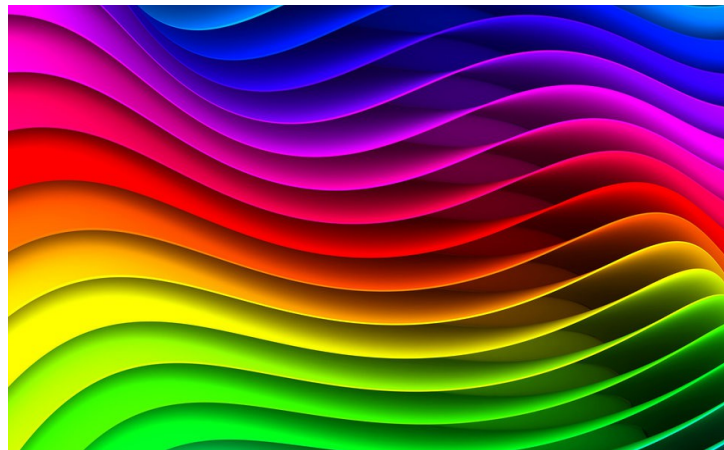


theremino
•the•real•modular•in-out•

Sistema theremino

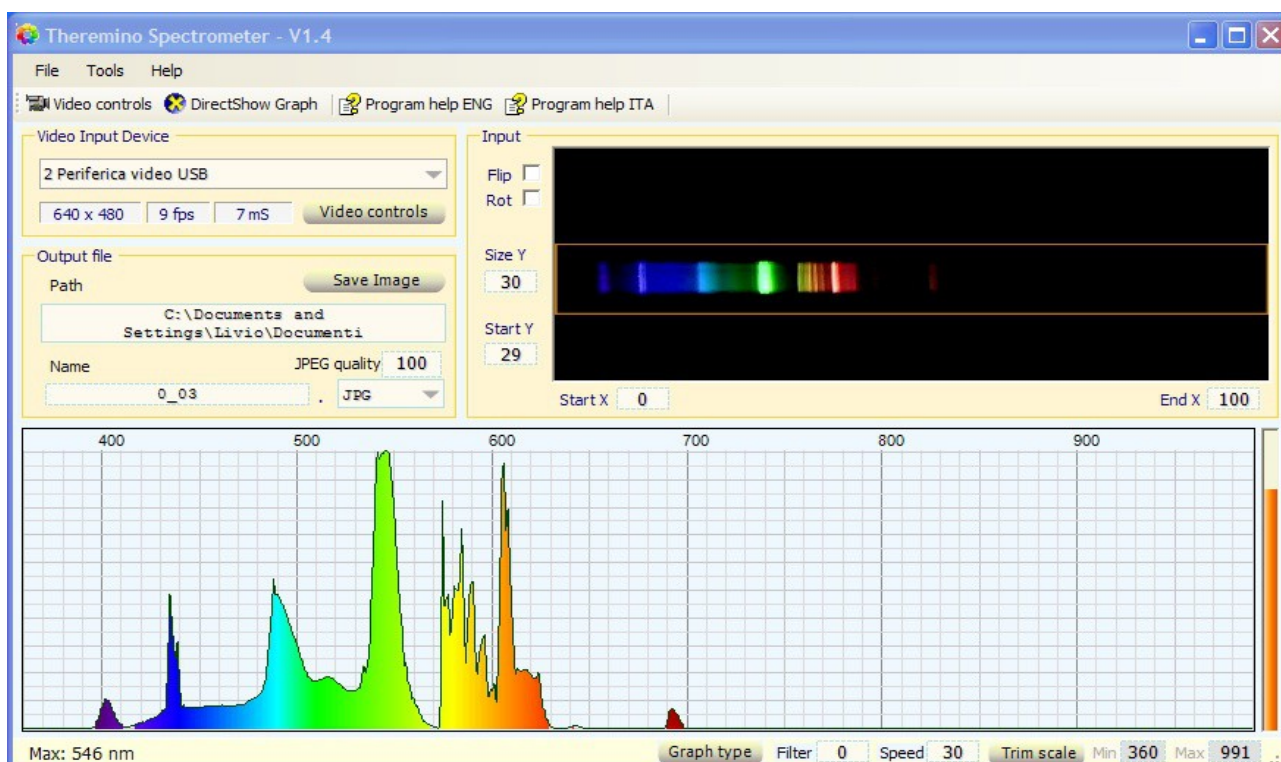


Theremino Spectrometer Tecnologia

Principio di funzionamento



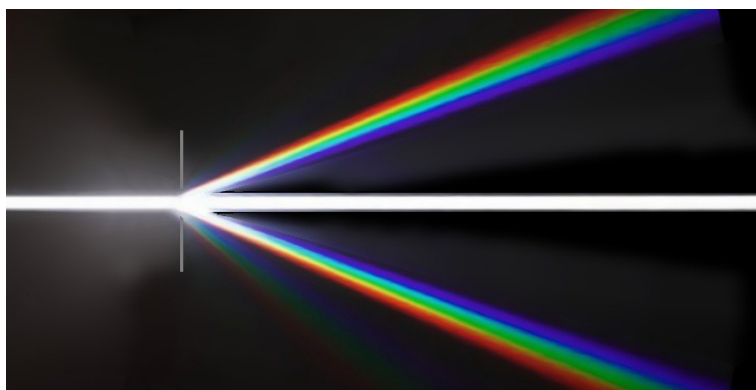
Ponendo una telecamera digitale con un reticolo di diffrazione davanti all'obiettivo e **inclinandola rispetto al raggio incidente**, si ottiene che le componenti di luce blu, violetta e ultravioletta, colpiscono i Pixel più a sinistra e che la luce rossa e infrarossa vada a colpire i Pixel più a destra. In questa immagine la luce infrarossa (invisibile) viene mostrata con un colore marrone scuro. Per rilevare anche gli infrarossi è necessario rimuovere il filtro anti-infrarossi, integrato nella telecamera.



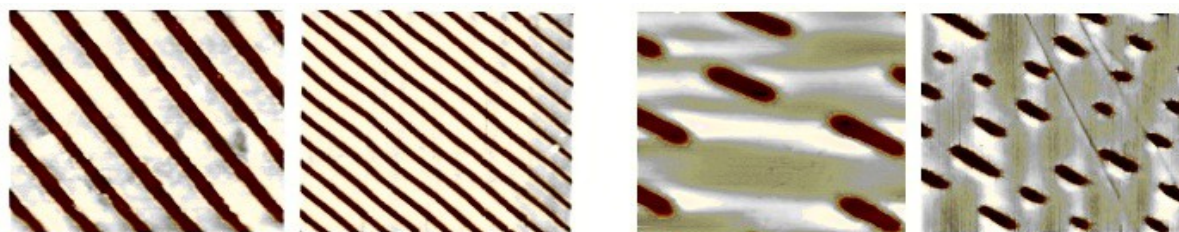
Il software calcola l'intensità di luce che colpisce ciascun Pixel ed è quindi in grado di misurare la quantità di radiazione per ogni colore. Nella telecamera non è necessario discriminare il colore dei fotoni raccolti, ciò che interessa è solo l'intensità e la posizione. Anche una telecamera in bianco e nero andrebbe bene, la luce rossa colpirà solo alcuni Pixel, quella verde altri, quella violetta, infrarossa o violetta altri ancora.

Reticolo di diffrazione con dischi ottici

CD e DVD sono composti da uno strato di plastica trasparente che, separato dagli altri strati del disco, si comporta come un **reticolo di diffrazione**. Questo perché tale plastica è incisa da microsolchi tra loro molto vicini, quasi invisibili ad occhio nudo.



Una luce contenente più lunghezze d'onda, per esempio la luce bianca emessa da una lampadina o dal sole, viene scomposta nei suoi componenti e la luce di ciascuna frequenza viene deviata con un angolo differente.



In queste immagini molto ingrandite, si vedono le righe dei CD e quelle più fitte dei DVD. Quando i dischi sono scritti, le righe sono spezzate in piccoli punti e il funzionamento come reticolo di diffrazione diventa peggiore (la luce deviata è meno intensa).

Usare CD o DVD ?

Secondo le nostre prove i reticoli migliori si ricavano dai DVD vergini e abbiamo ottenuto risultati migliori usandoli in trasmissione (non per riflessione)

Le prossime pagine presentano varie possibilità utili per la didattica e per gli sperimentatori estremi, reticoli commerciali, prismi, funzionamento per riflessione...

Chi desidera costruire uno spettrometro semplice, senza addentrarsi nella teoria, dovrebbe ritagliare un quadrato di DVD e incollarlo sulla punta dell'obiettivo della telecamera, quindi saltare direttamente al file "Costruzione".

Reticoli di diffrazione commerciali



I reticoli di diffrazione sono reperibili in rotoli di plastica sottile. Su eBay li vendono tagliati in pezzi da 15x30cm, per circa tre Euro più quattro di spedizione. Sono disponibili in due versioni, da 500 o da 1000 linee per millimetro. Si consiglia di comprarli tutti e due, pagando una sola spedizione o di comprare solo quello da 1000 righe, che è il migliore per quasi tutte le telecamere.

I reticoli di diffrazione sono più efficienti dei CD e dei DVD (luce deviata di maggiore intensità). Le caratteristiche dicono: "Holographic Diffraction Gratings, highly efficient embossed Holographic Optical Elements (H.O.E.)"

http://www.ebay.it/itm/280859388704?ru=http%3A%2F%2Fwww.ebay.it%2Fsch%2Fhtml%3F_sacat%3D0%26_from%3DR40%26_nkw%3D280859388704%26_rdc%3D1

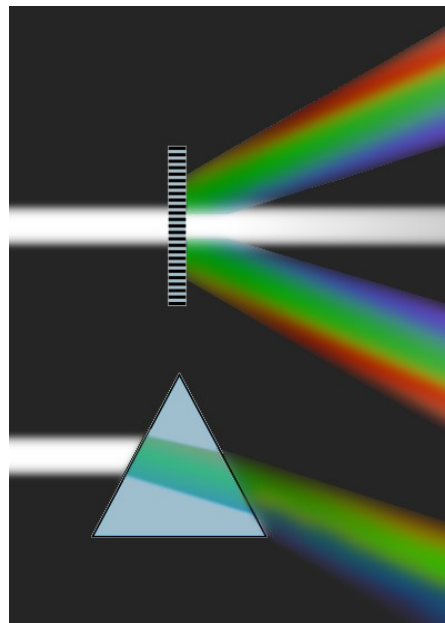
Prismi

I prismi hanno un comportamento simile a quello dei reticoli di diffrazione ma deflettono la luce in modo diverso.

I prismi deflettono da un lato solo mentre i reticoli deflettono in due direzioni. Quindi con un prisma si dovrebbe disporre di più luce colorata e si dovrebbe in teoria preferirli.

In pratica però è meglio non usare i prismi perché allargano l'area del blu e comprimono le zone del rosso e dell'infrarosso.

La deflessione prodotta dai prismi non è lineare, come visibile nelle due immagini seguenti.



Scala di misura prodotta da un reticolo di diffrazione



Scala di misura prodotta da un prisma

Il prisma espande la zona del blu e del verde e comprime la zona dal giallo al rosso (e ancora di più gli infrarossi) Con un prisma le tacche di riferimento delle lunghezze d'onda non sarebbero spaziate uniformemente e le tarature diventerebbero più difficoltose.

Funzionamento per riflessione



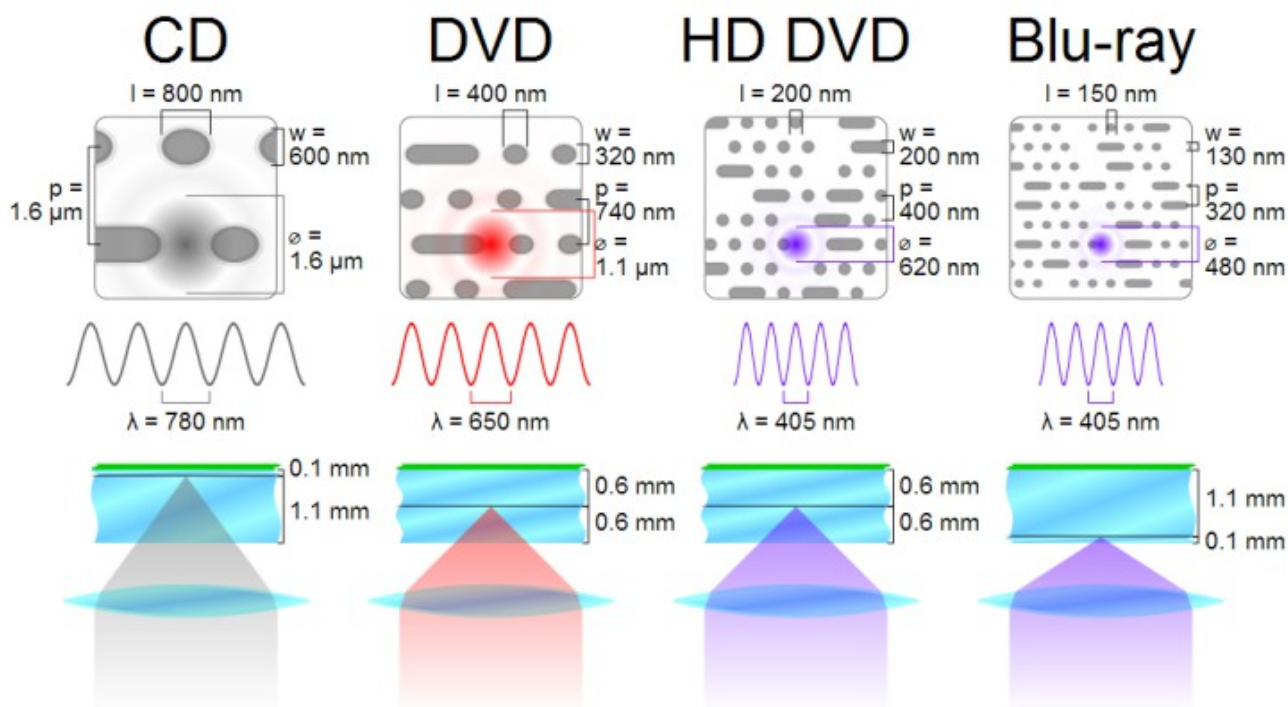
Teoricamente il funzionamento per riflessione dovrebbe fornire una maggiore intensità di luce colorata e avrebbe anche il vantaggio di non dover spellare la metallizzazione del DVD.

In pratica però questo modo di funzionamento genera vari problemi:

- ◆ Lo strato di plastica trasparente viene attraversato due volte (per di più con angoli diversi) e questo tende a diffondere la luce e allargare le righe dello spettro.
- ◆ Non potendo applicare il reticolo sull'obiettivo della telecamera, si deve sospenderlo con un supporto apposito.
- ◆ Le inclinazioni del reticolo e della telecamera vanno regolate su due angoli diversi e trovare gli angoli appropriati è difficoltoso.
- ◆ Se il reticolo non è perfettamente piano provoca distorsioni di non linearità della scala di misura delle lunghezze d'onda.

I nostri test con il sistema a riflessione hanno dato risultati scarsi, righe più larghe, risoluzione scarsa e maggiori riflessioni e artefatti. Inoltre la taratura è risultata più difficile e più sensibile alle variazioni di posizione e rotazione, sia del reticolo che della camera.

Comparazione tra reticoli di diffrazione, CD e DVD



I microsolchi sono più fitti nei DVD ed è quindi meglio utilizzare questi invece dei CD, per ottenere una maggiore separazione tra le righe dello spettro.

| Tipo di reticolo (a riflessione) | Righe per millimetro | Distanza tra le righe (nm) | Deflessione in gradi per varie lunghezze d'onda | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 400 nm | 500 nm | 600 nm | 700 nm | 800 nm | 900 nm |
| CD | 625 | 1600 | 14 | 18 | 22 | 26 | 30 | 34 |
| DVD | 1350 | 740 | 33 | 43 | 54 | 71 | - | - |
| HD DVD | 2500 | 400 | - | - | - | - | - | - |
| Blu Ray | 3125 | 320 | - | - | - | - | - | - |
| Reticolo di diffrazione commerciale | 500 o 1000 | 2000 | 12 | 14 | 17 | 20 | 24 | 27 |
| | | 1000 | 24 | 30 | 37 | 44 | 53 | 64 |

La formula per calcolare l'angolo è: **deflessione in gradi = arcoseno (lunghezza d'onda / distanza righe)** e si riferisce ad **un reticolo perpendicolare al raggio in arrivo**. Con i DVD sembrerebbe di non poter rilevare gli infrarossi (oltre i 700 nanometri), ma dato che noi teniamo il reticolo parallelo alle lenti della telecamera riusciamo a recuperare anche la zona degli infrarossi.

A seconda della lunghezza focale dell'obiettivo della telecamera (più o meno grandangolare) potrebbe essere meglio usare CD, DVD o reticoli da 500, 1000 linee per mm. Gli HD-DVD e i Blu Ray non si possono usare perché deflettono troppo.

Se il reticolo deflette troppo, non si riesce a far stare tutto lo spettro (infrarossi compresi, quindi da 350 nm a 1000 nm) nel campo visibile della telecamera. Se deflette poco, si hanno oltre 2 nano metri da un pixel all'altro e la risoluzione è scarsa. L'ideale sarebbe avere pixel larghi circa un nano-metro o qualcosa di meno. Le telecamere con più di 640 pixel orizzontali aiutano in questo ma affaticano molto la CPU.

Preparazione dei CD e dei DVD



| Tipo di reticolo | Note |
|-------------------------------------|--|
| CD | Per prepararli non si separano in due metà ma si spella la superficie superiore (quella con le scritte) strappandola con nastro adesivo. |
| DVD | Per prepararli si dividono le due metà e poi si rimuove l'alluminio sollevandolo da un lato e poi spellandolo. |
| HD DVD | Per prepararli si dividono le due metà e poi si rimuove l'alluminio sollevandolo da un lato e poi spellandolo. |
| Blu Ray | Non abbiamo provato questi dischi. Probabilmente per prepararli si agisce come per i CD. |
| Reticolo di diffrazione commerciale | Sono già pronti, non richiedono preparazione. |