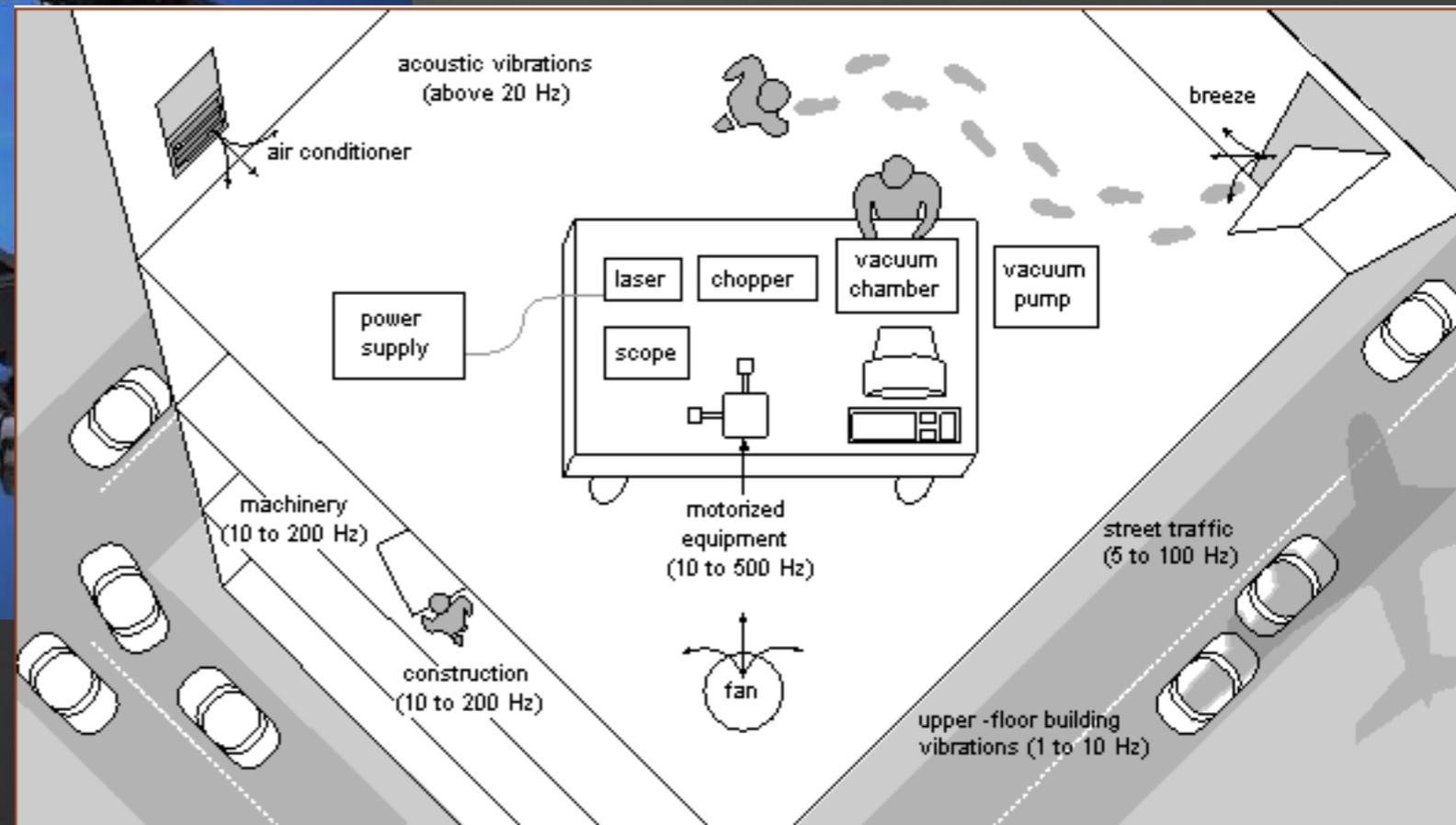
Componenti del Setup di scrittura

- Banco ottico con gambe pneumatiche;
- LASER per olografia;
- filtri neutral density (regolazione della potenza);
- beam splitter (50:50);
- filtri spaziali (coppia obiettivo — pin hole);
- doppietti collimatori o specchi parabolici fuori asse;
- specchi piani per inclinare i fasci (angolo θ);
- shutter.



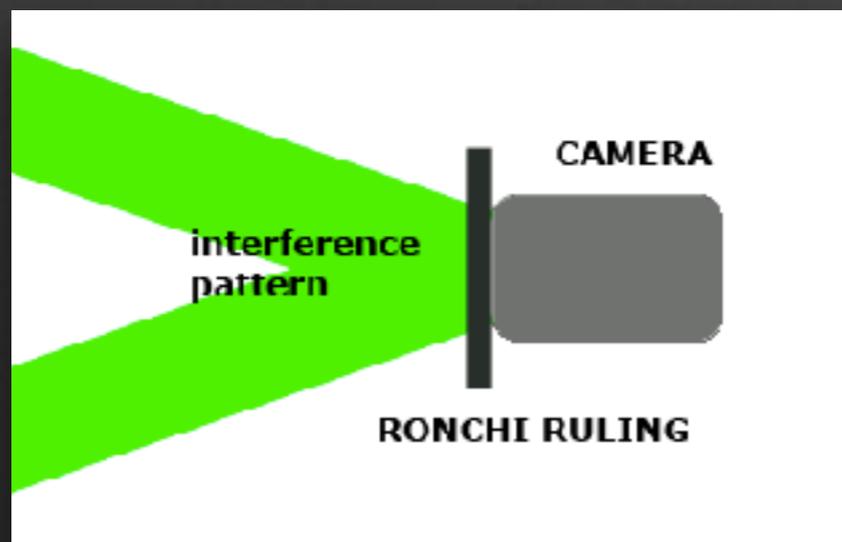
Il tavolo ottico e le vibrazioni

- stabilità delle frange garantita anche dalle gambe pneumatiche che annullano le eventuali vibrazioni;



Turbolenza dell'aria

- scrittura dei reticoli soggetta a turbolenza, temperature.
- telecamera che monitora le frange di interferenza per verificare la stabilità del sistema;
 - *NB.: 1000 linee/mm sono passi da 1 μm .*



IL LASER

- DPSS **532 nm** o la lunghezza d'onda a cui il film è sensibile
 - *Diode-pumped solid-state lasers (DPSSLs) are solid-state lasers made by pumping a solid gain medium, for example, a ruby or a neodymium-doped YAG crystal, with a laser diode.*
- caratteristiche necessarie per un laser di scrittura:
 - coerenza;
 - potenza massima;
 - stabilità in λ e in potenza;
 - divergenza del fascio.
- monitoraggio potenza (stabilizzazione)

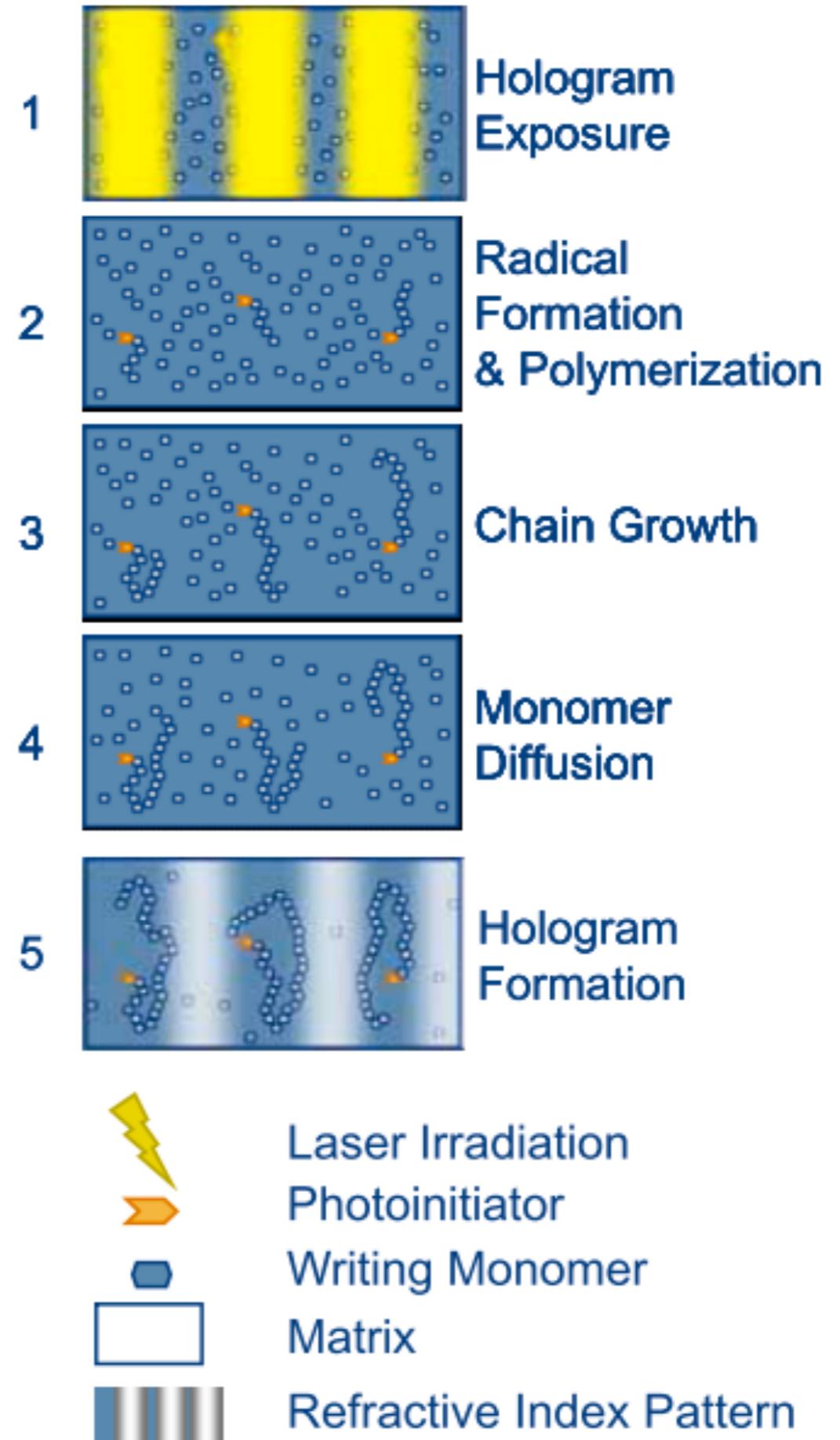


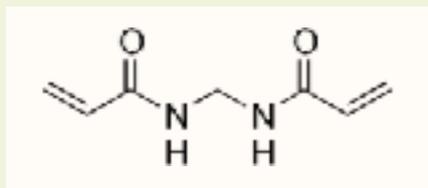
FEATURES

- Compact Design
- Permanently Aligned Cavity (PAC)
- Low M-Squared
- Single Phase Mains Driven
- Full RS232 Control
- [Fibre Delivery](#)
- Narrow Line width
- [2 years/Unlimited hours warranty](#)
- Diffraction Limited Beam
- Low Noise
- Stable Output
- [Hermetically Sealed](#)
- Diode > 40,000 hours MTTF
- Zero-Stress Cavity
- [Single Longitudinal Mode \(SLM\)](#)
- Long Coherence length

Materiali Utilizzati: i fotopolimeri

- possono essere solidi (film) o liquidi;
- mix di componenti: *monomeri, matrice, sensibilizzanti, iniziatori* ...
- processo semplice (esposizione e fissaggio);
- instaurazione della variazione di indice grazie ad un meccanismo diffusivo;



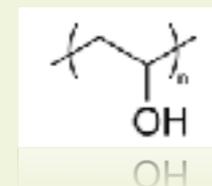
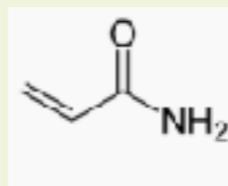


**METHYLENE-BIS-
ACRYLAMIDE**

1.7% W/W (CROSSLINKER)

ACRYLAMIDE

17% W/W (MONOMER)



POLYVINYL ALCOHOL

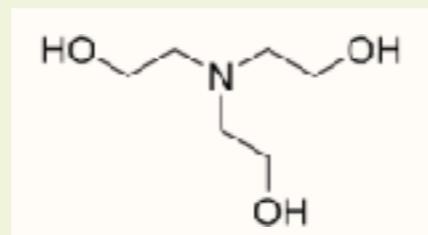
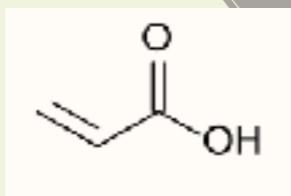
40% W/W (BINDER)

FOTOPOLIMERI COMPOSIZIONE TIPICA

MATERIALI OLOGRAFICI A BASE ACRILAMMIDICA

ACRYLIC ACID

20% W/W (CO-MONOMER)

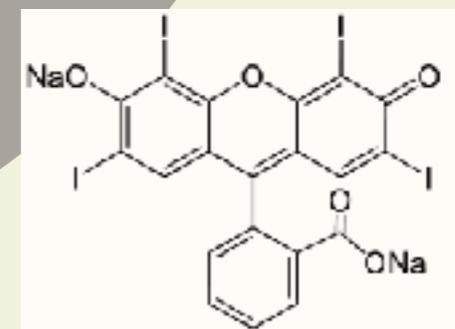


TRIETHANOLAMINE

21% W/W (ELECTRON DONOR)

ERYTHROSINE B

0.3% W/W (OPTICAL SENSITISER)

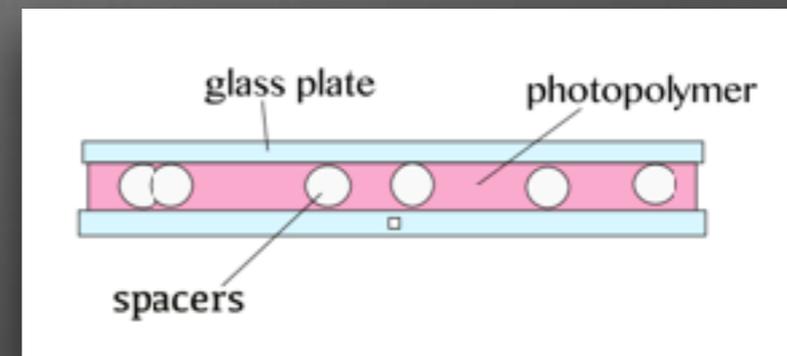


Fotopolimeri Liquidi

Tecniche di preparazione dei substrati

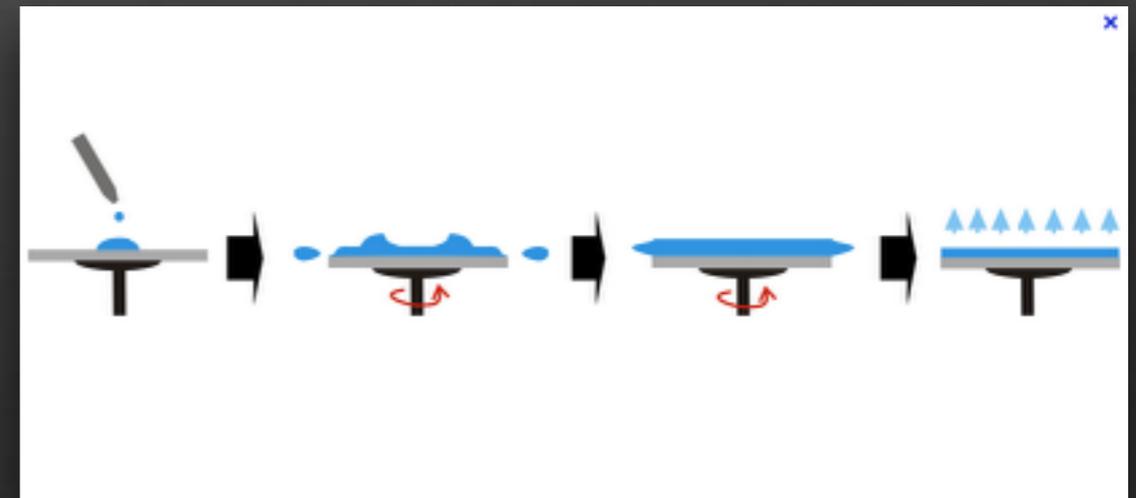
1

- **SANDWICH**
SPACERS TO DETERMINE
THE FINAL THICKNESS



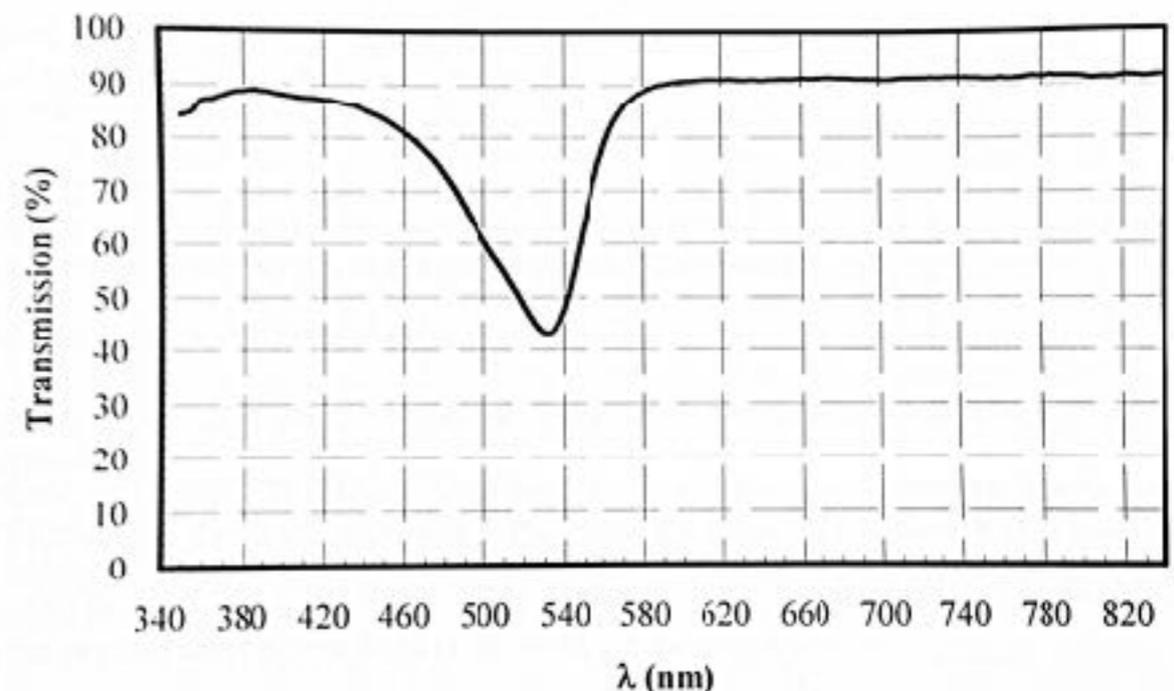
2

- **SPIN COATING**
PHOTOPOLYMER FILM FROM SOLUTION
SPIN COATING PARAMETERS
DETERMINE THE THICKNESS

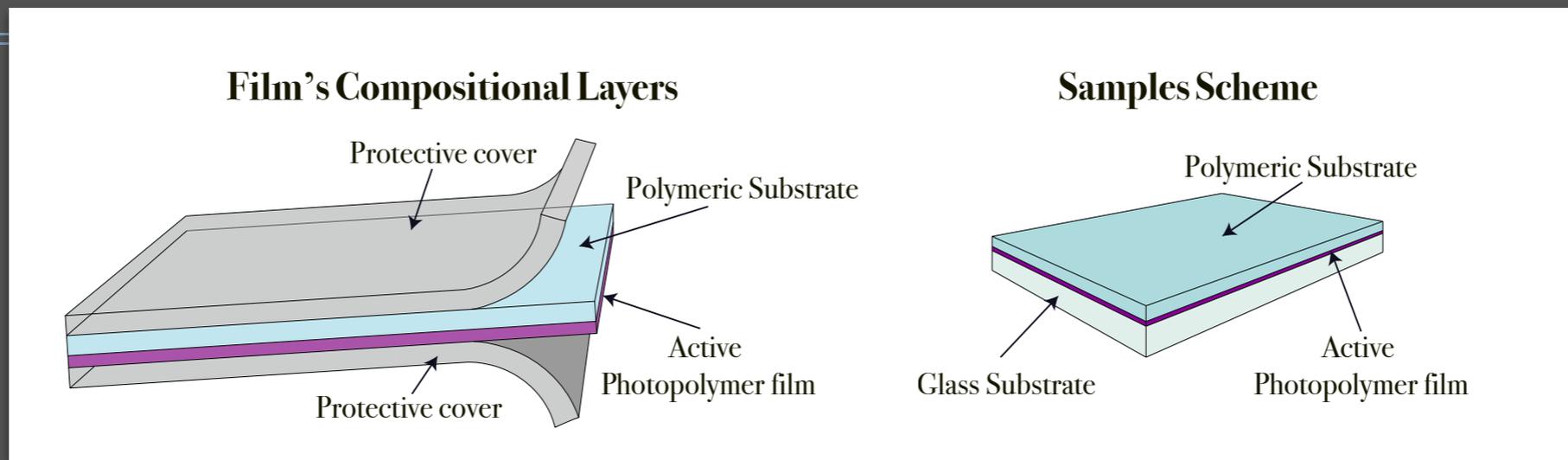


i film fotopolimerici SOLIDI

- sono i più semplici da utilizzare;
- vanno laminati su un substrato vetrso;
- hanno pellicole protettive e un substrato polimerico (PC) — *protegge dall'aria in fase di scrittura (radicali — ossidazione)*;
- vanno processati al buio e lontano da fonti di calore;



Collaborazione con Covestro: fotopolimeri Bayfol HX

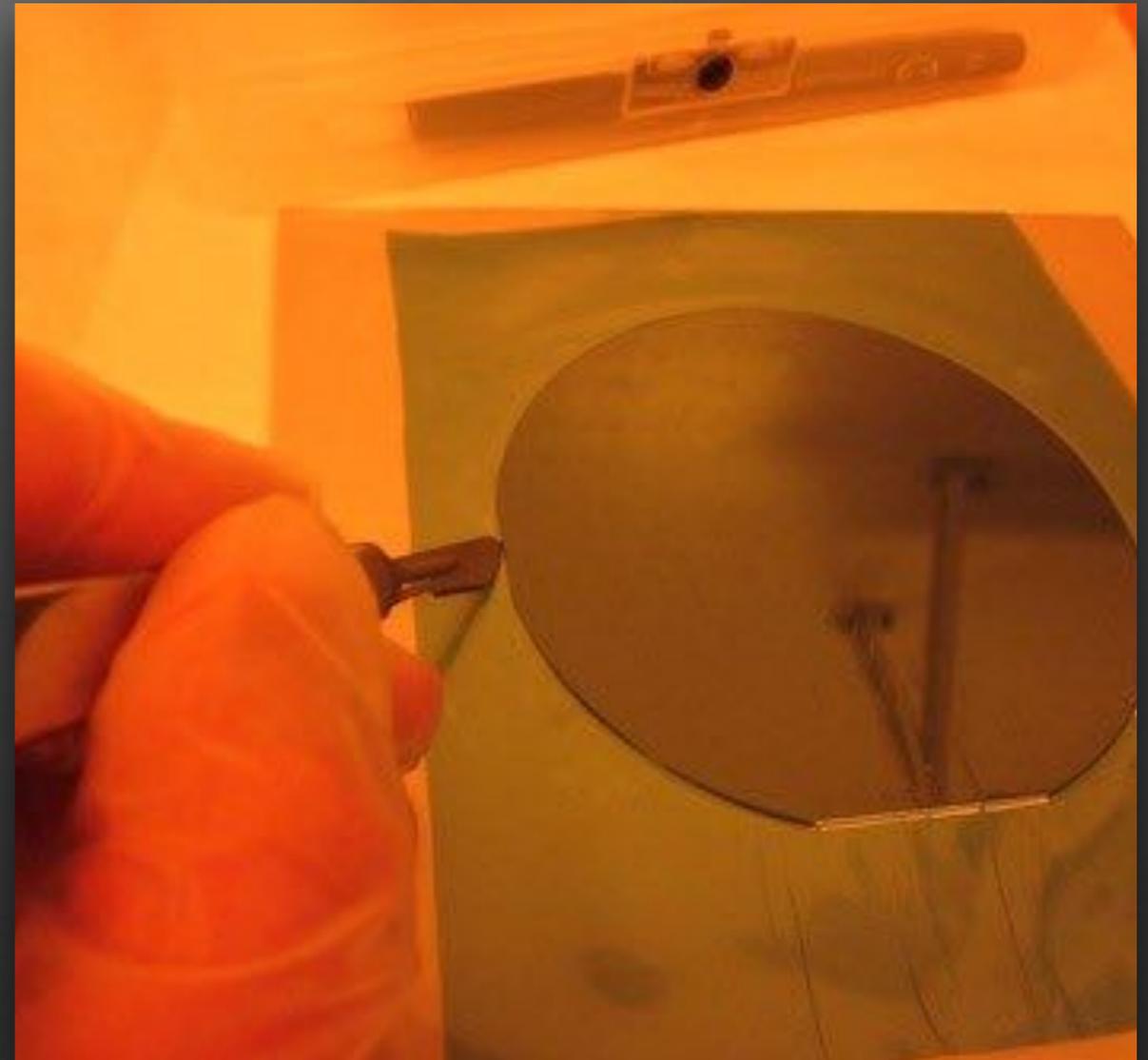


- ❖ Materiali SOLIDI (film), forniti a livello di ricerca per collaborazione;
- ❖ motivazione: testare la possibilità di utilizzare questi materiali come VPHG con qualità consona per applicazioni astronomiche;

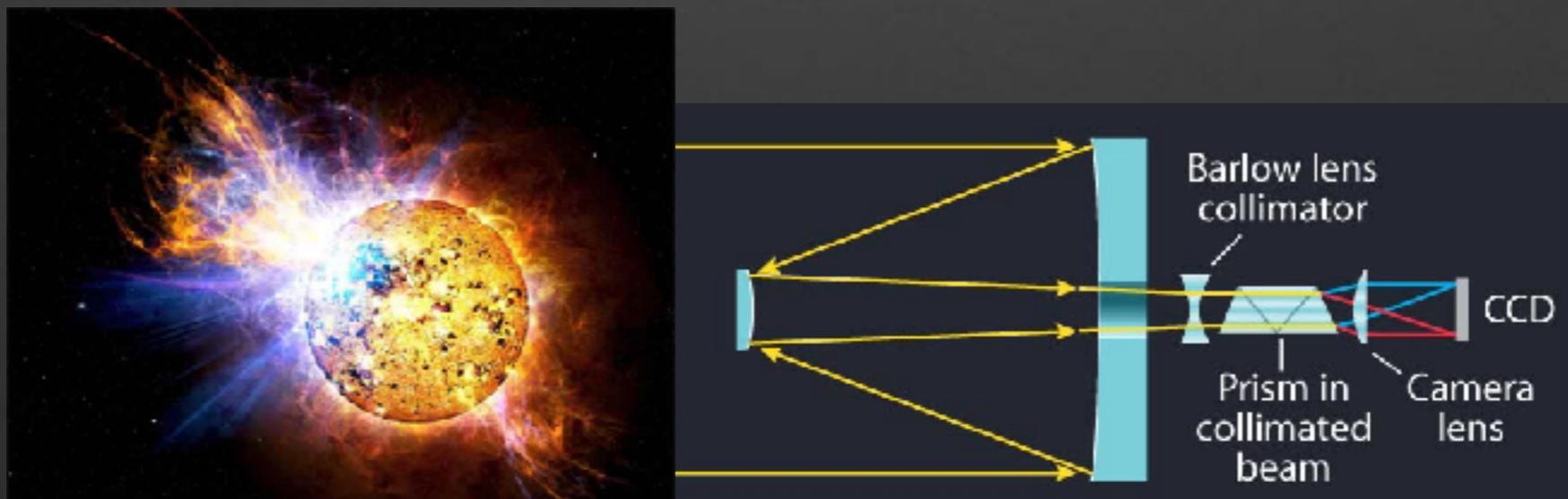
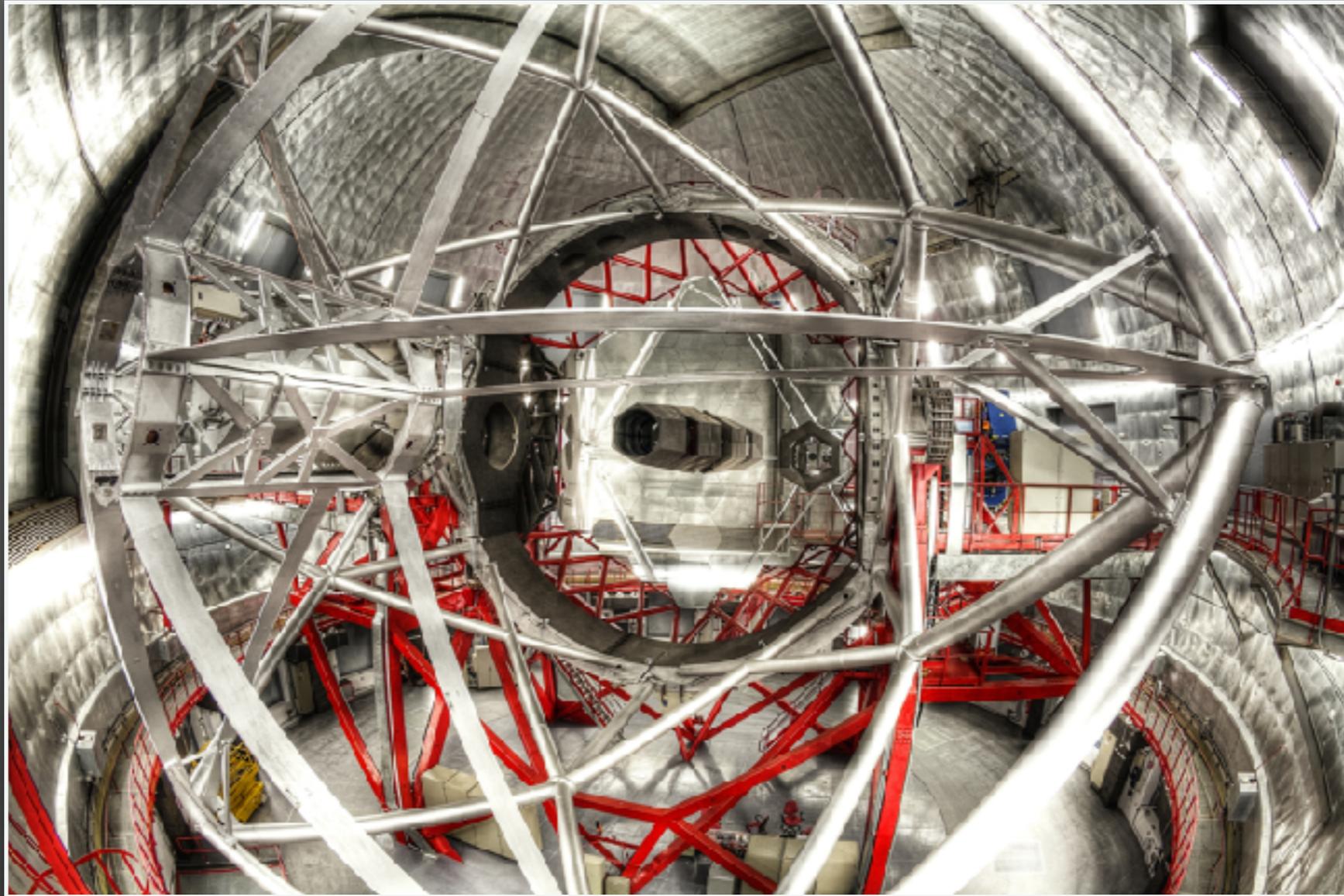
Name	nominal thickness [μm]	substrate material	substrate thickness [μm]	sensitive color
HX TP5	5	TAC	50	G
HX TP10	10	PA	60	RGB
HX TP16	16	PA	60	RGB
HX 104	16	PC	125	G
HX 101	16	PET	36	RGB
HX 102	16	PC	175	RGB
HX TP25	25	PA	60	RGB
HX TP28	28	TAC	50	G
HX TP34	34	TAC	50	G
HX TP45	45	PC	125	G

La preparazione dei Substrati

- cappa a flusso laminare per polveri (*particelle di polvere rovinano il reticolo*);
- luce rossa (*spettro di assorbimento e identifica la lampada giusta da usare per la deposizione*);
- identifica i substrati che vanno utilizzati (*coating, spettri, finitura*);
- pulizia (*mix acetone:alcohol isopropilico*);
- laminazione film sul substrato



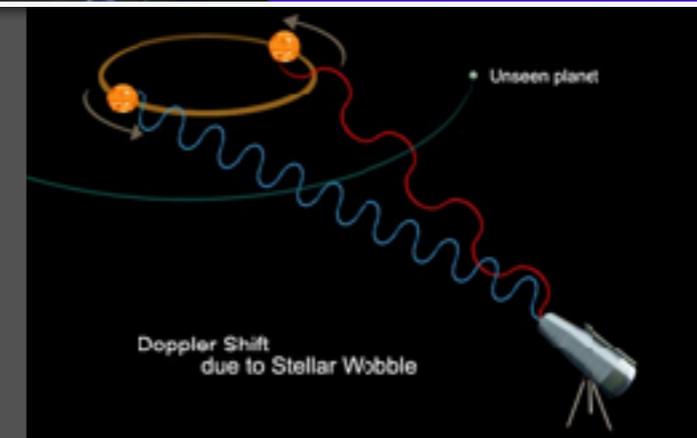
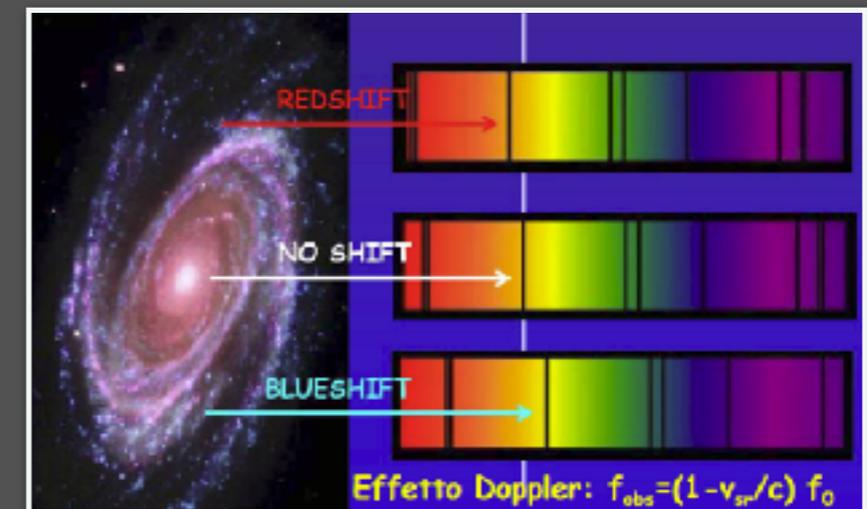
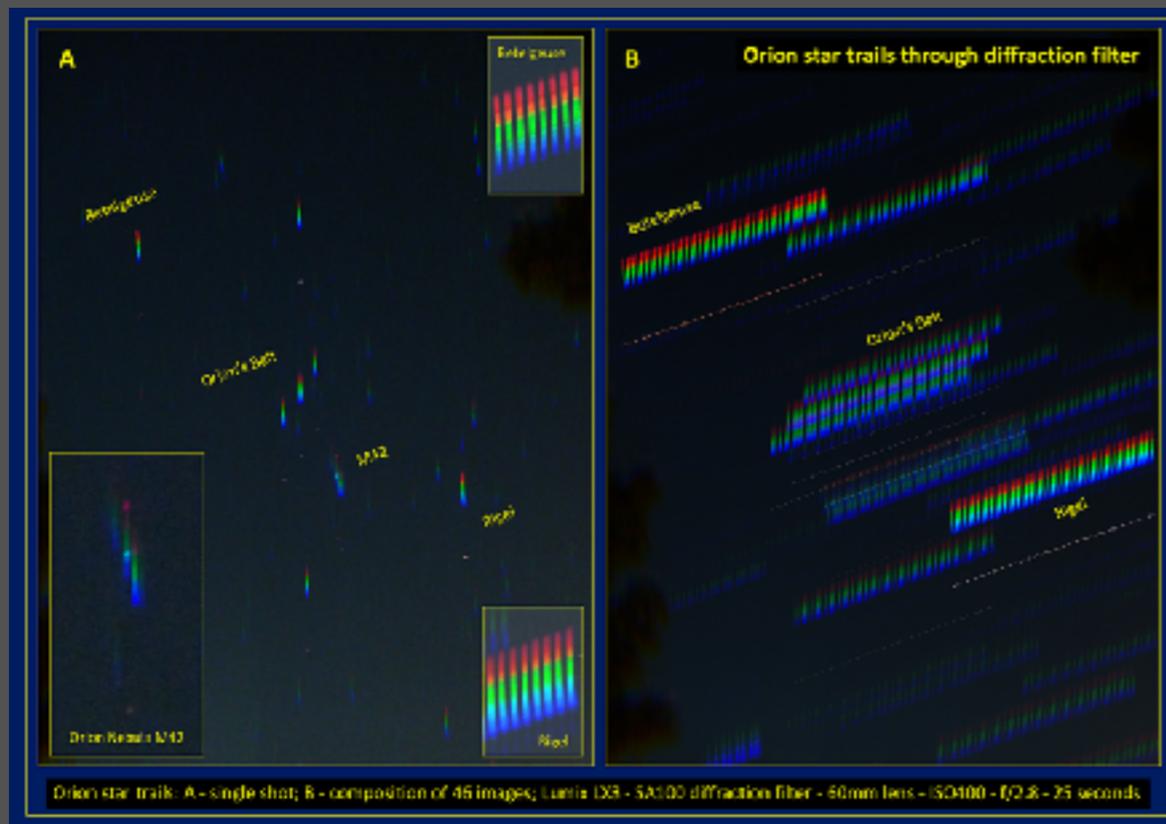
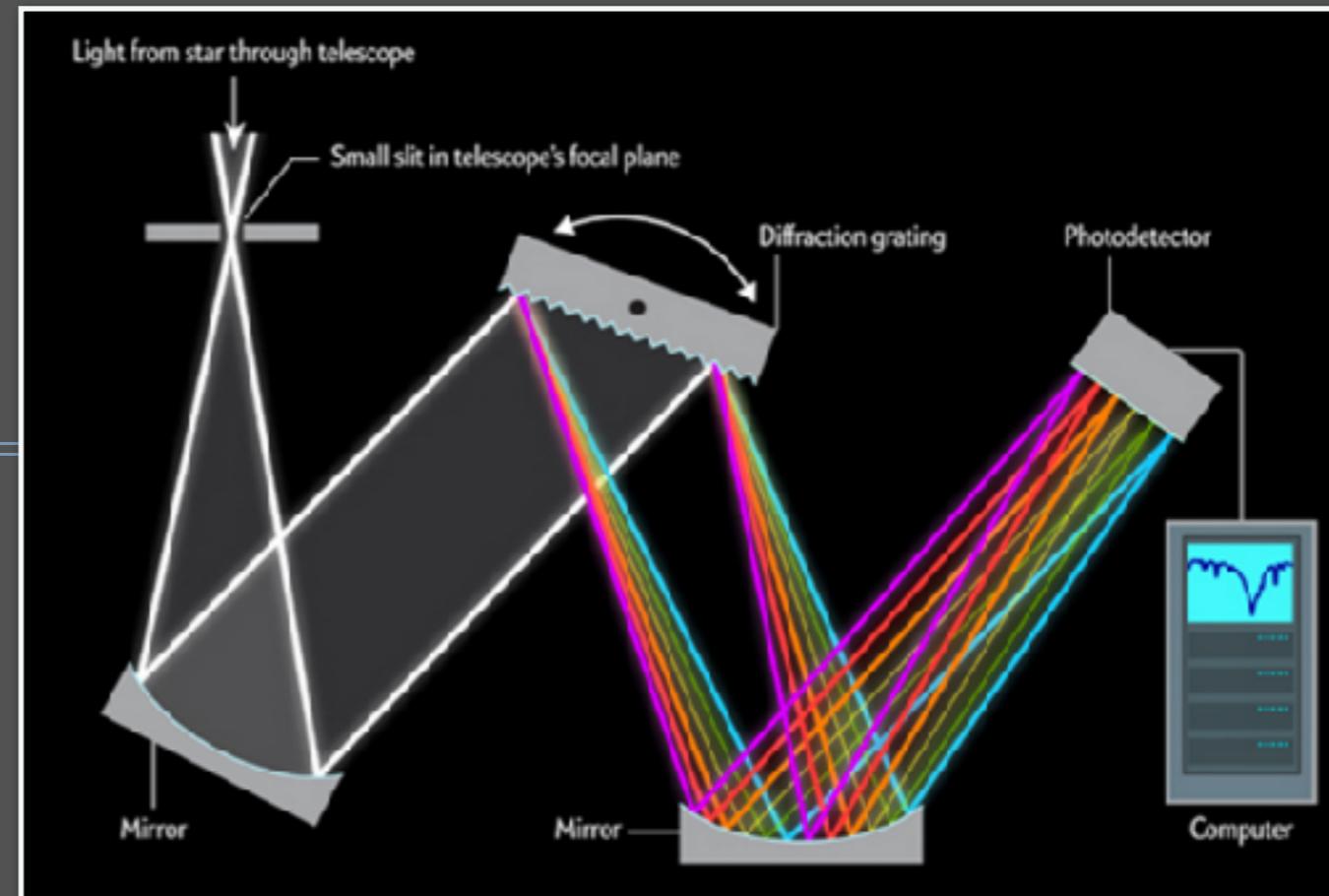
Il ruolo dei reticoli In Astronomia



astronomical instruments: Spectrograph

non solo guardare l'immagine di una stella ma carpire altre informazioni dalla luce che ci perviene:

- composizione chimica;
- velocità;
- ...



DESIGN Caso pratico: per AFOSC (Asiago)

The Asiago Faint Object Spectrograph and Camera (AFOSC) is a focal reducer type spectrograph/camera. It is installed at the Cassegrain focus of the 182 cm telescope.



Caso pratico: reticolo #8 per AFOSC (Asiago)

*Per osservare le linee del Ca II,
nelle supernove:*

*- dispersione, range ed
efficienza specifica*

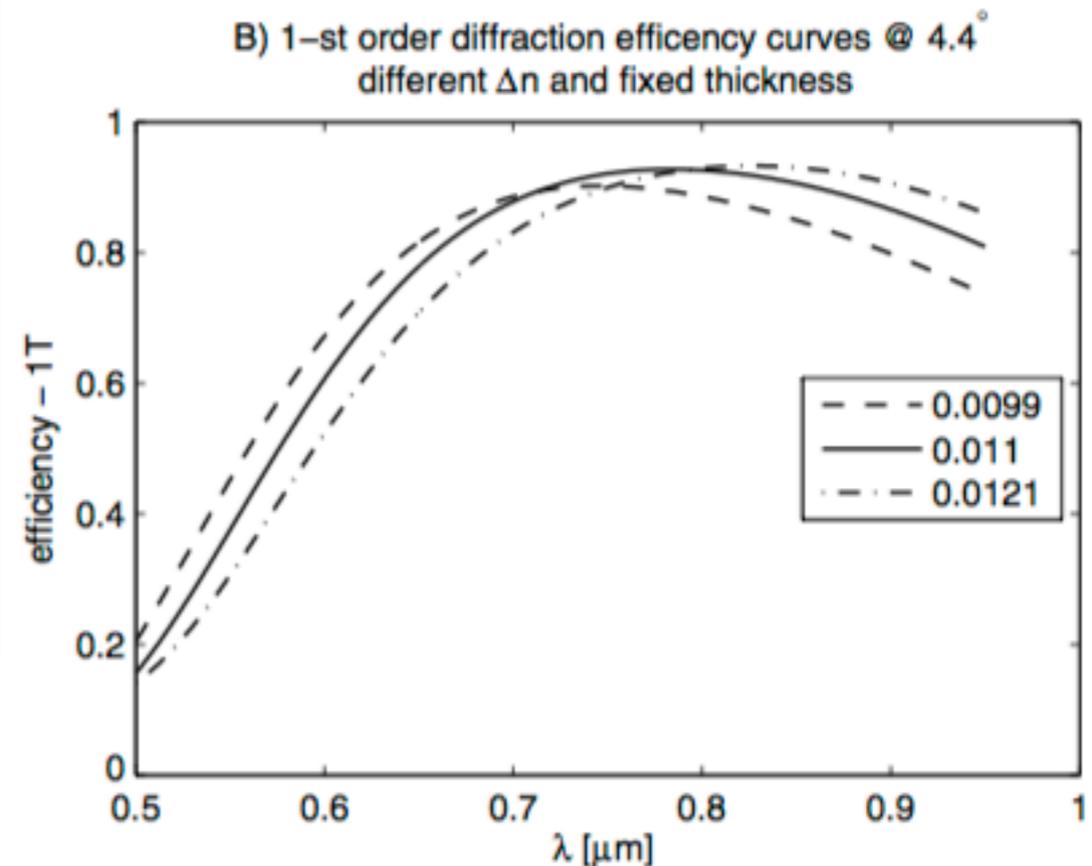
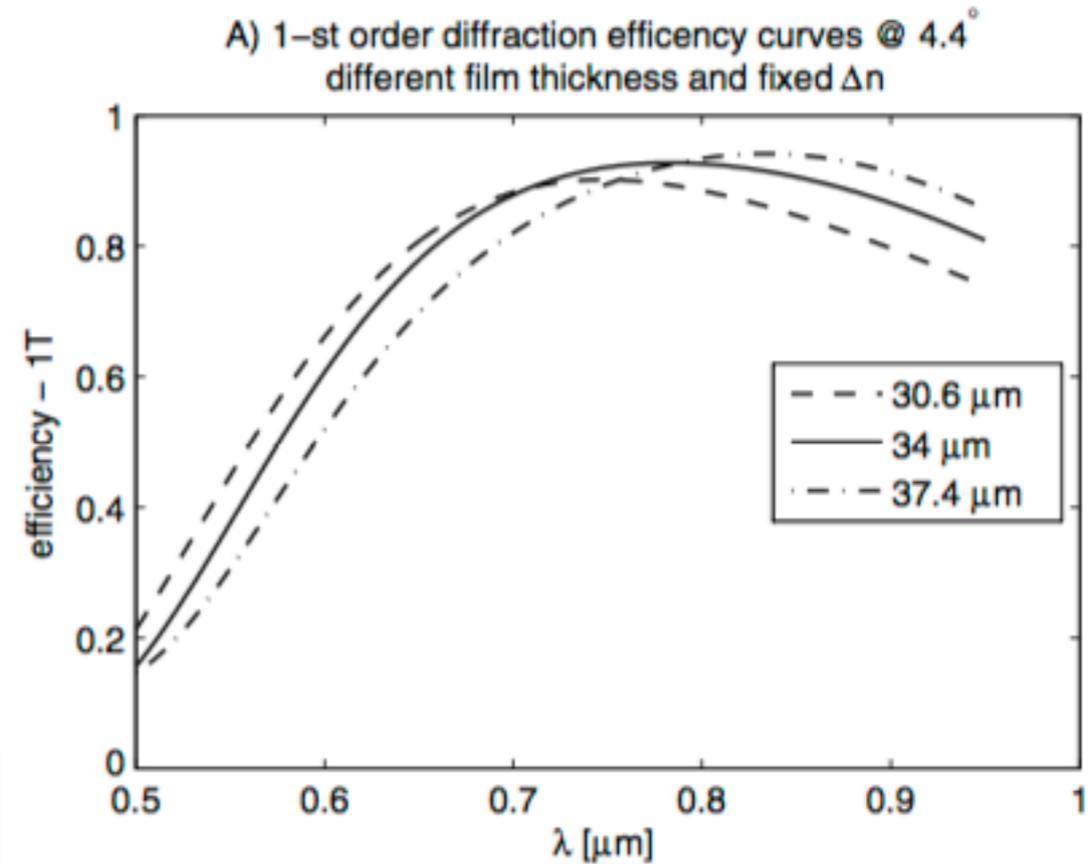
TABLE 1

AFOSC's GRISM VPH6: MAIN SPECIFICATIONS AND
REQUIREMENTS

λ_{central} (nm)	lines mm^{-1}	$\Delta\lambda$ (nm)	η_{peak}	η_{side}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
800	285	620–980	90%	30%

NOTE.—Description of columns: (1) Working central wavelength of the grating; (2) Pitch of the grating; (3) Wavelength range; (4) First-order diffraction efficiency at the peak wavelength; (5) First-order diffraction efficiency at the wavelength range edges.

- dalle simulazioni con RCWA abbiamo identificato i parametri che deve avere il reticolo

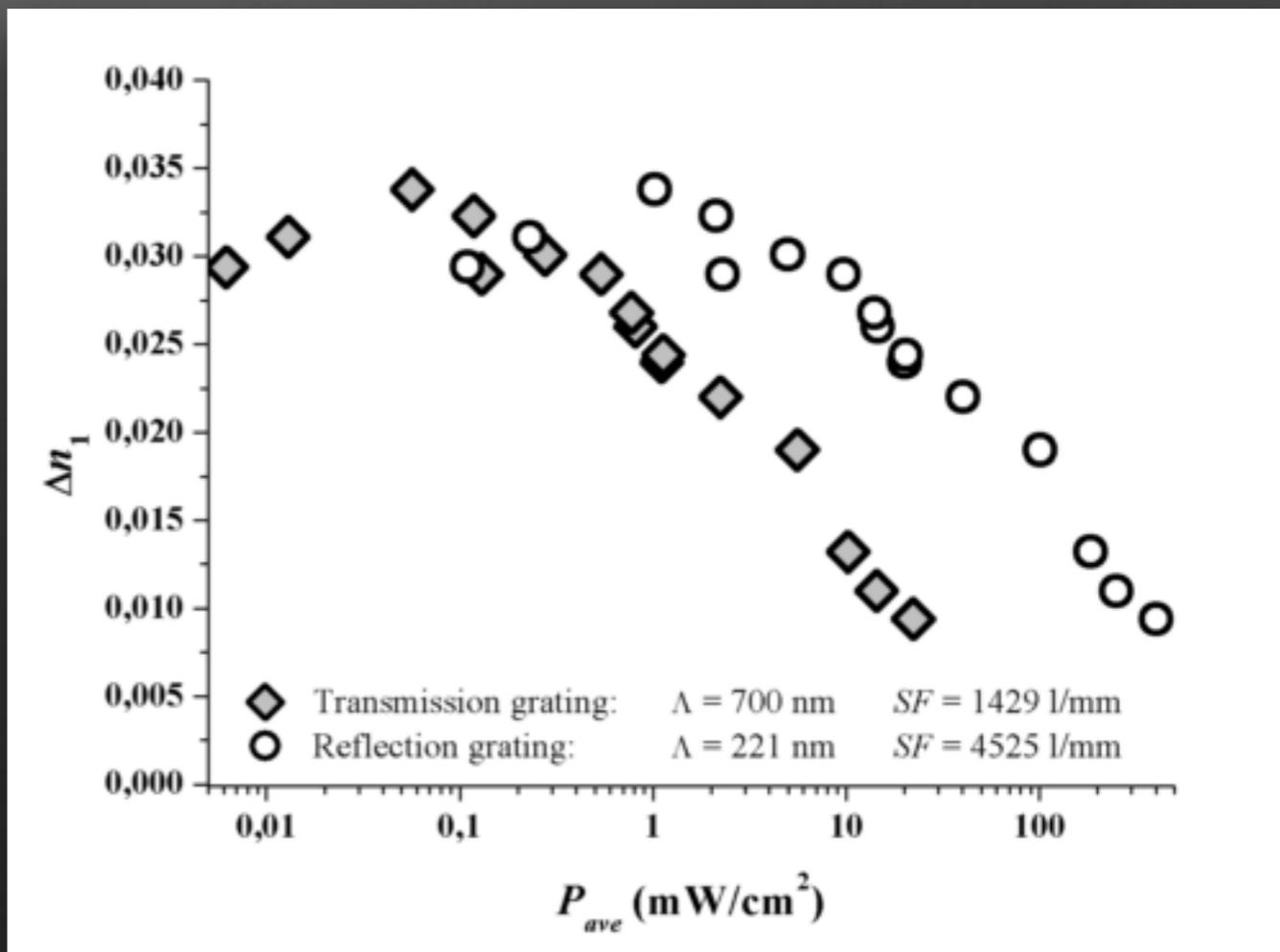


Come realizzo precisamente i parametri di scrittura?

- Lo **spessore** è fisso e definito a priori;
- Disposizione geometrica (angolo fasci di scrittura) del setup ottico: **DEFINISCE IL PASSO DEL RETICOLO**;
 - *es. un angolo tra i fasci di 9° a 532 nm garantisce un reticolo con ca. 300 linee/mm*
- La **modulazione dell'indice** di rifrazione è un parametro che varia in funzione della potenza di scrittura;

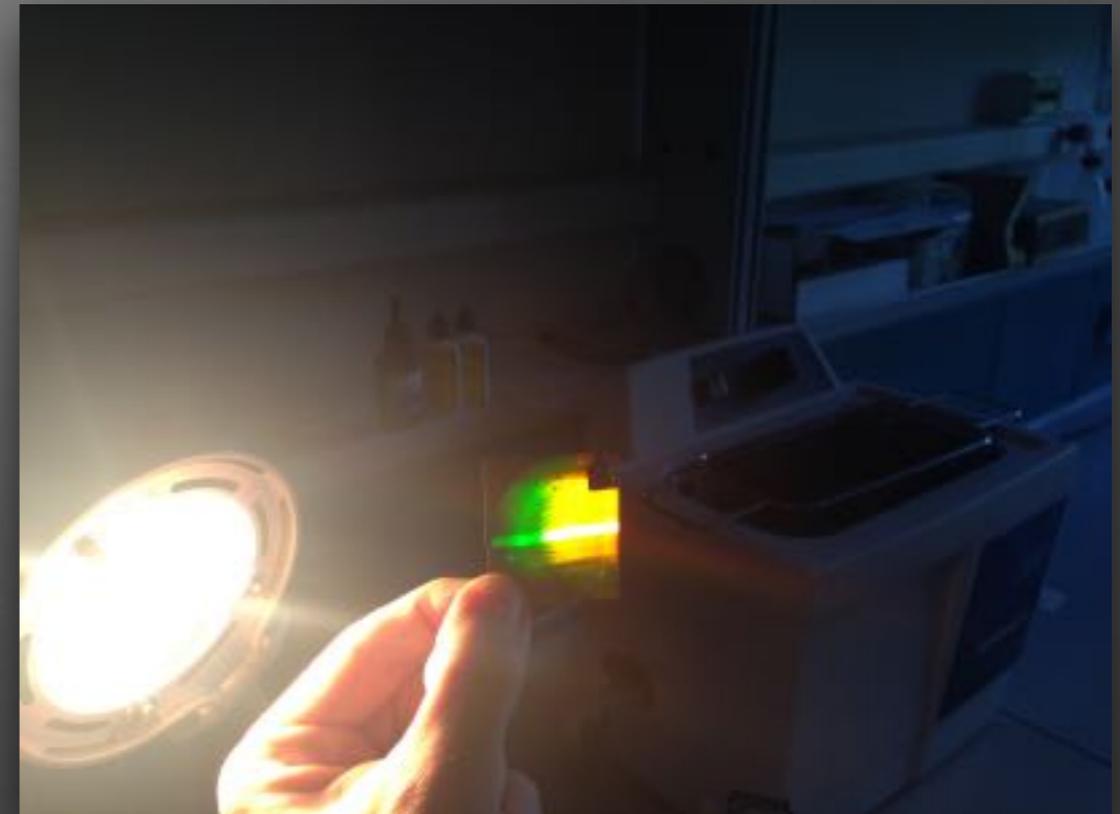
$$\Lambda = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

H. Berneth, et al. Proc. SPIE 7957, (2011)



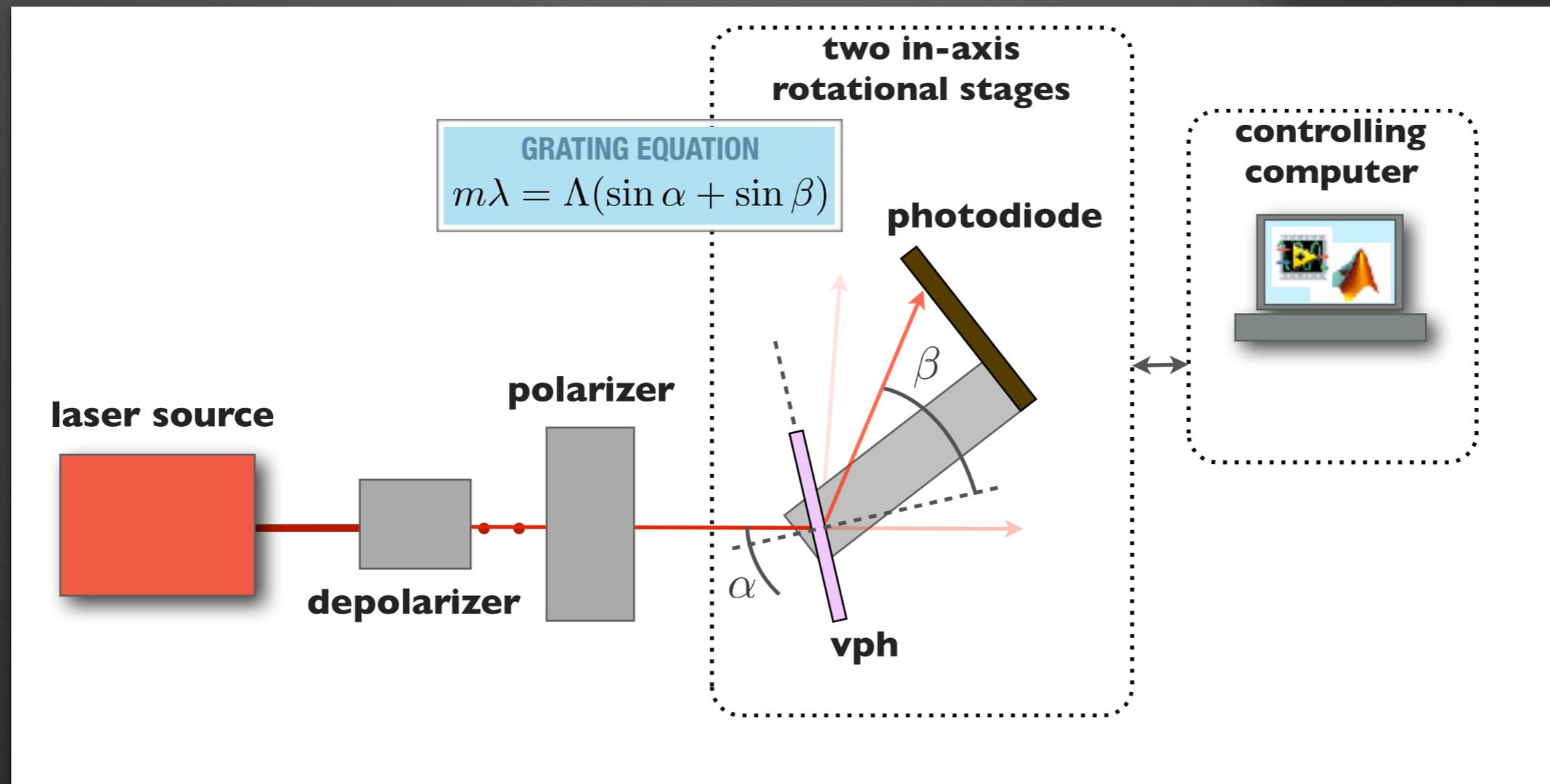
Post processing

- Illuminazione con lampada alogena per eliminare tutto il sensibilizzante e terminare la polimerizzazione;
- rimozione del filtro e pulizia dall'olio;
- eventuale sigillatura con copertura di vetro e colla ottica (UV-curabile).



Misure di efficienza

- per verificare il Δn raggiunto si misurano le prestazioni del reticolo;
 - si misurano le linee/mm effettive del reticolo;
 - si misura l'efficienza di diffrazione ad un ordine specifico
 - a diverse polarizzazioni (s e p);
 - con diverse linee laser (405, 457, 488, ..., 780, 980 nm).



Data post processing

- l'efficienza totale "raw" deve essere corretta considerando le perdite di riflessione per poter essere confrontata con le simulazioni;
- software sviluppato in Matlab per il postprocessing.

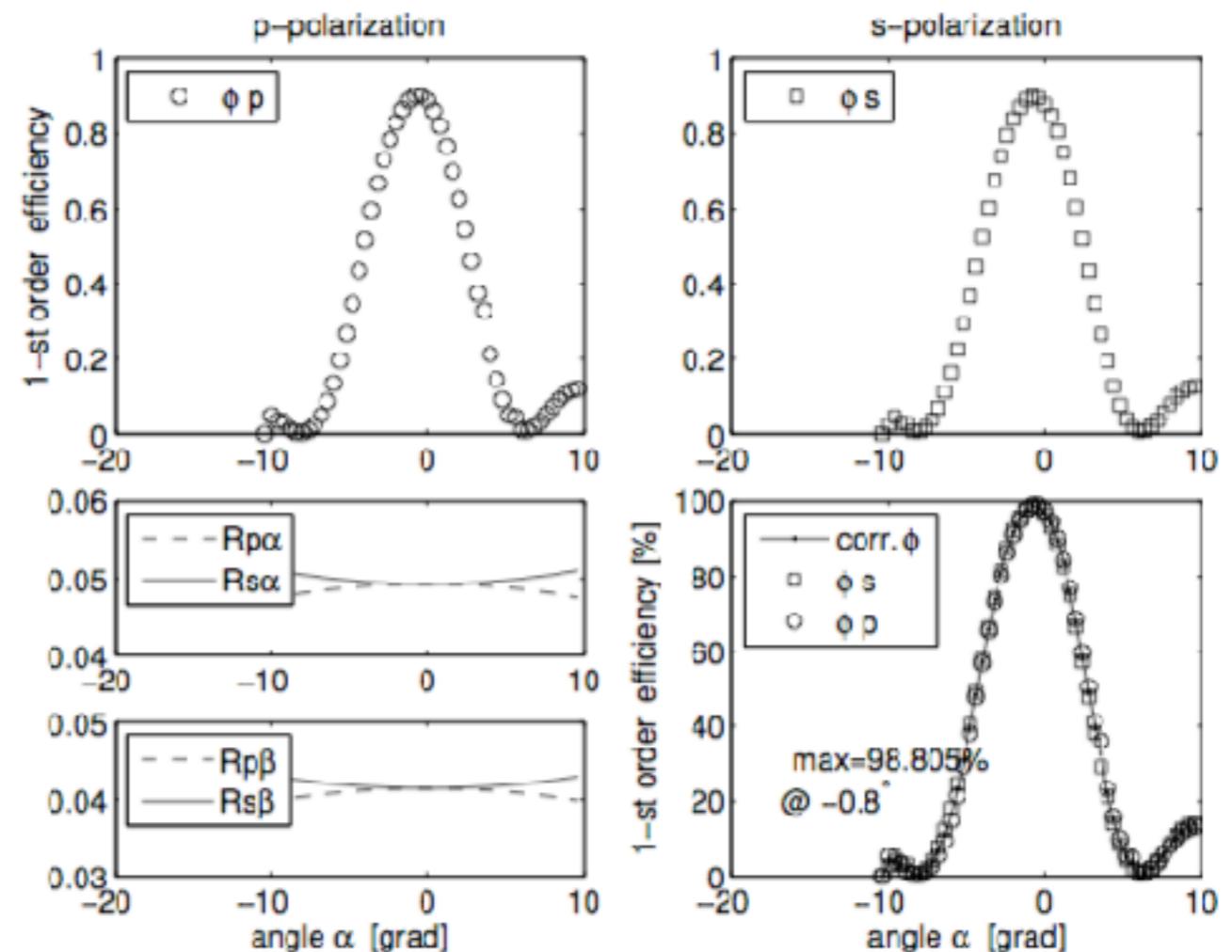
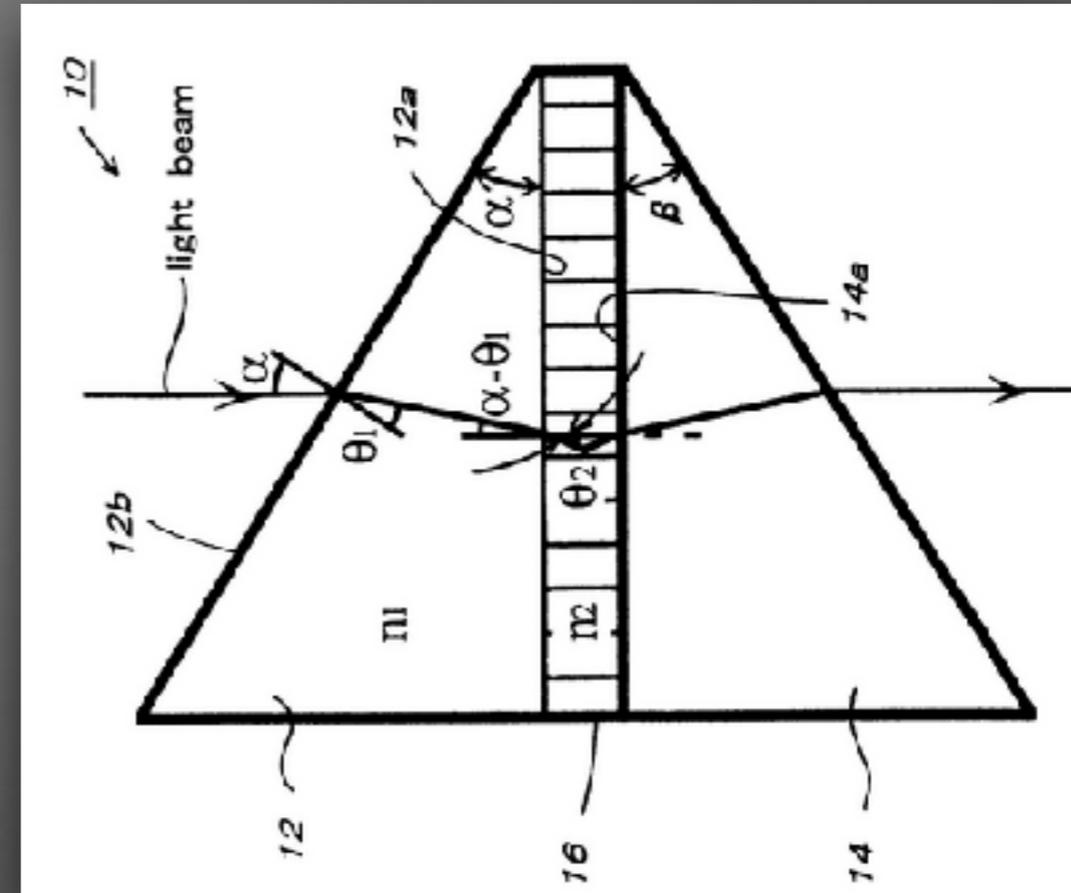


Fig. 2.— Measured 1-st order diffraction efficiencies of the grating at 808 nm. The inlets show in clockwise order, starting from the upper left corner: The raw efficiency with the p-polarisation ϕ_p ; the raw efficiency with the s-polarisation ϕ_s ; the corrected efficiencies along with the resulting mean ϕ_{corr} considering the reflection losses; the values of the Fresnel coefficients for the correction.

STRUTTURA GRISM

Si progetta il dispositivo in modo che dopo diffrazione la lunghezza d'onda voluta propaghi normale al reticolo



La legge di Snell fornisce la relazione tra gli angoli θ_1 e θ_2 :
 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

```
In[1]:= enneU = 1.511; (* BK7 is 1.52783 @ 425nm *)
lambda = 800; (* lunghezza non deviata scelta in nm*)
linee = 285; (* linee/mm del reticolo utilizzato *)
aan = ArcSin[linee * 10^-3 * lambda * 10^-3 / 2 / enneU] * 180 / Pi
(* angolo in resina in ° a cui deve entrare il laser per ottimizzare l'efficienza *)
aanAIR = ArcSin[Sin[aan * Pi / 180] * enneU] * 180 / Pi (* angolo in ARIA *)
solution = ex /. Solve[Cos[aan * Pi / 180] - Sin[aan * Pi / 180] * Cot[ex] - (1 / enneU) == 0, ex]
solution * 180 / Pi (* angolo all'apice del prisma in gradi *)
```

Out[2]= 4.32689

Out[3]= 6.54595

Solve::ifun : Inverse functions are being used by Solve, so
some solutions may not be found; use Reduce for complete solution information. >

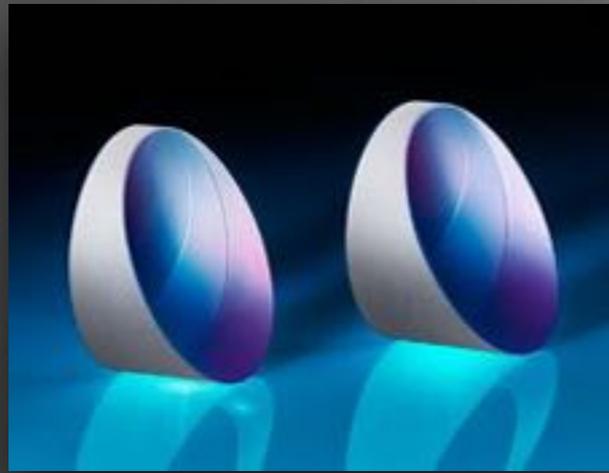
Out[4]= {0.221303}

Out[5]= {12.6797}

- calcolo in Mathematica degli angoli per il design del sistema

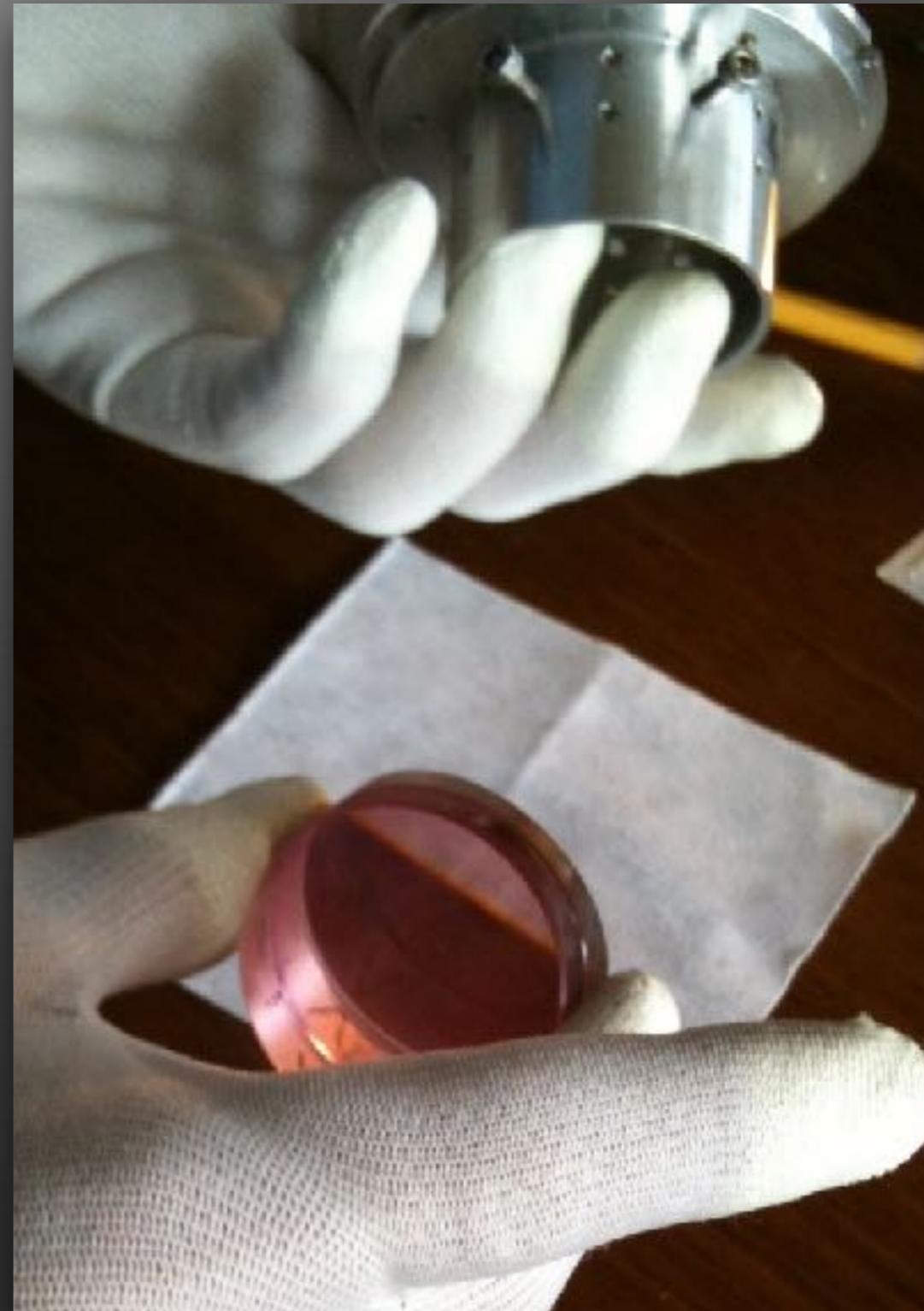
rivedi slide con tabella specifiche GRISM

Accoppiamento PRISMI



Prismi di BK7 con un angolo all'apice di 12.7° ; garantiscono un angolo di entrata di 4.4° nel reticolo.

Coating anti-riflesso sulle facce.



Allineamento

- accoppiamento e allineamento a banco del sistema;
- verifica efficienza con il prisma (ci sono perdite di riflessione?);
- misure effettuate con fascio di diametro maggiore (su area più grande del reticolo, media).

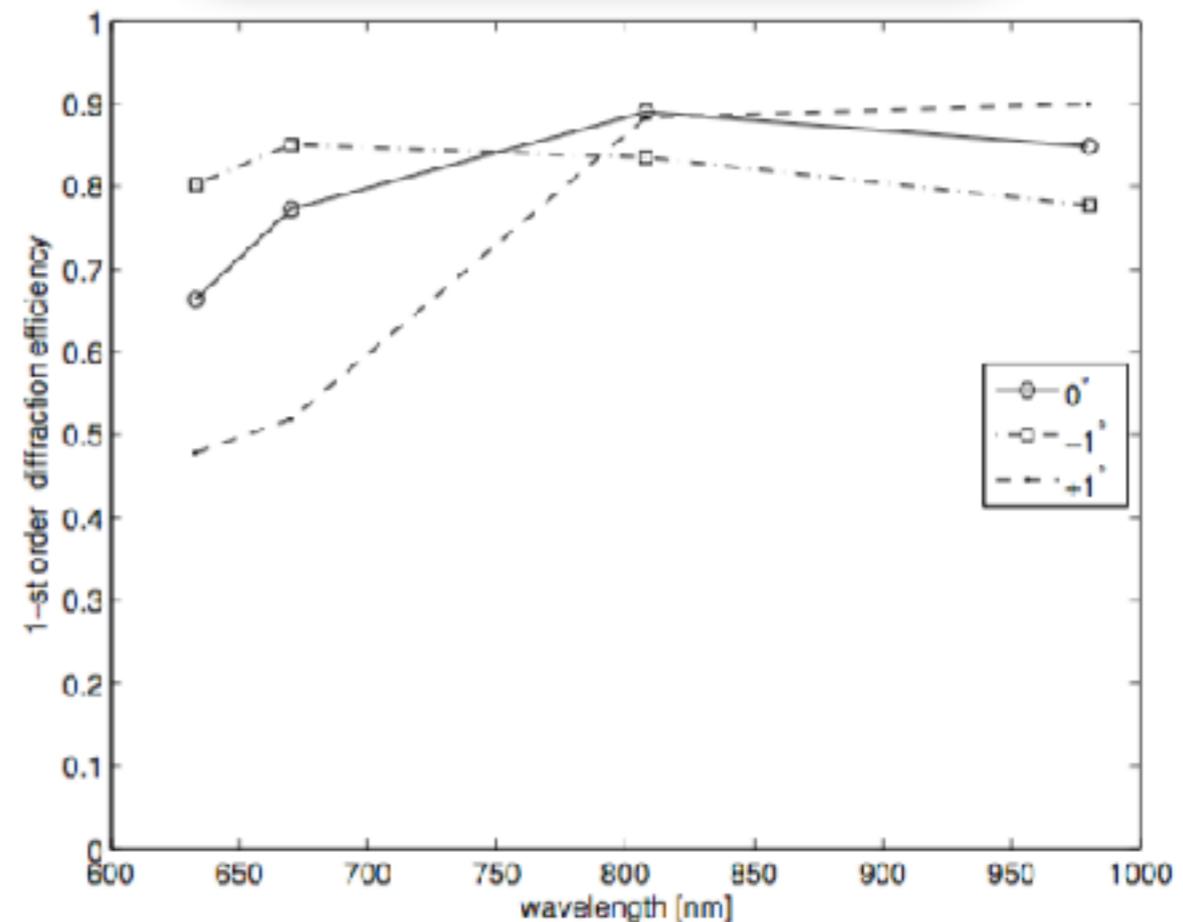
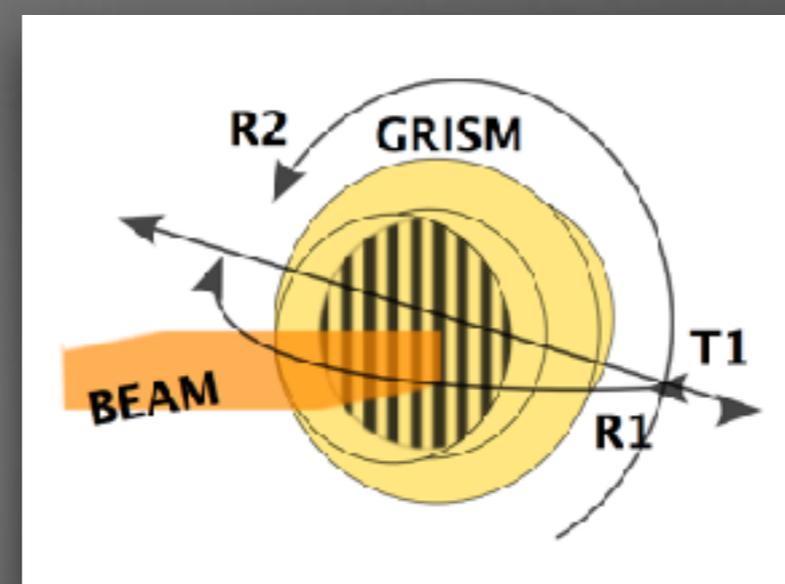
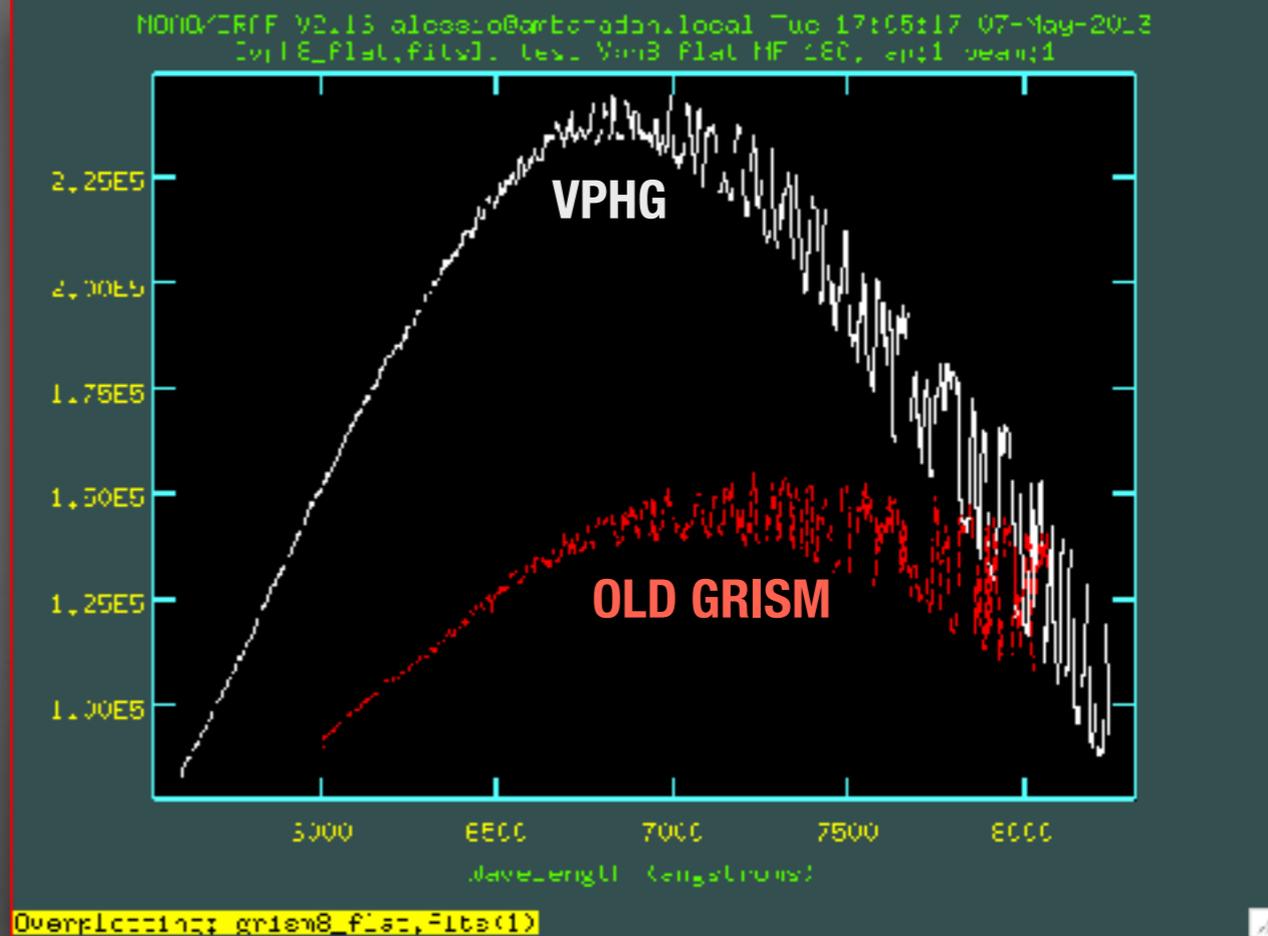


Fig. 6.— Measured 1-st order diffraction efficiency curve of the aligned GRISM at different incidence angles. The angle 0° refers to the perpendicular to the grating inside the GRISM.

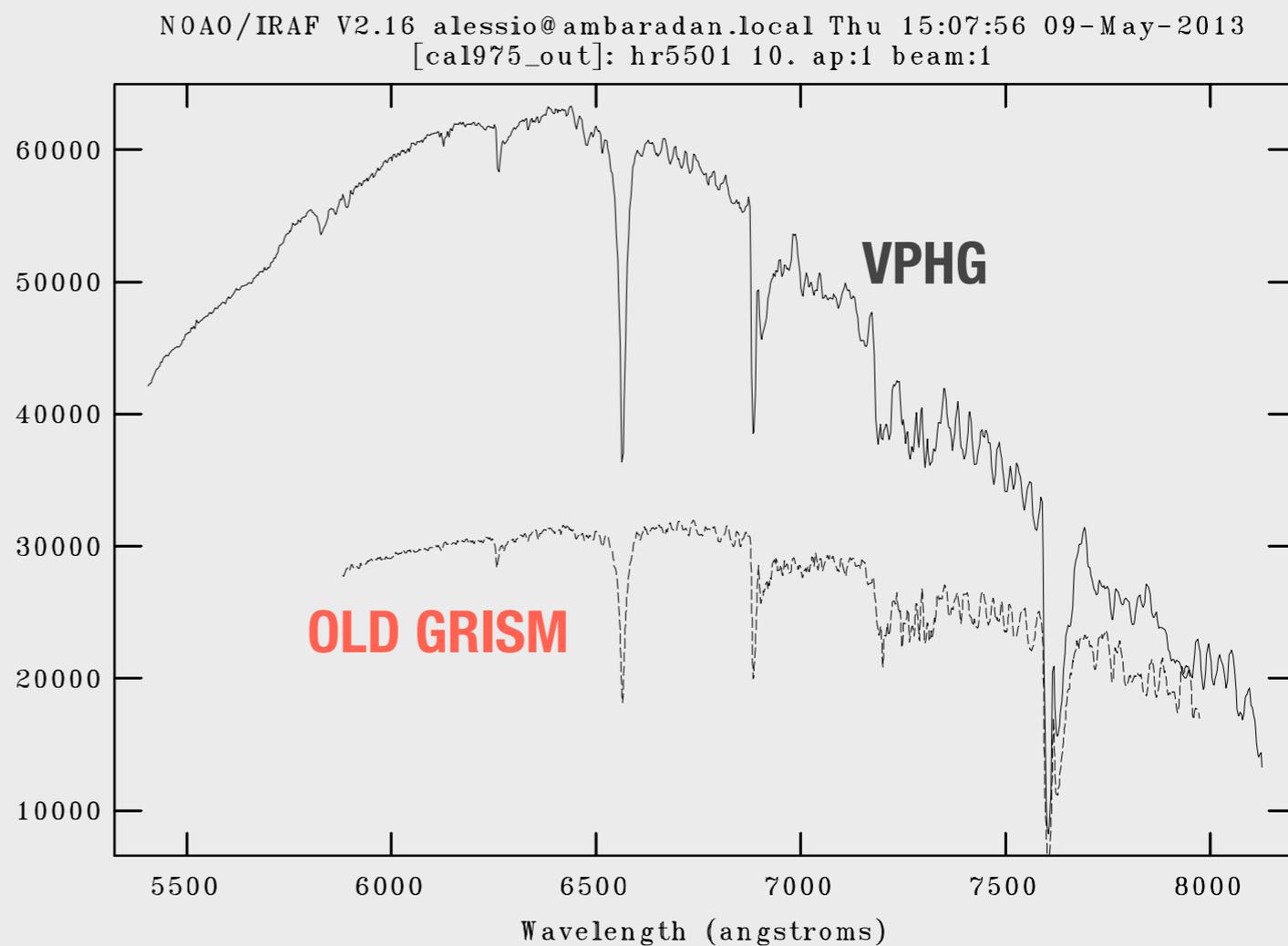
osservazioni in cielo, confronto con vecchio reticolo da sostituire

figure riferite ad un GRISM con 600 linee/mm

Flat field — confronto



Stella standard — confronto



Osservazione Supernova

A. Zanutta, M. Landoni, and A. Bianco, PASP (2014).

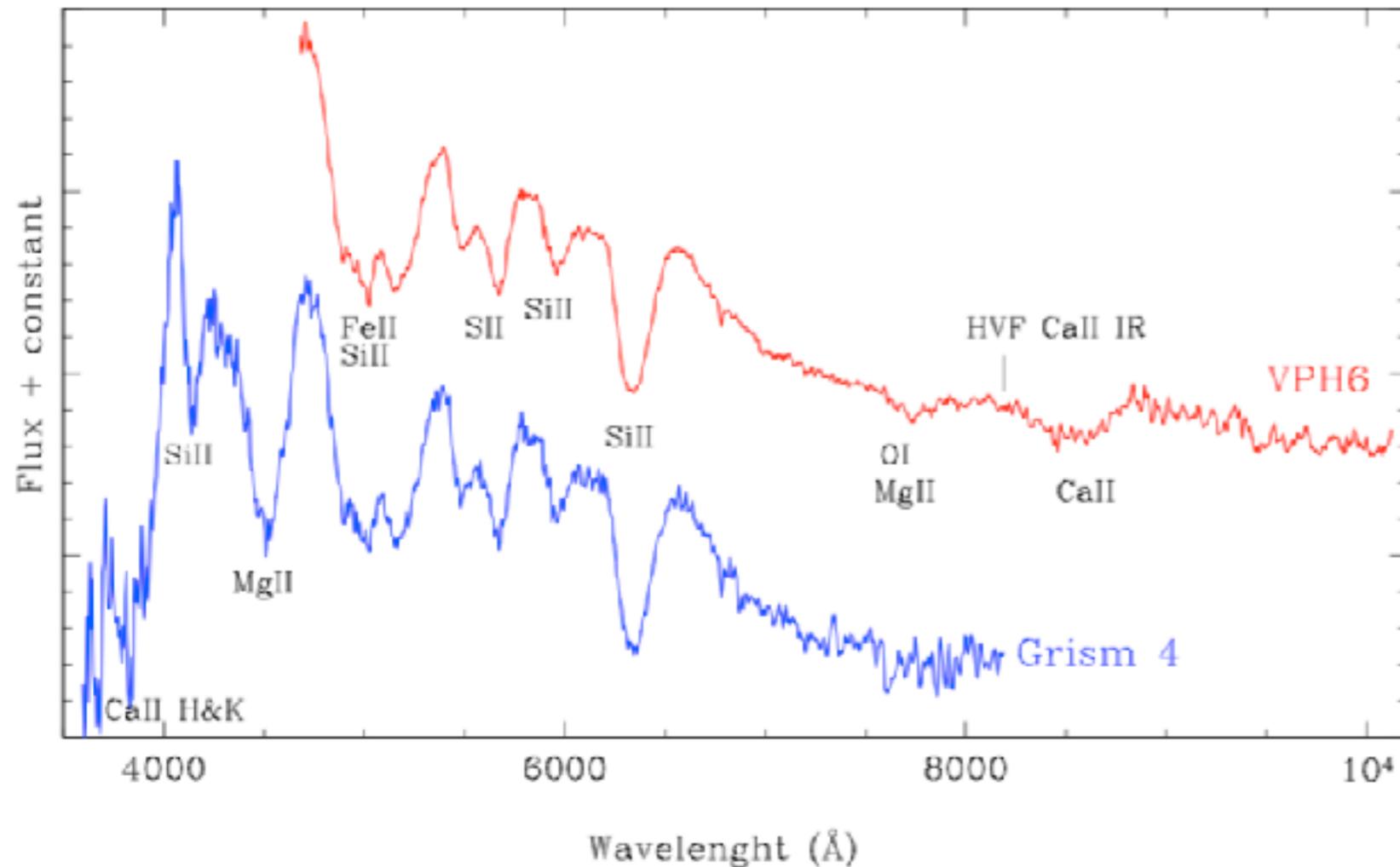


Fig. 4.— Spectra of SN 2013fj taken with AFOSC and GR04 (blue line) and with VPH6 (red line). The principal lines of Si II, Ca II, S I, Mg II and Fe II are shown.

SIGNAL TO NOISE RATIO COMPARISON BETWEEN THE TWO GRISMS

Wavelength (Å)	S/N of VPH6	S/N of GR04
5000	22	17
5500	42	27
6000	45	27
6500	57	27
7000	38	20
7500	30	13

NOTE.—The S/N of the two grisms have been normalised according to the respective exposure times.

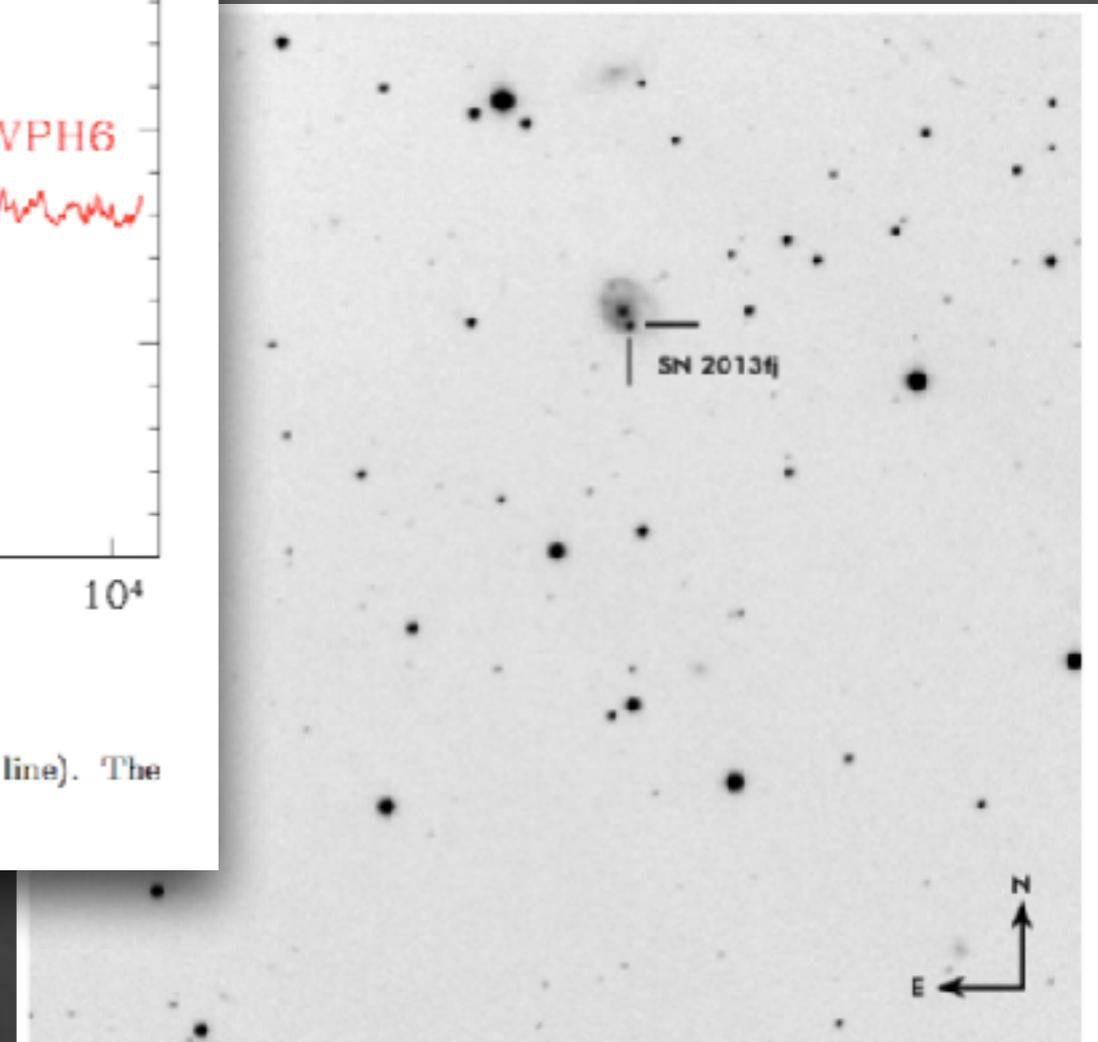
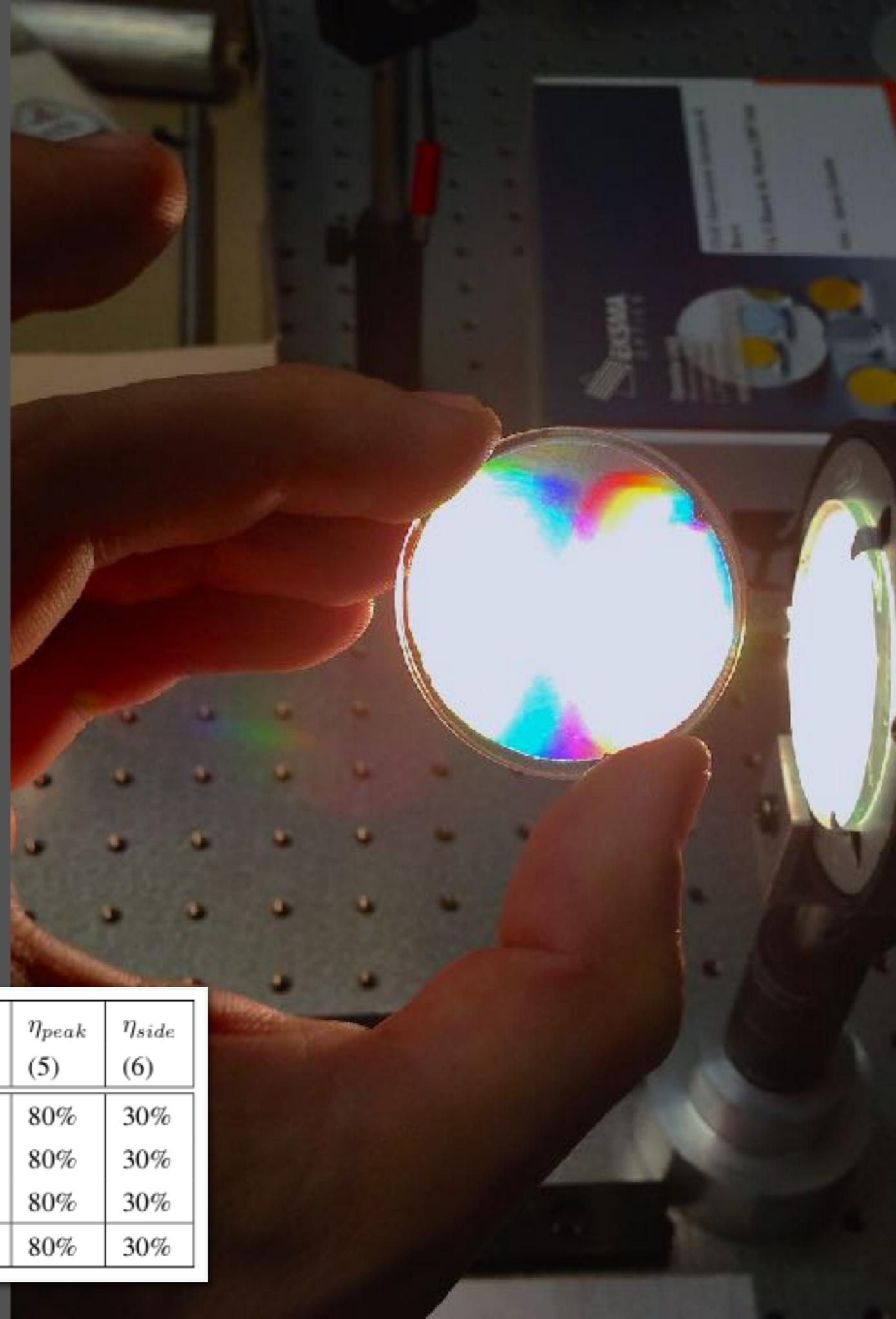


Fig. 7.— R Band image of FoV around SN 2013fj. The plate scale of the image is $18.59'' \text{ px}^{-1}$. Exposure time is 120s. Seeing during the observation, taken at airmass 1.17 and measured on the image of the field, is $2.2''$. The host galaxy of SN 2013fj is also clearly visible.

DESIGN Caso pratico: per ALFOSC (Canary Islands)

SCOPO: sviluppare VPHG GRISMs
per coprire un ampio range di
lunghezze d'onda (3400 - 9000 Å) con
una migliore efficienza

GRISM name	$\lambda_{central}$ [nm] (1)	Dispersion [Å/px] (2)	resolution (3)	$\Delta\lambda$ [nm] (4)	η_{peak} (5)	η_{side} (6)
BLUENOT	430	0.9	1100	337 - 523	80%	30%
GREENNOT	565	1.2	1100	443 - 687	80%	30%
REDNOT	735	1.6	1100	576 - 894	80%	30%
REDNOT2	790	2.1	900	576 - 1000	80%	30%

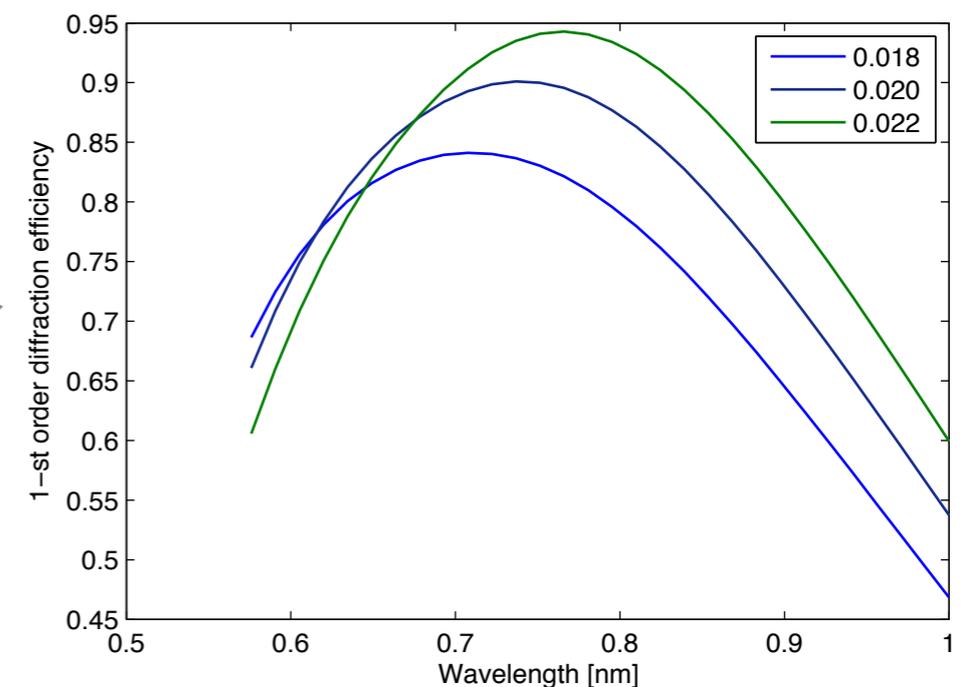
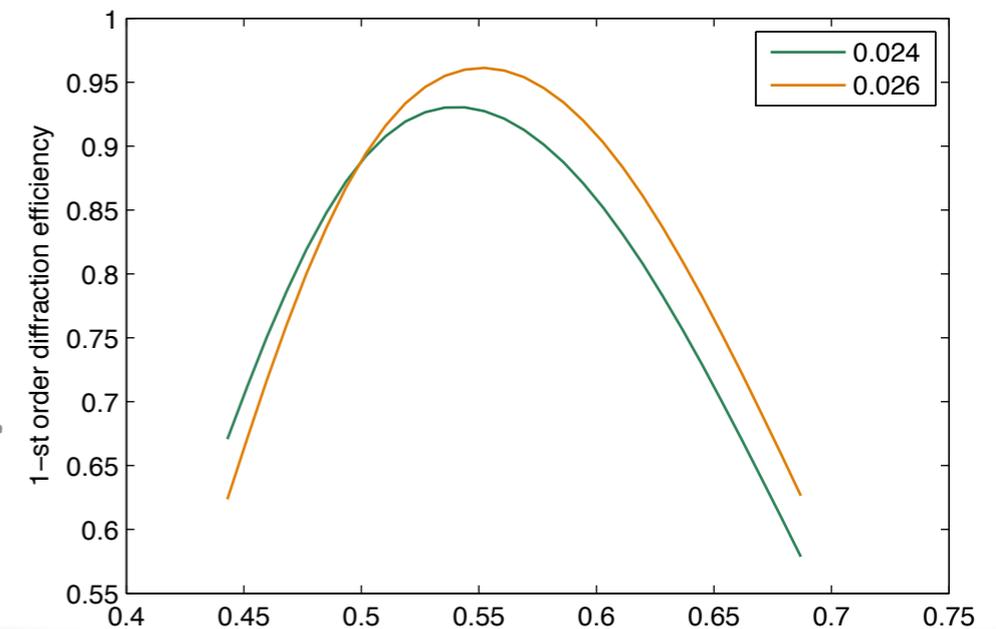
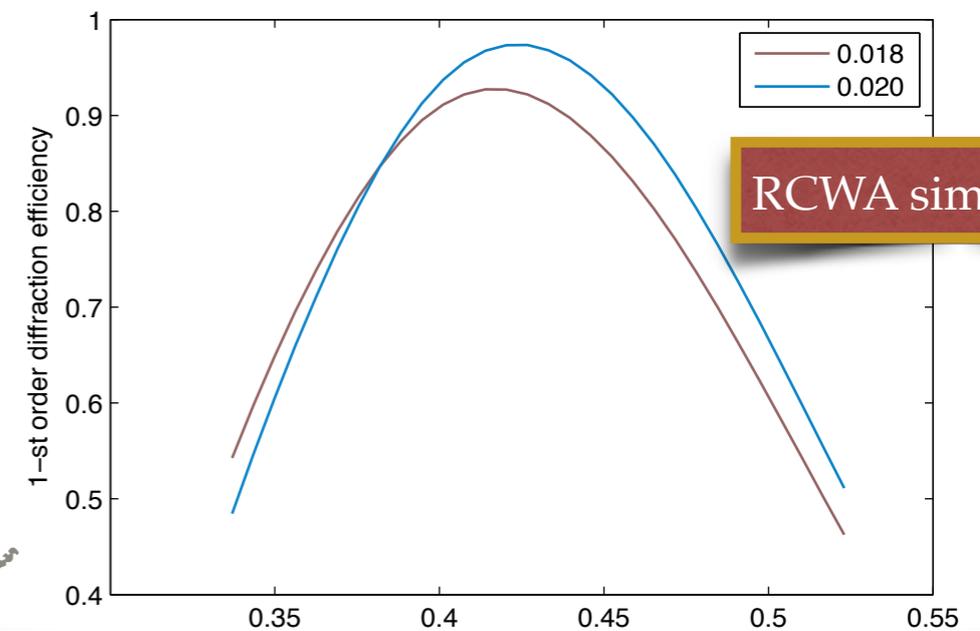


Design

Parametri dei reticoli (α e Λ) per raggiungere la dispersione e risoluzione voluta, **geometria dei prismi.**

- ❖ **BLUENOT**: Photopolymer film: Bayfol HX TP10, green sensitive; film thickness (d): 10 μm ; lines/mm: 1080; $\Delta n = 0.018$;
- ❖ **GREENNOT**: Photopolymer film: Bayfol HX TP10, green sensitive; film thickness (d): 10 μm ; lines/mm: 820; $\Delta n = 0.024$;
- ❖ **REDNOT**: Photopolymer film: Bayfol HX 104, green sensitive; film thickness (d): 16 μm ; lines/mm: 480; $\Delta n = 0.020$;

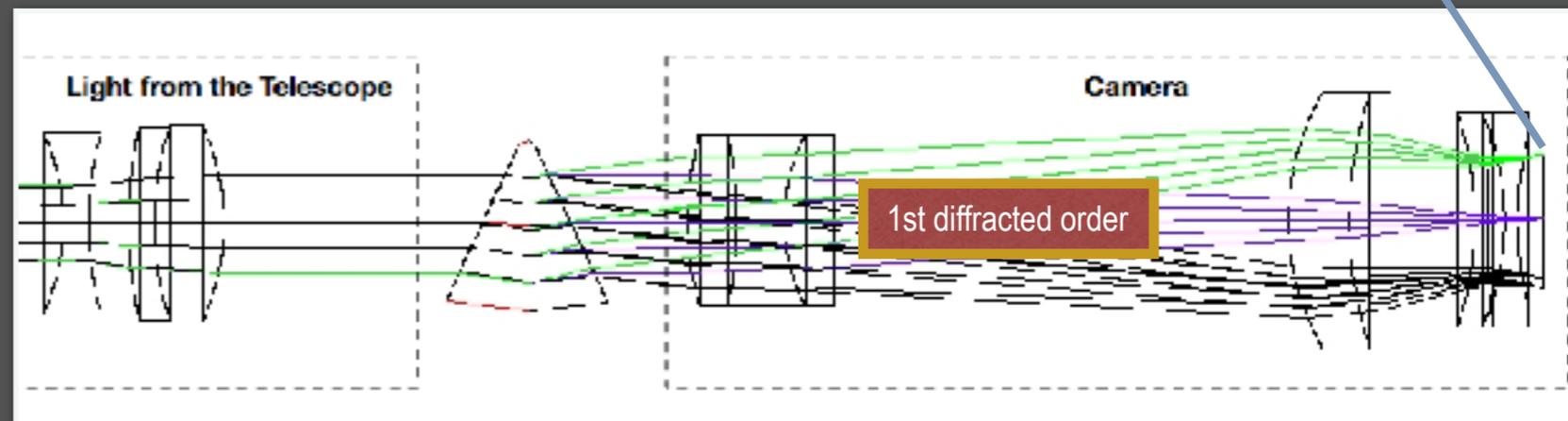
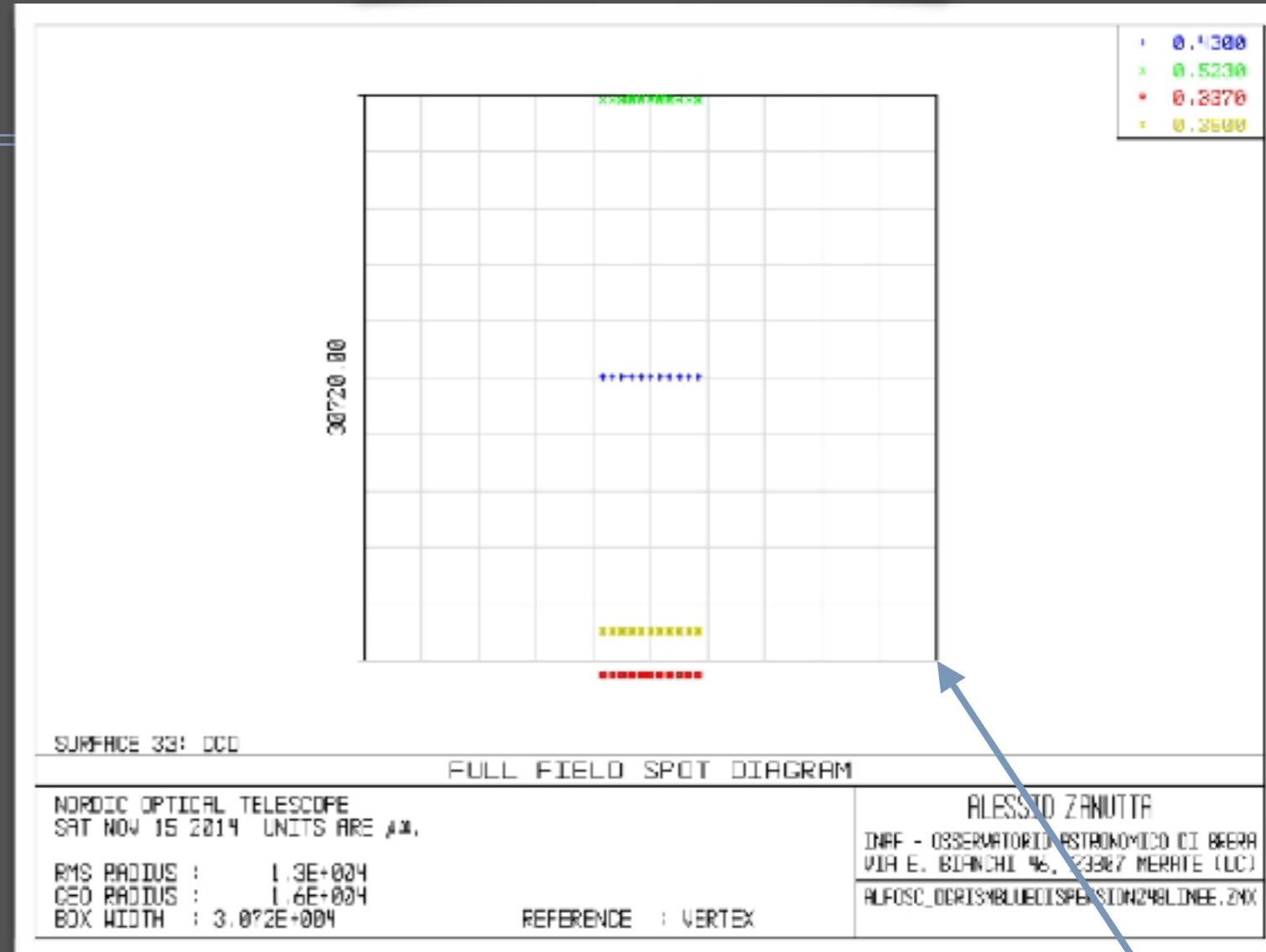
GRISM name	$\lambda_{undeviated}$ [nm]	A [°]	material	line density [l/mm]	α_{air} [°]
BLUENOT	430	24.80	N-BK7	1080	13.4
GREENNOT	565	24.80	N-BK7	820	13.4
REDNOT	788	20.75	N-BK7	480	10.9



Virtual Integration Ray Tracing Simulations

Example: BLUE GRISM

- ❖ Purpose:
 - ❖ simulation of the optical fitting **inside the instrument** (es. vignetting);
 - ❖ verify how each device will disperse the light (cross-check): *do all the desired wavelengths fall inside the CCD?*
- ❖ Optical CAD simulations with instrument's and telescope's drawings.



Produzione dei reticoli & Test

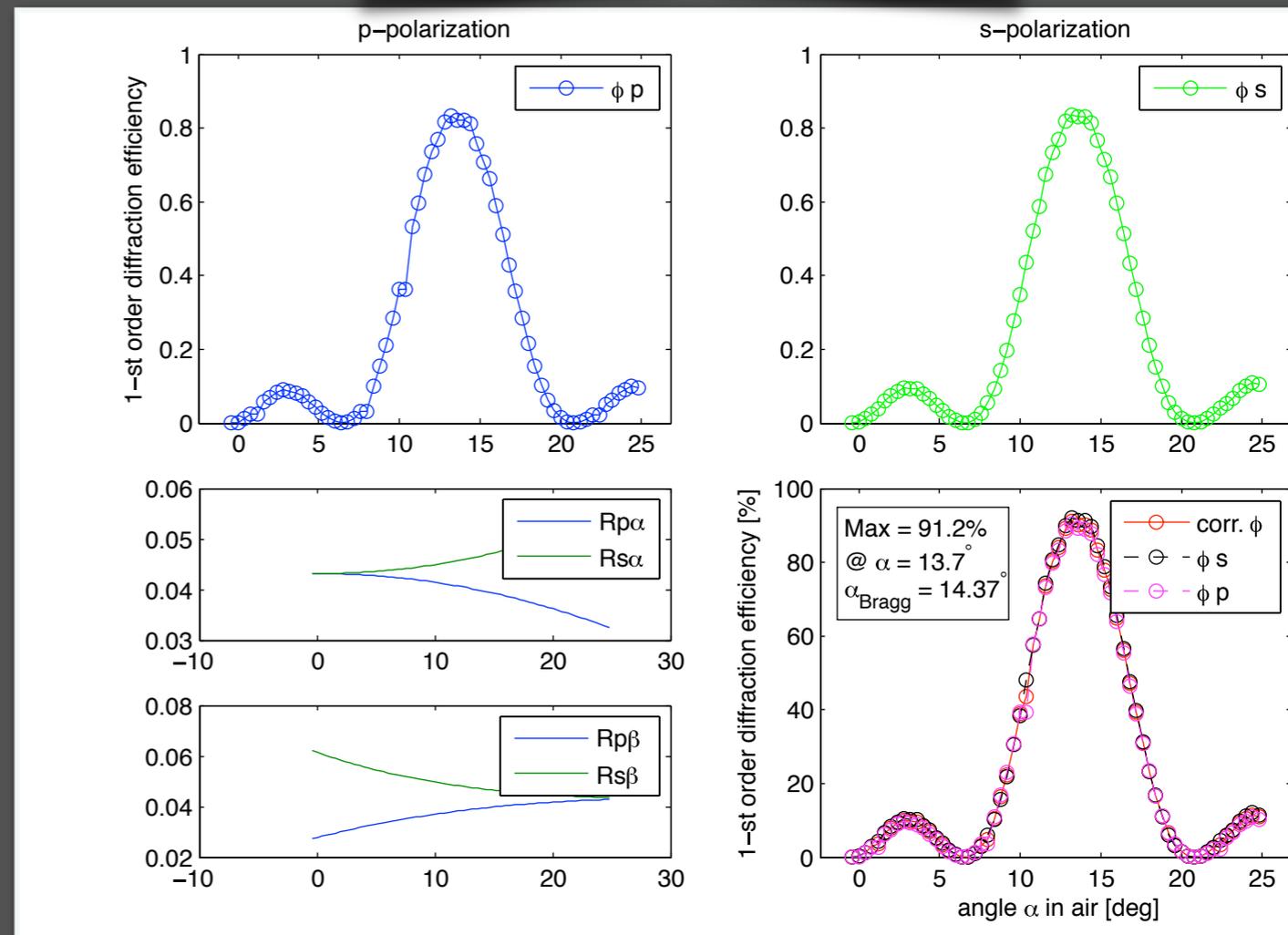
Esempio: BLUE GRISM
@ 457 nm

Condizioni di scrittura (regolazione della potenza):

- ❖ **BLUENOT**(1080 1/mm): $P_{ave} = 19.3 \text{ mW/cm}^2$;
- ❖ **GREENNOT**(820 1/mm): $P_{ave} = 4.3 \text{ mW/cm}^2$;
- ❖ **REDNOT**(480 1/mm): $P_{ave} = 115 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$.

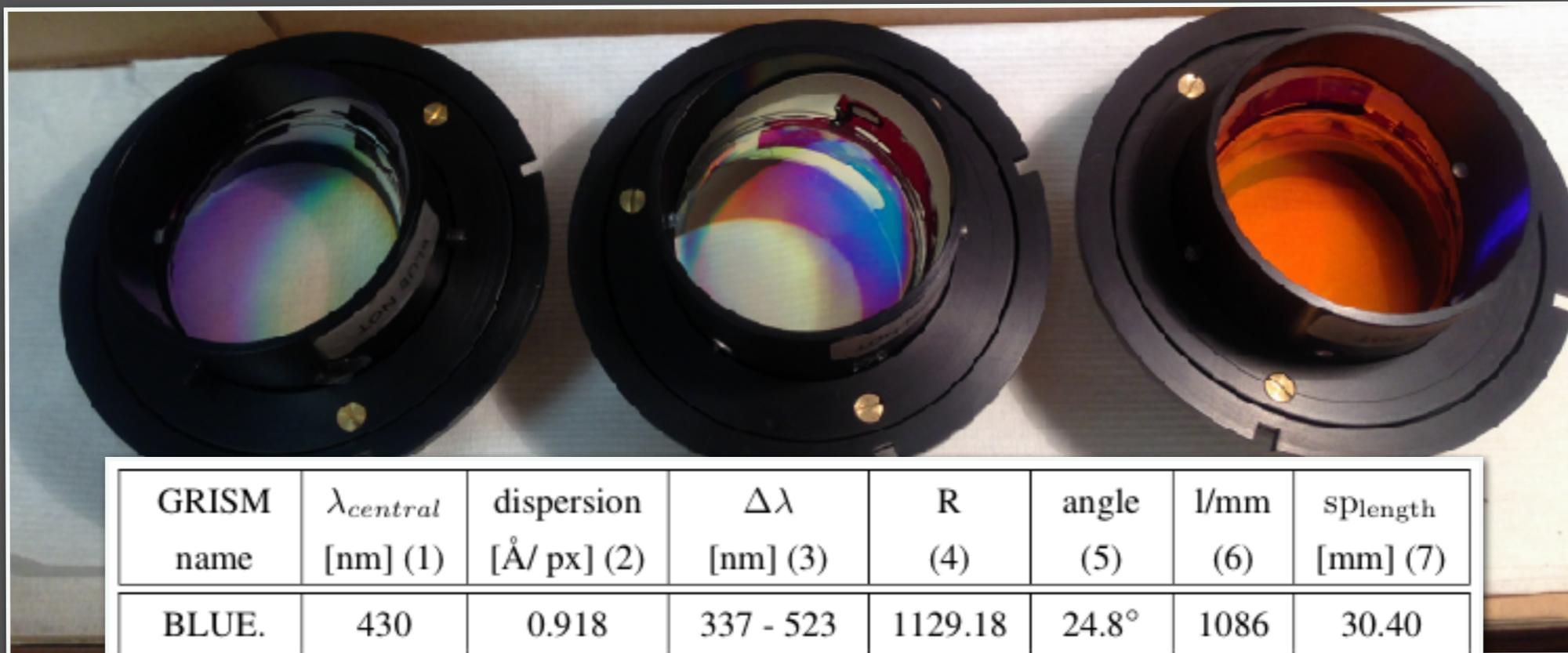
Dopo la scrittura, viene misurata l'efficienza di ciascun reticolo per verificare il Δn raggiunto.

In tutti i reticoli l'efficienza corretta è vicina o al disopra del 90%.



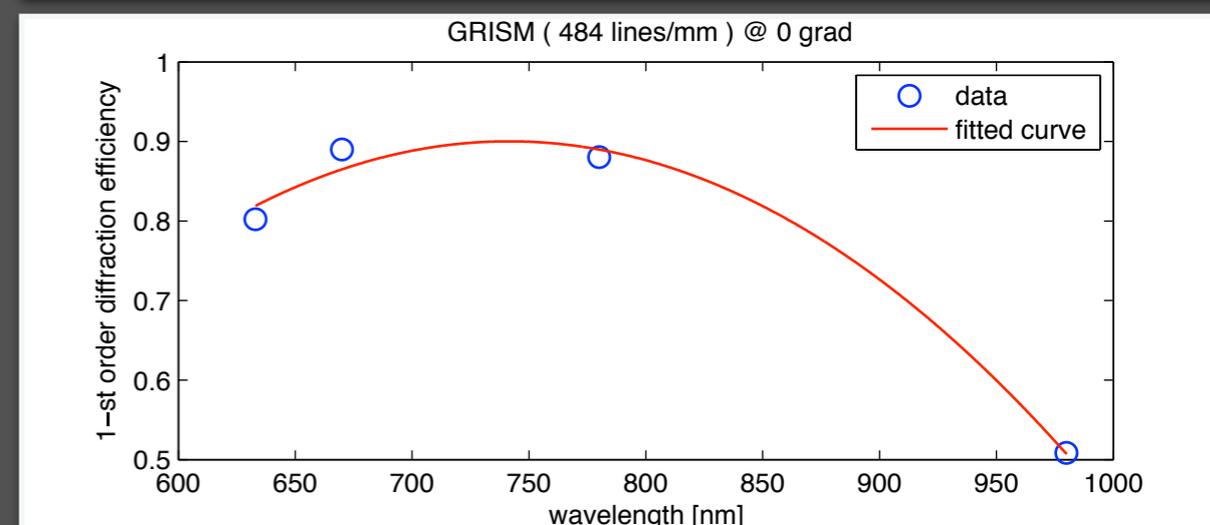
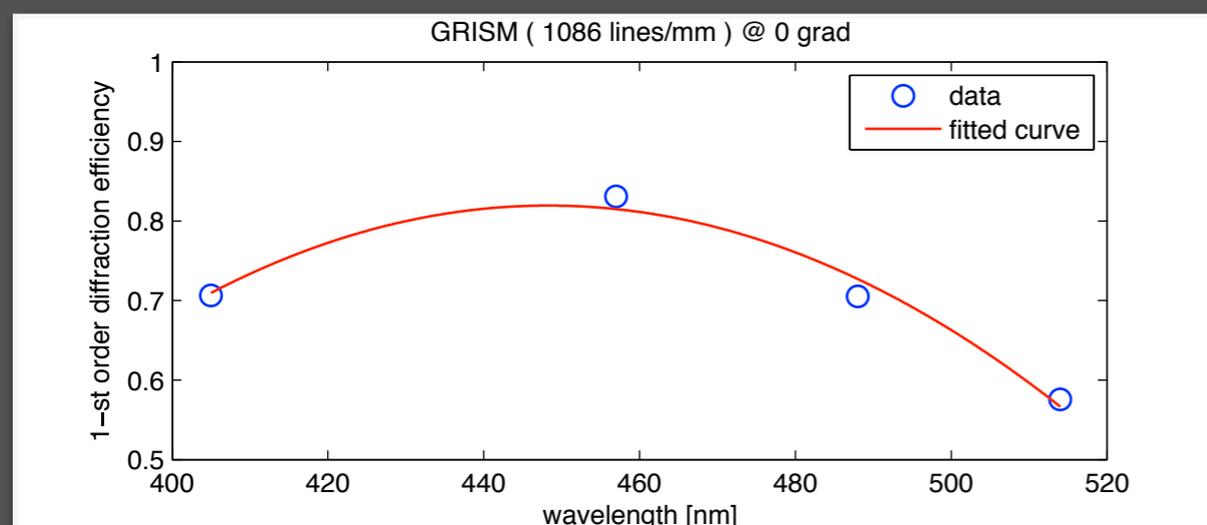
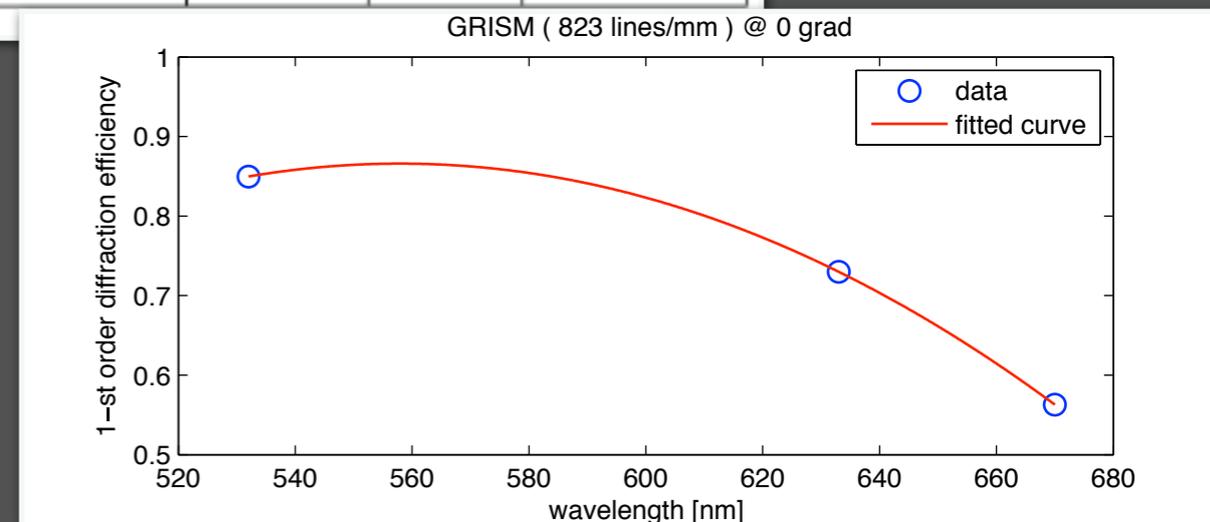
GRATING	Δn NEEDED	Δn ACHIEVED
BLUENOT	0,018 - 0,020	0,019
GREENNOT	0,024 - 0,026	0,023
REDNOT	0,020 - 0,022	0,022

I Prismi vengono assemblati



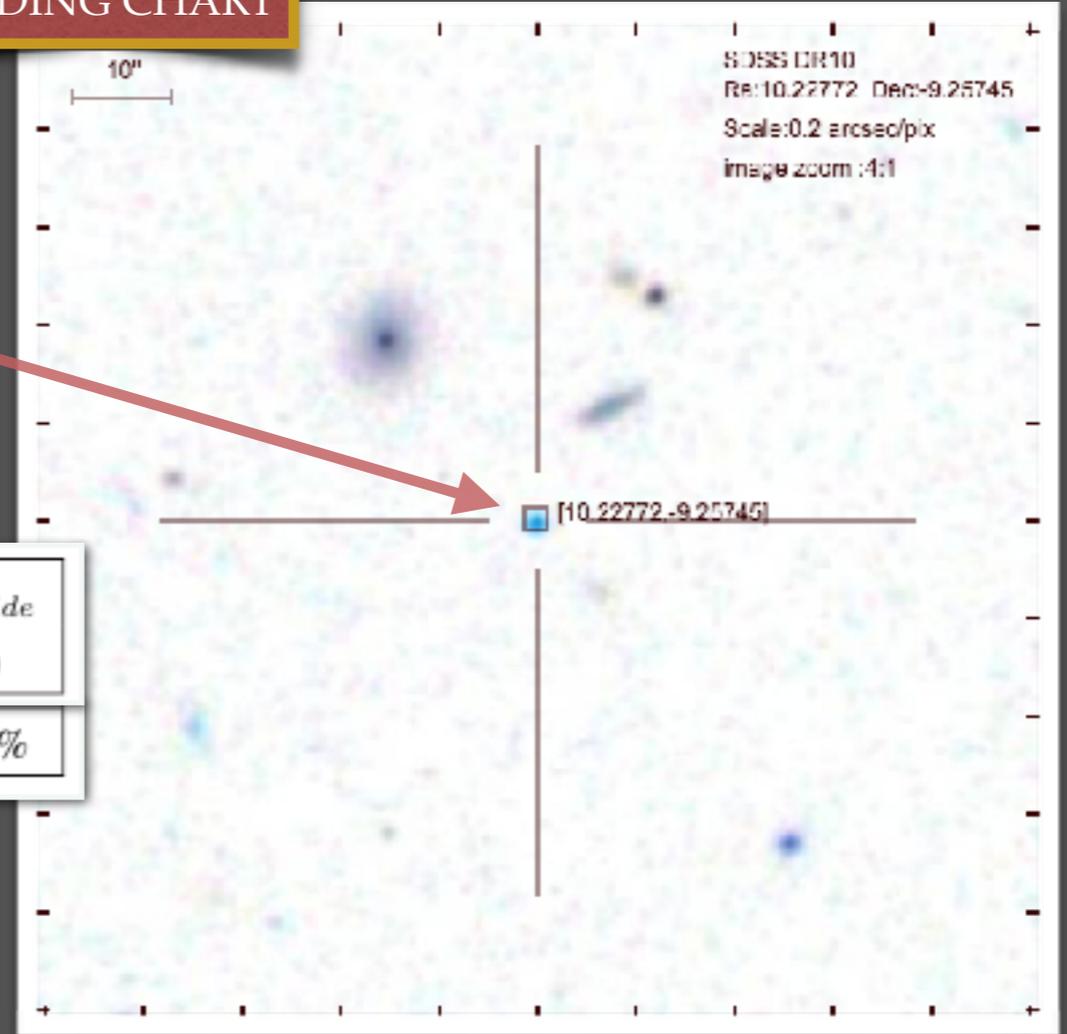
GRISM name	$\lambda_{central}$ [nm] (1)	dispersion [$\text{\AA}/\text{px}$] (2)	$\Delta\lambda$ [nm] (3)	R (4)	angle (5)	l/mm (6)	splength [mm] (7)
BLUE.	430	0.918	337 - 523	1129.18	24.8°	1086	30.40
GREEN.	565	1.212	443 - 687	1109.88	24.8°	823	30.197
RED.	788	2.079	576 - 1000	895.85	20.75°	484	30.584

Allineamento dei dispositivi finali & Misura



Osservazione di SDSS J004054.65-0915268

FINDING CHART



GRISM name	$\lambda_{central}$ [nm] (1)	Dispersion [$\text{\AA}/\text{px}$] (2)	resolution (3)	$\Delta\lambda$ [nm] (4)	η_{peak} (5)	η_{side} (6)
REDNOT2	790	2.1	900	576 - 1000	80%	30%

❖ **SCOPO:** studio di un oggetto non classificato “SDSS J004054.65-0915268”;

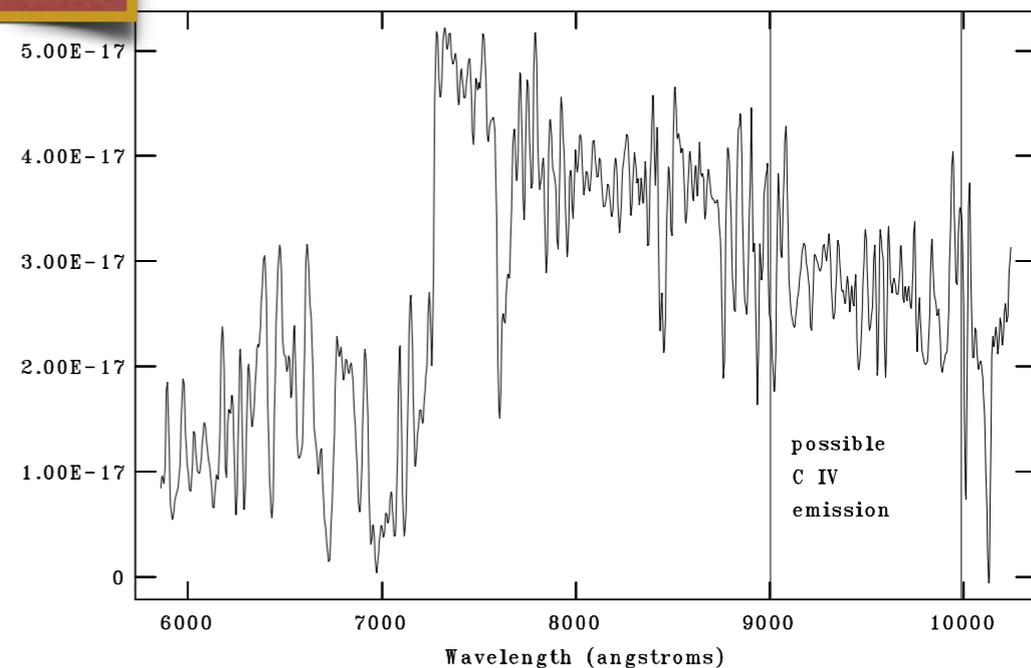
❖ **REDNOT**, bassa risoluzione rispetto ai requirements ma con un esteso range da 5700 a 10000 \AA

❖ **CLASSIFICATA LA SORGENTE:**

grazie alla verifica dell’assenza di una broad line tra 9000 e 10000 \AA

SPECTRUM

NOAO/IRAF V2.16 alessio@alessio-VirtualBox Thu 15:35:42 20-Nov-2014
SDSS J004054.65-0915268



nuove geometrie: multiplexing

- limitazioni: superare il range
- multi oggetto
- aumento della risoluzione

filter

VPHG #1

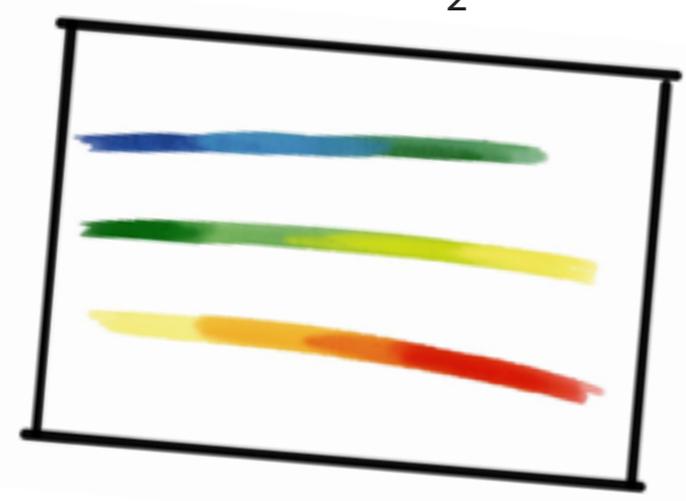
VPHG #2

glass

MULTIPLYING

Λ_1

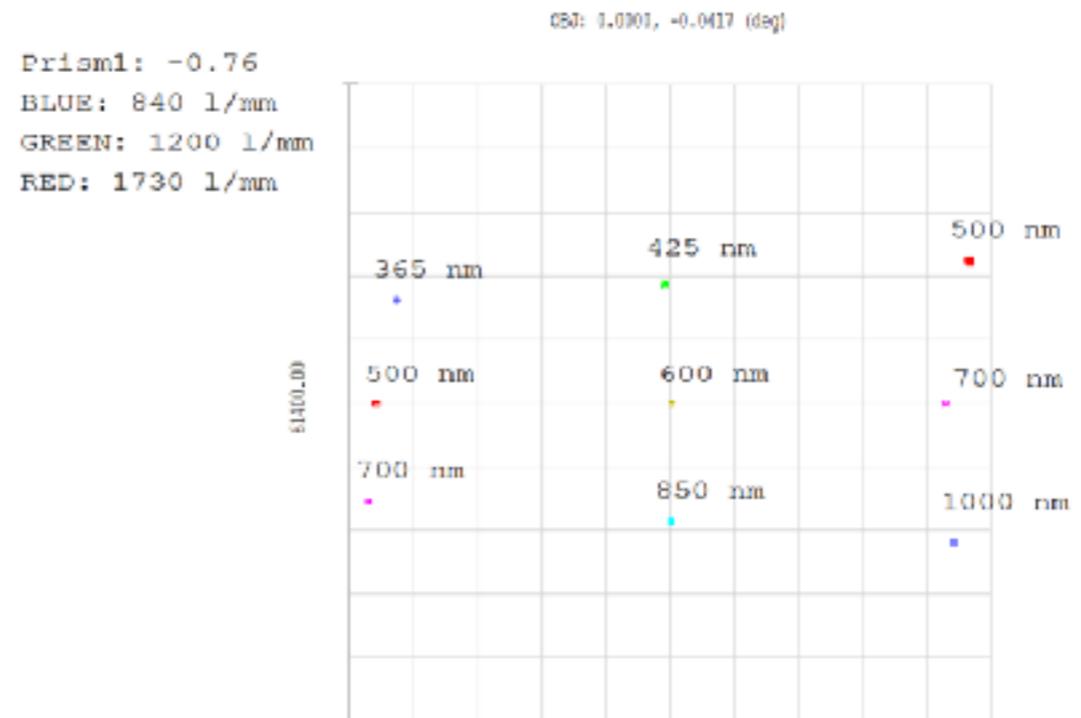
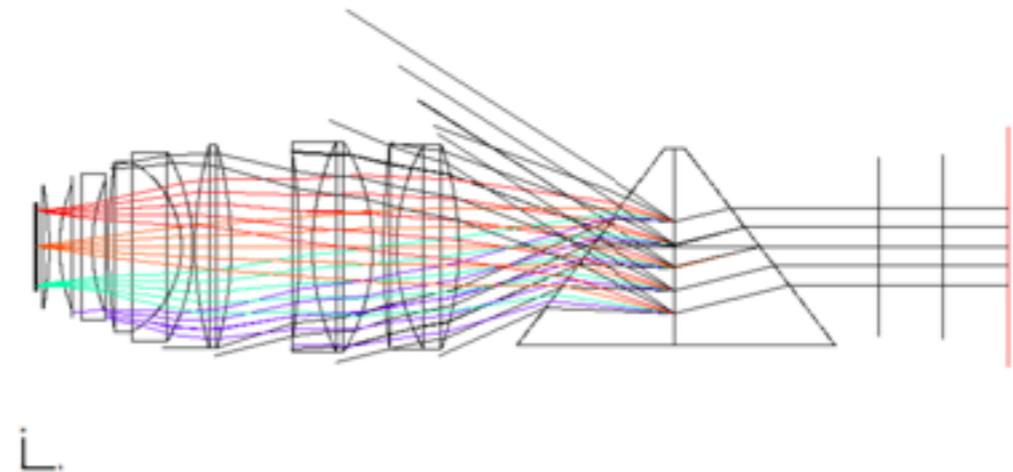
Λ_2



multiple (stacked) VPHGs
for spectroscopic
instrumentations

SCHEME AND ADVANTAGES

- ▶ multiple VPHGs in sequence (GRISM configuration);
- ▶ each grating diffracts a specific wavelength range;
- ▶ you can combine the spectra acting on the clock and the slant + pitch of the gratings.



Surface IER: CCD

IMA: 0.100, 1.000 mm

Spot Diagram

OSIRIS after lens manufactured
 22/01/2016 Units are μm .
 Field : 5
 RMS radius : $2.4\text{E}+004$
 GEO radius : $3.2\text{E}+004$
 Scale bar : $6.14\text{e}+004$

Reference : Vertex

OSIRISFINAL multiplex2.ZMX
 Configuration: All 3

VIS DEVICE

- ▶ each VPHG has to be optimized to have the max efficiency in its band ...
- ▶ ... and not to steal efficiency from the other grating.

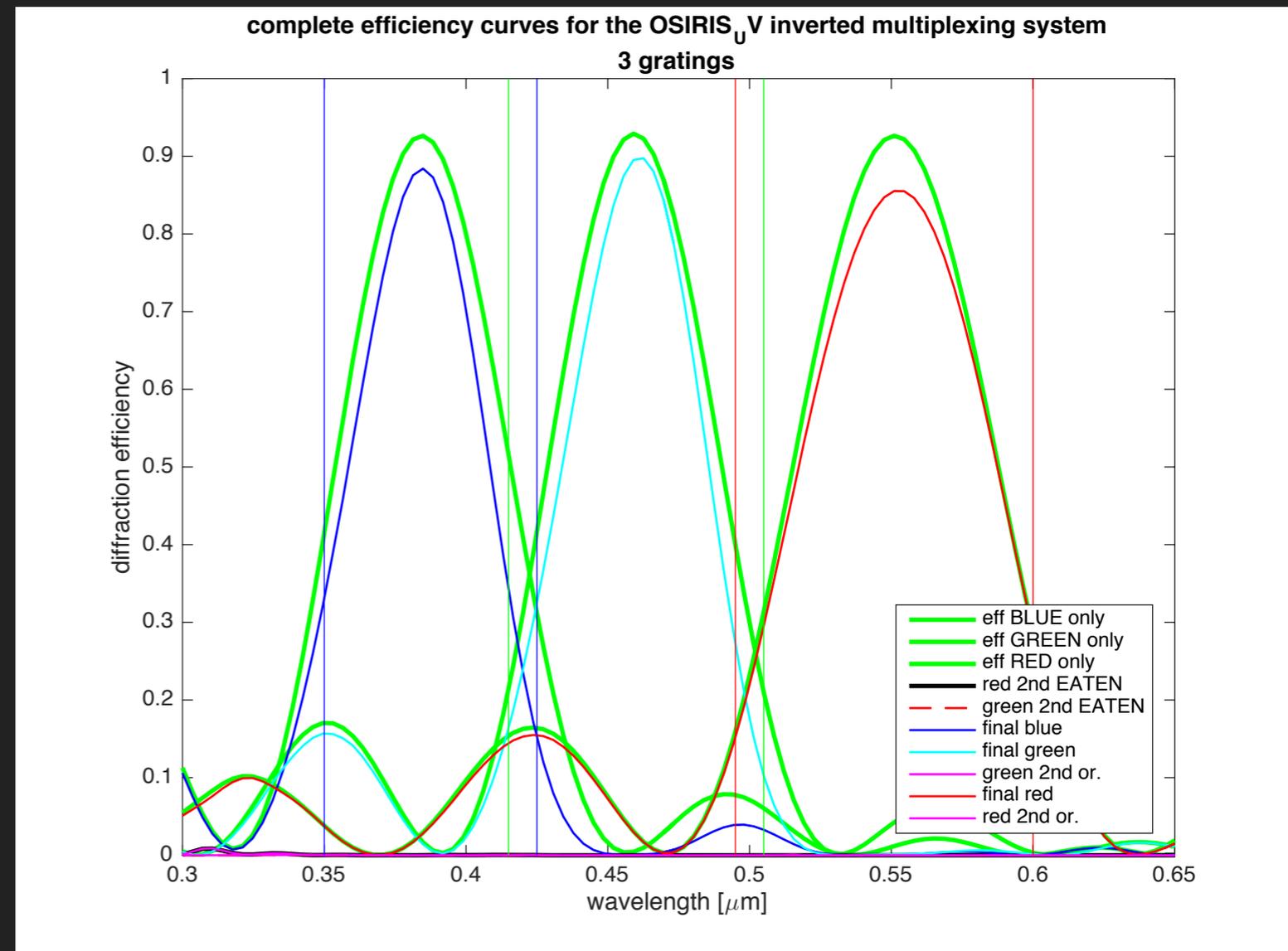
- ▶ range from **3500** to **6000** AA;
- ▶ resolution $R=4400$ with 0.6 arcsec slit;
- ▶ 3 gratings and 3 spectra;

REQUIRED SPECIFICATIONS

BLUE: $d=4 \text{ } \mu\text{m}$, $D_n=0.055$, 2850 l/mm

GREEN: $d=6 \text{ } \mu\text{m}$, $D_n=0.037$, 2400 l/mm

RED: $d=7.5 \text{ } \mu\text{m}$, $D_n=0.035$, 1980 l/mm



NIR DEVICE

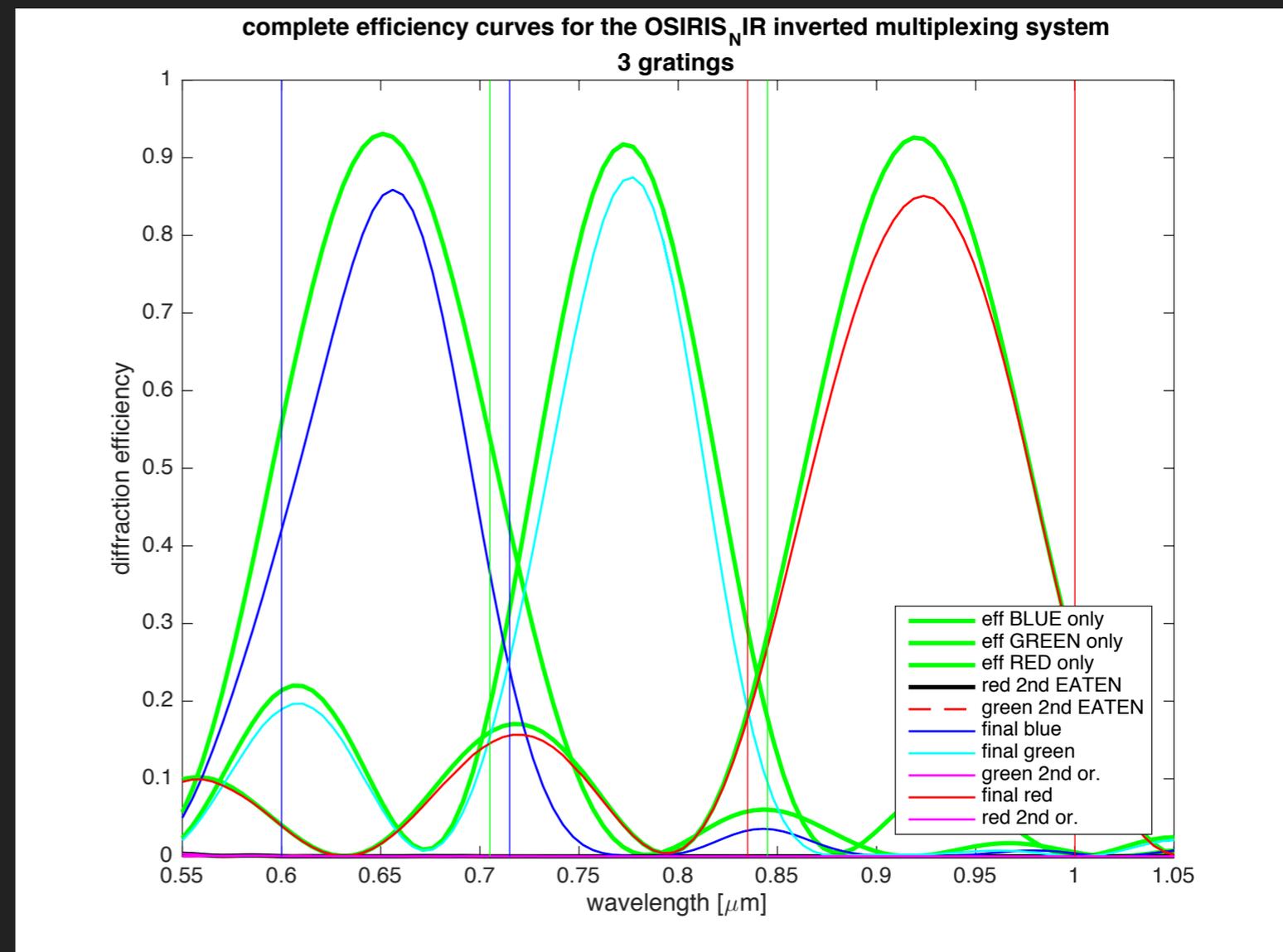
REQUIRED SPECIFICATIONS

BLUE: $d=6 \text{ }\mu\text{m}$, $D_n=0.055$, 1750 l/mm

GREEN: $d=10 \text{ }\mu\text{m}$, $D_n=0.044$, 1480 l/mm

RED: $d=12 \text{ }\mu\text{m}$, $D_n=0.038$, 1240 l/mm

- ▶ range from **6000** to **10000** AA;
- ▶ resolution $R=4800$ with 0.6 arcsec slit;
- ▶ 3 gratings and 3 spectra;



Prossimi test su VPHG fotopolimerici

- Parametri potenzialmente importanti:
 - range di temperatura al quale sono utilizzabili senza variazione di performance;
 - efficienze nell'UV o near-IR?
 - misure interferometriche per capire la qualità del fronte d'onda propagato.

Basics Holography - Part 1

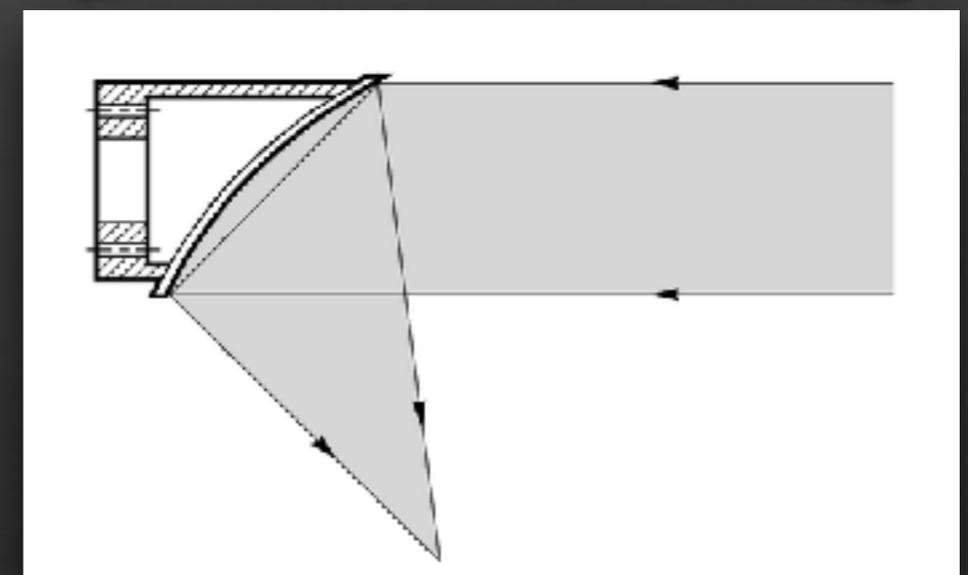
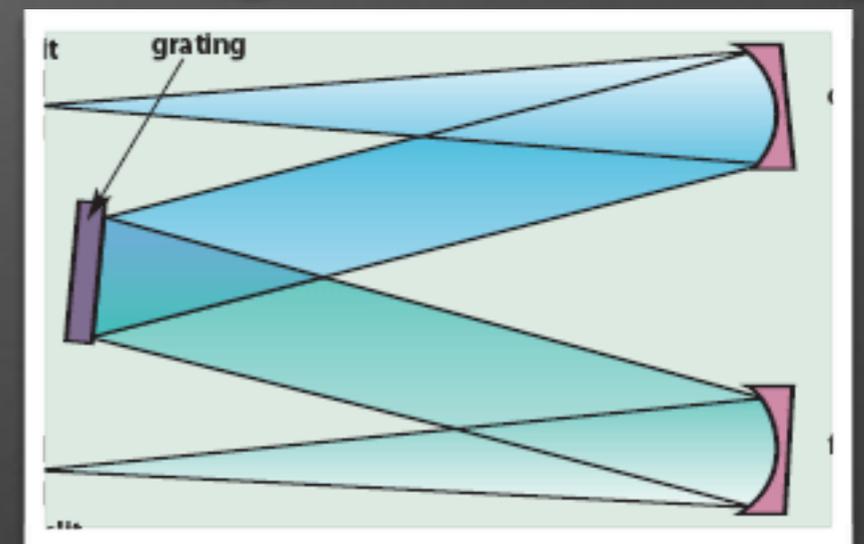
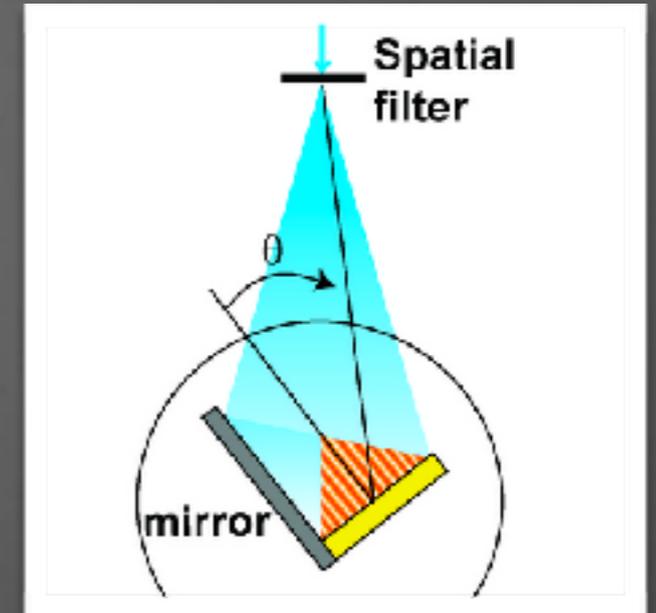


Problematiche e Limitazioni

- Grandi dimensioni: legate alla potenza di scrittura e alle ottiche (setup);
- uniformità dell'efficienza nell'area attiva del reticolo: legata all'uniformità del fascio di scrittura;
- passi reticolari molto spinti e Δn molto elevati: legati alla stabilità del sistema (maggiori lunghezze dei cammini ottici).

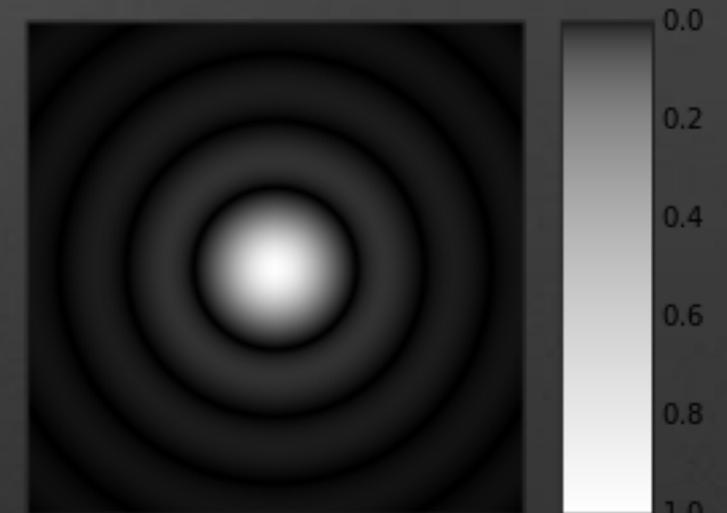
Dimensioni

- il setup Lloyd mirror è molto stabile ma produce campioni piccoli — serve uno specchio molto lungo per avere numeri di linee ragionevoli;
- con un setup a due bracci di scrittura devo utilizzare dei collimatori in riflettivi — doppietti costerebbero troppo;
 - sono specchi parabolici fuori asse, fasci molto divergenti dai filtri spaziali e cammini ottici molto lunghi — vibrazioni e sistemi poco flessibili (range di linee)



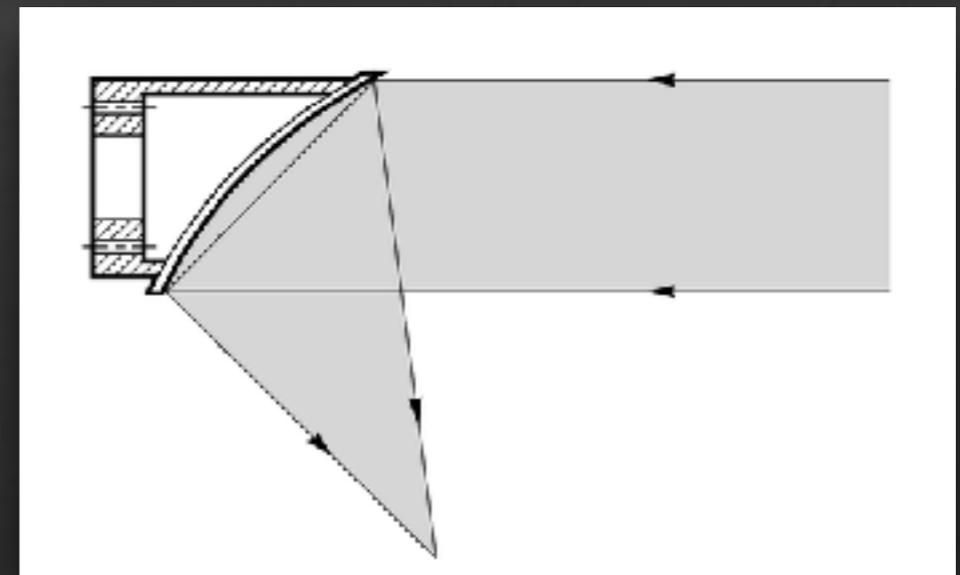
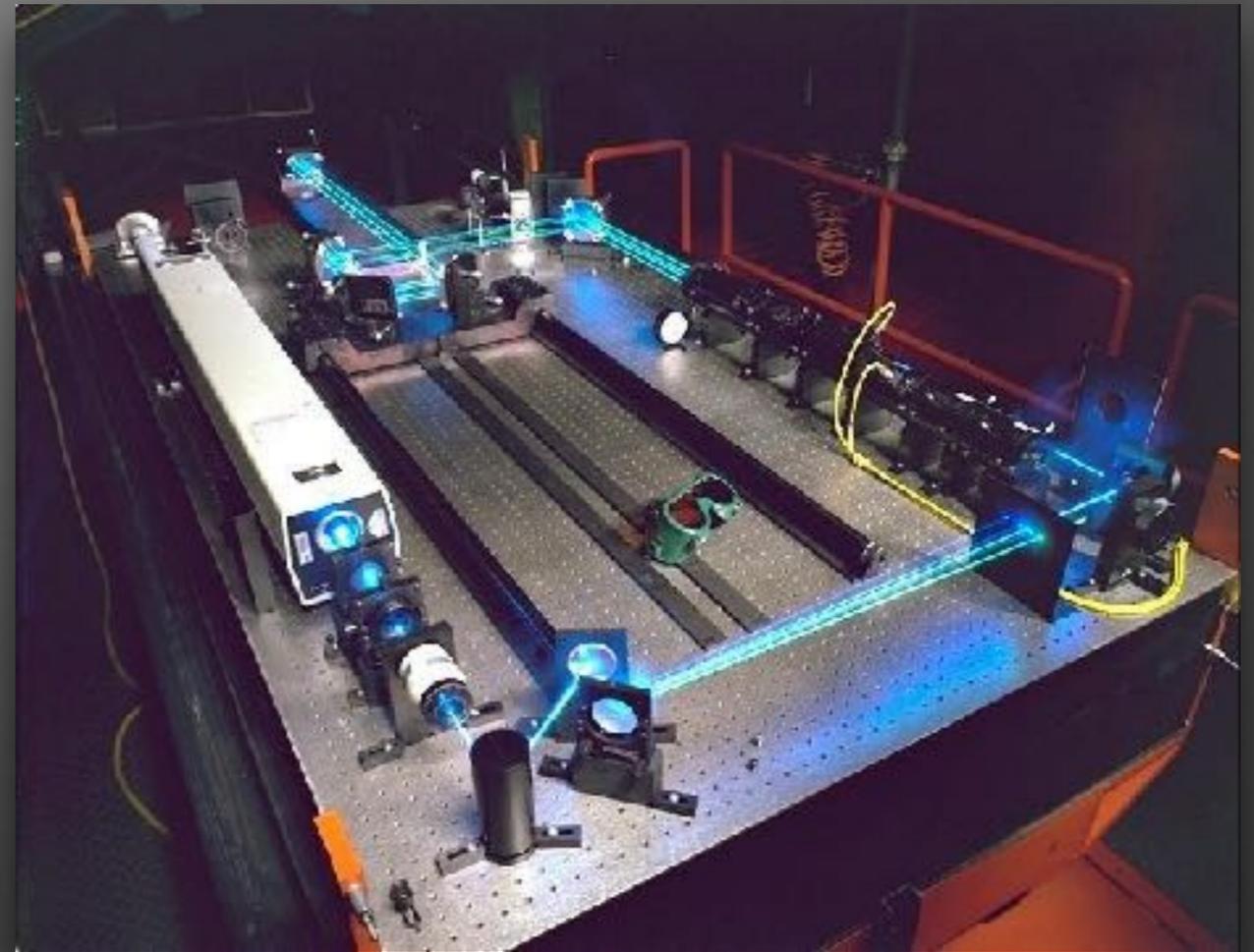
Uniformità di efficienza nell'area del reticolo

- i fasci di scrittura hanno un profilo gaussiano quando escono dal filtro spaziale;
- a meno di non utilizzare solo la parte centrale, sul campione posso avere delle variazioni di potenza in x e y ;
- i pin hole possono avere forme e dimensioni variabili — cattivo filtraggio.



Performance molto spinte

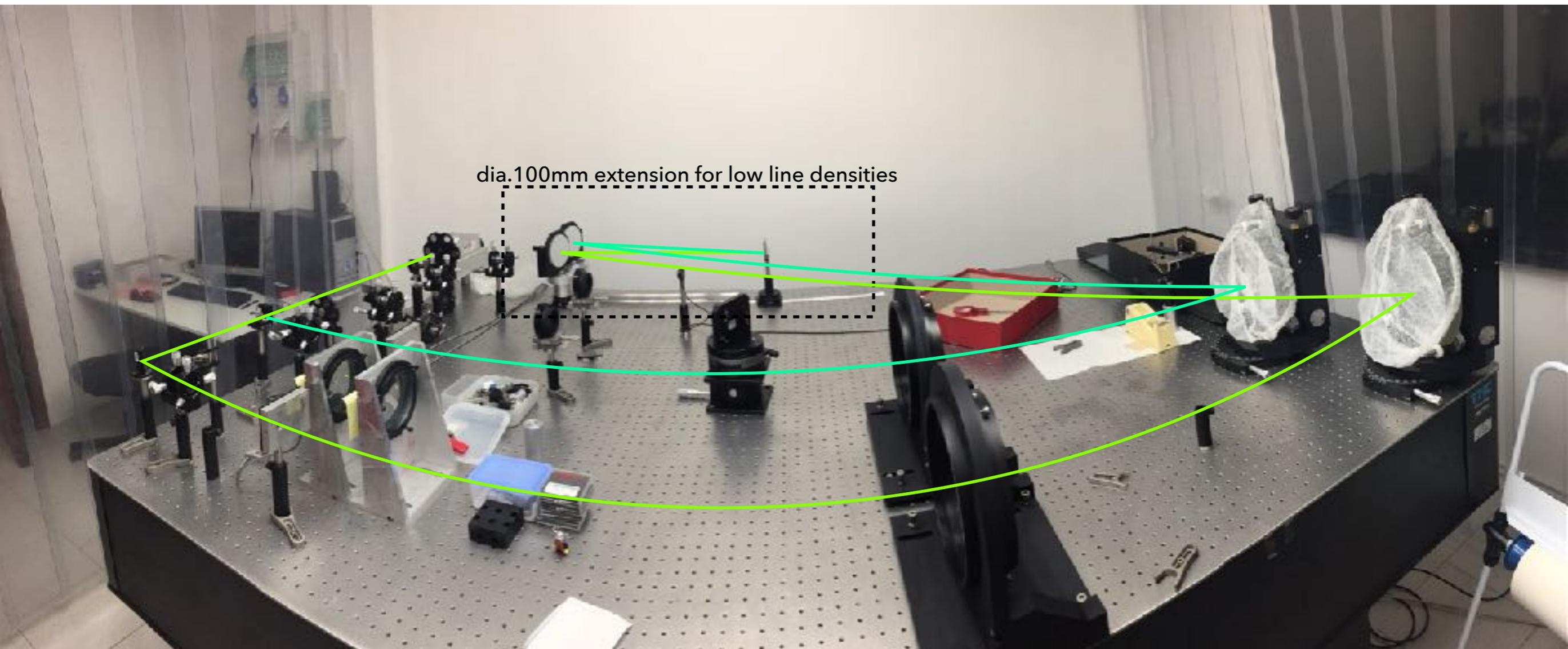
- ingombri geometrici e limitazioni di lunghezza dei banchi ottici limitano i passi dei reticoli;
- i cammini molto lunghi sono molto più soggetti alle turbolenze — linee si muovono durante la scrittura.



HOLOGRAPHIC SETUP: SUMMING UP ...

TODAY'S CAPABILITIES

- ▶ Volume Phase Holographic Gratings in transmission and reflection;
- ▶ writing beam dimensions: dia. ca. **200 mm**;
- ▶ new lab with improved stability* and environmental control;
- ▶ lines/mm: from ca. [150 w dia. 100mm; 400 w dia. 200mm] to ca. 5000**;
- ▶ writing wavelength: 532 nm through DPSS laser (+ tests with 633 nm HeNe);



VPHG'S CHARACTERIZATION

- ▶ new Tunable Light Source (Xe 300W TLS) - Monochromator with double grating turret;
- ▶ angular scanning;
- ▶ wavelength scanning (UV and IR 250 - 2400 nm);
- ▶ polarization selection;
- ▶ intensity control feedback loop;

