



FOTOUNITÀ E FILMRECORDER

Sommario

Tipologie di fotounità.....	2
Fotounità a tamburo interno	3
Fotounità a tamburo esterno	8
Fotounità in piano	11
Modulatori	14
RIP	20
Filmrecorder	22

Tipologie di fotounità

Le fotounità sono apparecchiature che consentono di esporre il materiale fotosensibile (pellicole o lastre) con uno o più raggi laser che, accendendosi e spegnendosi, ricostruiscono l'immagine rasterizzata generata dal RIP.

Il loro scopo è di esporre la superficie fotosensibile nel minor tempo possibile (tempo di esposizione), con una corretta messa a fuoco e con una precisione che assicuri la ripetibilità dell'operazione.

Gli elementi fondamentali sono il raggio luminoso ed il materiale fotosensibile. La grandezza del primo determina la risoluzione di scrittura mentre lo spessore del secondo, la messa a fuoco del raggio.

Dal punto di vista meccanico, la fotounità può essere paragonata a una penna (il laser) che scrive su un foglio (il materiale fotosensibile).

Immaginando il foglio o la lastra all'interno degli assi cartesiani, i movimenti per effettuare la scrittura devono avvenire sugli assi X e Y. Esistono quindi tre soluzioni:

- 1) la penna si muove sia sull'asse X sia sull'asse Y,
- 2) il foglio si muove sull'asse X e la penna sull'asse Y,
- 3) il foglio si muove sull'asse Y e la penna sull'asse X.

I prodotti realizzati dalle aziende del settore sono l'applicazione di uno dei seguenti modelli:

- le **fotounità a tamburo interno** si basano sulla prima soluzione, con l'unità di scrittura che si muove sia sull'asse X sia sull'asse Y ed il materiale fotosensibile fermo per tutta la durata dell'esposizione;
- le **fotounità a tamburo esterno** si basano sulla seconda soluzione, con il materiale fotosensibile che si muove sull'asse X e l'unità di scrittura che si muove sull'asse Y;
- le **fotounità in piano** si basano sulla terza soluzione, con il materiale fotosensibile che si muove sull'asse Y e l'unità di scrittura che si muove sull'asse X.

Le tecnologie disponibili per arrivare alla lastra pronta per stampare, cioè al prodotto finito, sono due:

Computer to Film (CtF)

L'immagine elaborata al computer viene esposta su pellicola fotolito e successivamente riprodotta su lastra.

Computer to Plate (CtP)

L'immagine elaborata al computer viene esposta direttamente su lastra, saltando il passaggio intermedio su pellicola e tutti i relativi trattamenti.

Attualmente, grazie alla precisione ed all'affidabilità dell'interazione tra laser e lastre fotosensibili, la tecnologia CtP sta rapidamente sostituendo la CtF in virtù dell'evidente risparmio di tempo, attrezzature e materiali e del conseguente abbattimento dei costi.

Fotounità a tamburo interno

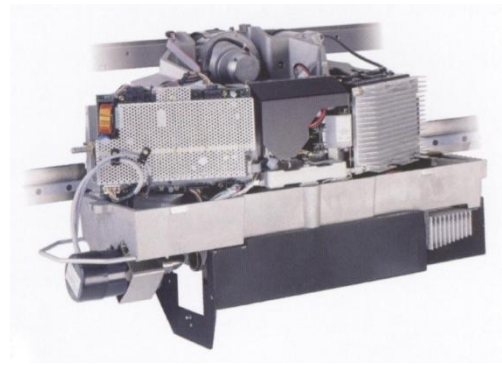
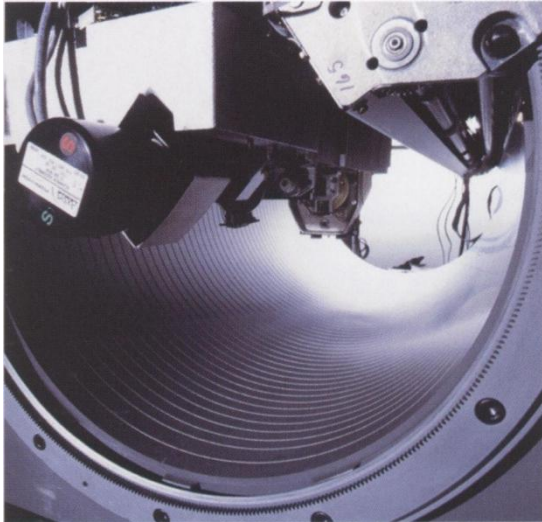
Le fotounità che utilizzano il metodo a tamburo interno sono dotate di un semitamburo con angolo di apertura di 180° , usato come letto per la lastra offset.

Il semitamburo presenta diametro e lunghezza sufficientemente grandi (rispettivamente, $D \geq 50$ cm e $L \geq 1$ m) per permettere alla lastra di metallo di flettersi e aderire alla sua superficie concava interna.

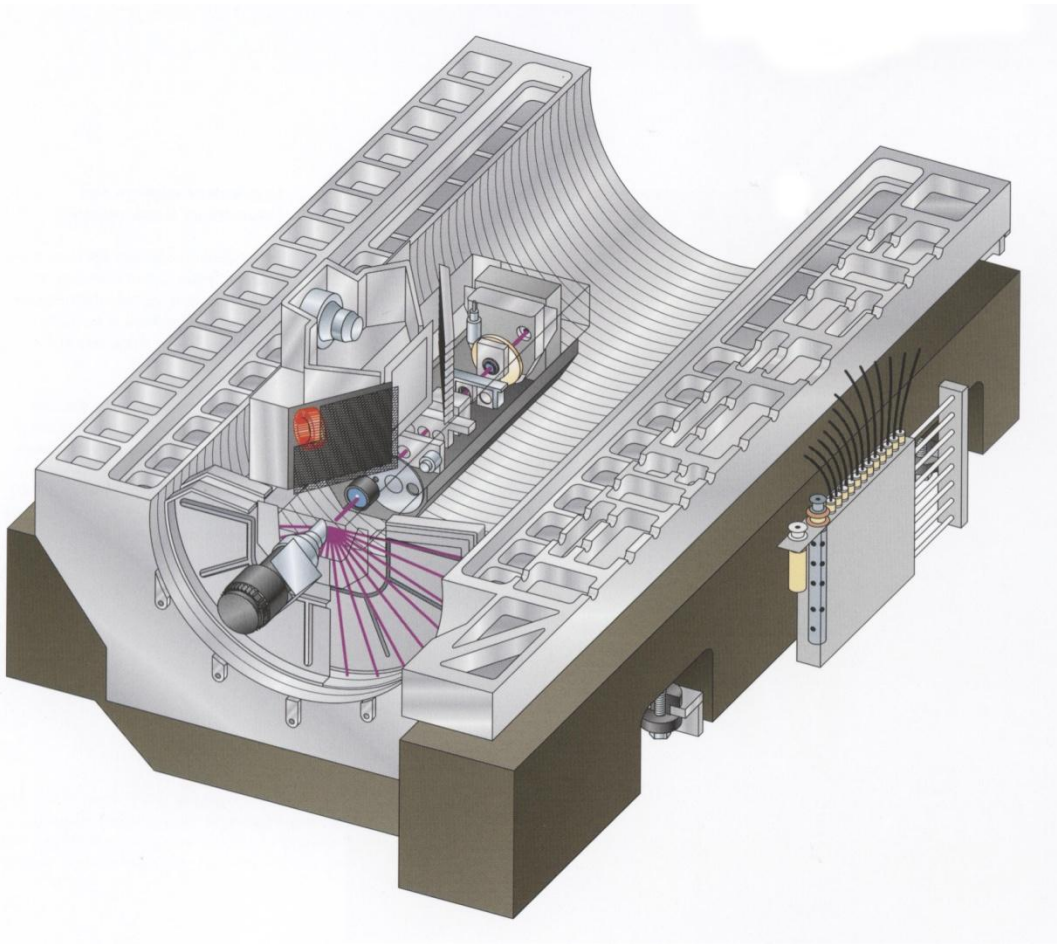


Le fotounità progettate per esporre pellicole dispongono di un tamburo interno con diametro più stretto e con angolo di apertura superiore a 180° . I diametri stretti sono resi fattibili dalla maggiore flessibilità delle pellicole rispetto alle lastre metalliche; d'altra parte, gli angoli di apertura maggiori di 180° rendono possibile, in certi casi, la riflessione del fascio laser sull'altro lato del tamburo, con conseguenti immagini fantasma. Nelle fotounità a tamburo di elevata qualità si evitano questi effetti utilizzando tamburi interni con angolo di apertura inferiore a 180° .

Che si tratti di fotounità progettate per pellicole o lastre, la superficie interna è comunque sempre dotata di canali e fori di aspirazione affinché il materiale fotosensibile rimanga aderente al tamburo e ne segue la curvatura semicilindrica.

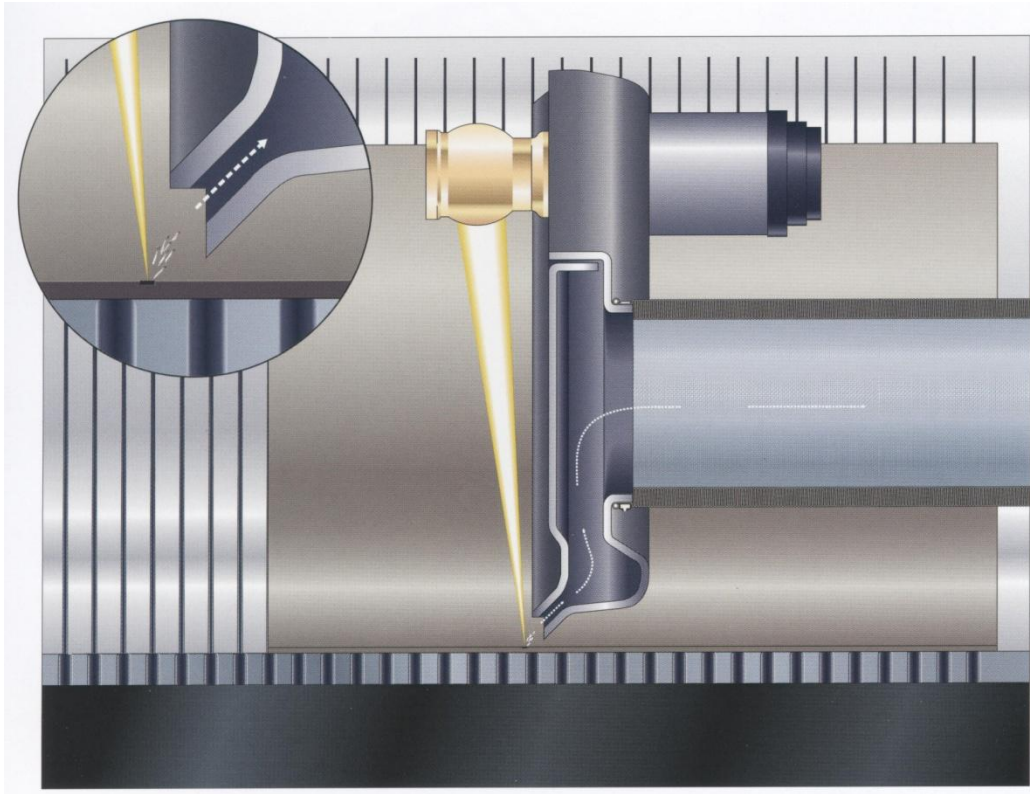


Il laser produce un raggio continuo che è guidato attraverso un sistema ottico su uno specchio con asse di rotazione coincidente con quello del cilindro ed inclinato di 45° . Questo specchio rotante riflette a 90° il raggio laser, sulla perpendicolare alla superficie interna del tamburo. Lo specchio combina la rotazione con la traslazione lungo l'asse del tamburo; così facendo, il raggio laser descrive un'elica ed espone il materiale fotosensibile secondo una successione regolare di linee. È quindi evidente che la superficie fotosensibile di pellicole e lastre deve essere rivolta verso l'interno del tamburo.



La velocità di rotazione dello specchio è dell'ordine delle decine di migliaia giri/minuto (da 10.000 giri/min. fino a 30.000 giri/min.). In funzione della durata di esposizione desiderata, il laser viene alternativamente acceso e spento oppure il fascio emesso è deviato in una diversa direzione quando non deve esporre il materiale fotosensibile e vi è ricondotto direttamente quando la deve colpire.

Inoltre, nel caso delle lastre ad ablazione, il carrello del laser e dello specchio rotante deve essere dotato di un sistema di aspirazione dei vapori che si liberano dalla lastra per effetto termico, in modo che non interferiscano con il raggio laser.



La fotounità richiede di conseguenza un'attenta progettazione:

- il raggio laser deve percorrere ad alta velocità la superficie interna del tamburo con movimento regolare, in modo che ogni punto di retino sia realmente generato accanto al precedente in entrambe le direzioni X e Y;
- il tamburo deve mantenere internamente la forma cilindrica con una tolleranza non superiore a qualche micrometro; per assicurarne la necessaria rigidità e stabilità, è realizzato in lega di alluminio con struttura portante in alcuni modelli a nido d'ape e rifinito mediante lavorazione meccanica di precisione.

Nonostante la loro elevata velocità di esposizione del materiale fotosensibile, nell'ordine di qualche minuto anche per i formati più grandi, la produzione di fotounità a tamburo interno è in via di esaurimento, essenzialmente a causa di due motivi:

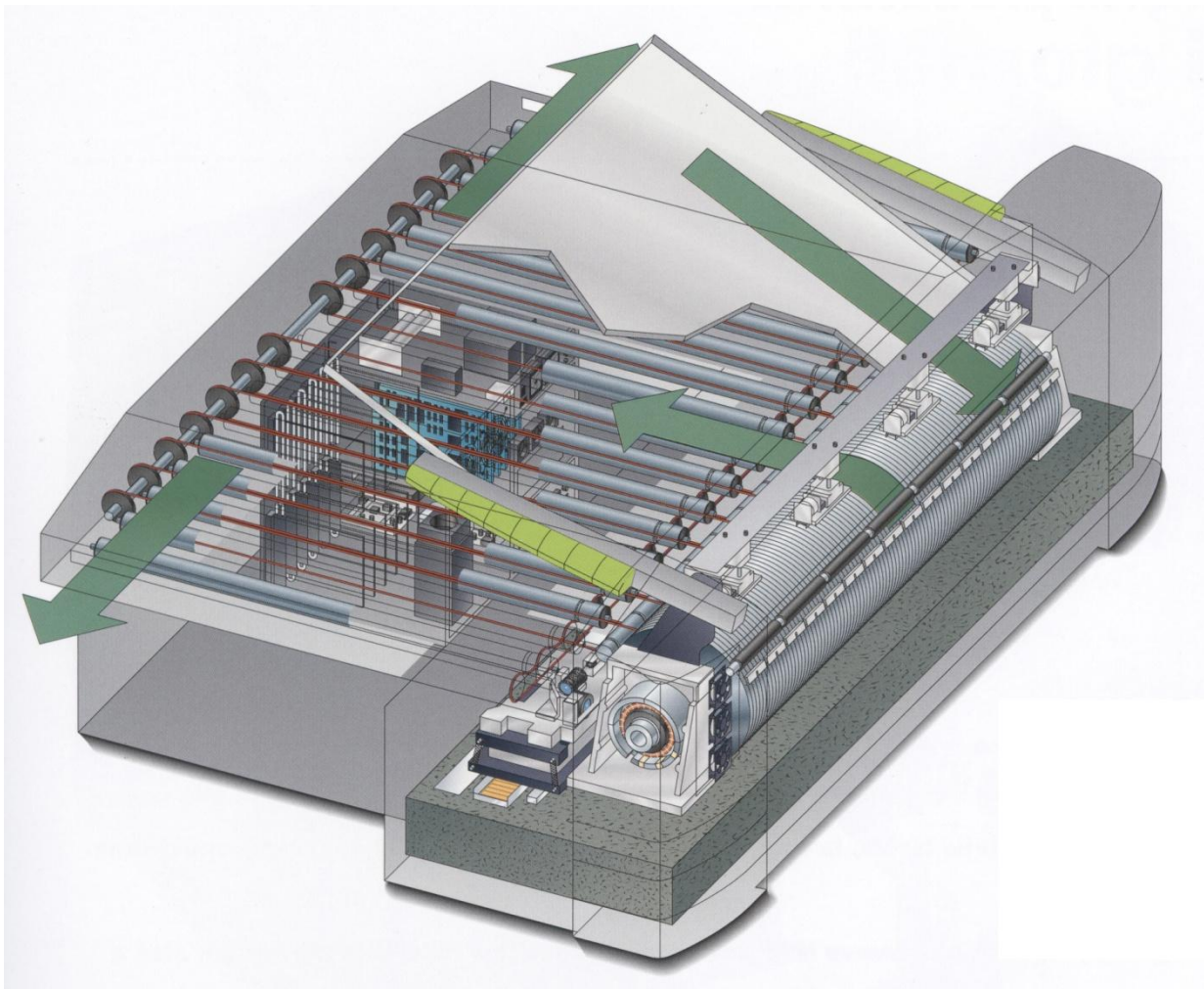
- brevissimo tempo di esposizione di ciascuno spot compatibile con la sensibilità delle pellicole fotografiche, ma non con quella decisamente inferiore delle lastre;

- curvatura concava delle lastre in fase di esposizione per aderire in modo ottimale alla superficie interna del tamburo, mentre in fase di stampa la loro curvatura è convessa.

Poiché questi problemi non sono stati risolti in modo del tutto soddisfacente ed hanno comportato elevati costi di progettazione e realizzazione, il mercato è ormai orientato verso gli altri tipi di fotounità.

Fotounità a tamburo esterno

In questo tipo di fotounità, la pellicola o la lastra sono avvolte sulla superficie esterna di un tamburo, simile ad un cilindro da stampa.



Contrariamente a quanto accade nelle fotounità a tamburo interno, fare aderire le lastre alla superficie esterna di un tamburo, in modo che ne seguano perfettamente la curvatura cilindrica, non comporta particolari

problemi. Pertanto, le fotounità a tamburo esterno, che nell'era del CtF parevano destinate ad essere soppiantate da quelle a tamburo interno, sono diventate le periferiche per eccellenza nell'ambito del CtP, sia relativamente alla produttività sia per i grandi formati.

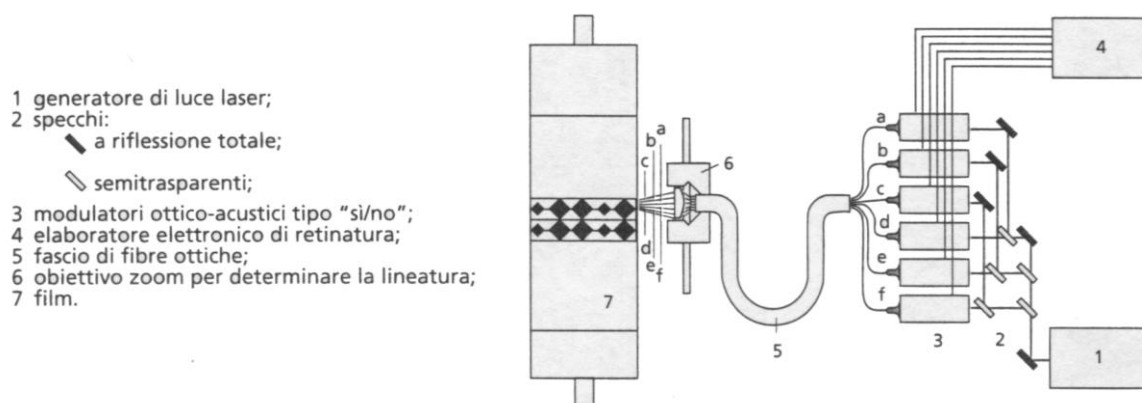
Un elemento di scrittura multiraggio proietta i fasci laser sul materiale fotosensibile, che ruota accoppiato al tamburo. A causa delle dimensioni e della massa del cilindro, la velocità di rotazione è limitata ad alcune centinaia di giri/min. (~700 giri/min).

Poiché con velocità di rotazione di questo ordine l'esposizione con un singolo raggio laser richiederebbe troppo tempo, si dirigono più raggi laser simultaneamente sulla superficie esterna del tamburo. Inoltre, per abbreviare il tempo di esposizione, è utile che l'angolo di copertura del materiale fotosensibile intorno al cilindro sia più grande di 180°, in modo che ad ogni singola rotazione sia esposta un'area maggiore, come accade nelle fotounità a tamburo interno della stessa grandezza.

L'esposizione multiraggio può essere realizzata con due diverse tecniche.

Suddivisione di un singolo fascio laser ad alta potenza

È la soluzione più datata e si basa su un dispositivo, dotato di specchi o prismi riflettenti e semiriflettenti, che scompone il fascio laser principale in N fasci secondari. Questi giungono ad altrettanti modulatori che provvedono a dosare la quantità di luce in base alle informazioni che ricevono, istante per istante, dal computer.



I segnali ottici in uscita vengono convogliati, per mezzo di fibre ottiche con diametro di 20 μm, alla testa ottica di scrittura che, tramite un obiettivo, provvede a formare metà del punto di retino. La seconda metà è formata simmetricamente nella successiva rotazione del cilindro di scrittura.

Il segnale digitale, disponibile in memoria dopo la selezione, è inviato al dispositivo di retinatura elettronica. In funzione del livello del segnale d'ingresso e dell'inclinazione di retino desiderata, si hanno, in uscita dal

computer, ***N segnali in parallelo***, che pilotano le esposizioni richieste per la percentuale di punto in ogni istante.

Questi N segnali modulano gli N raggi laser secondari che vengono proiettati da un obiettivo zoom sul materiale fotosensibile, dove costruiscono metà del punto ad ogni passaggio. La lineatura dell'immagine retinata dipende dalla focale impostata sull'obiettivo.

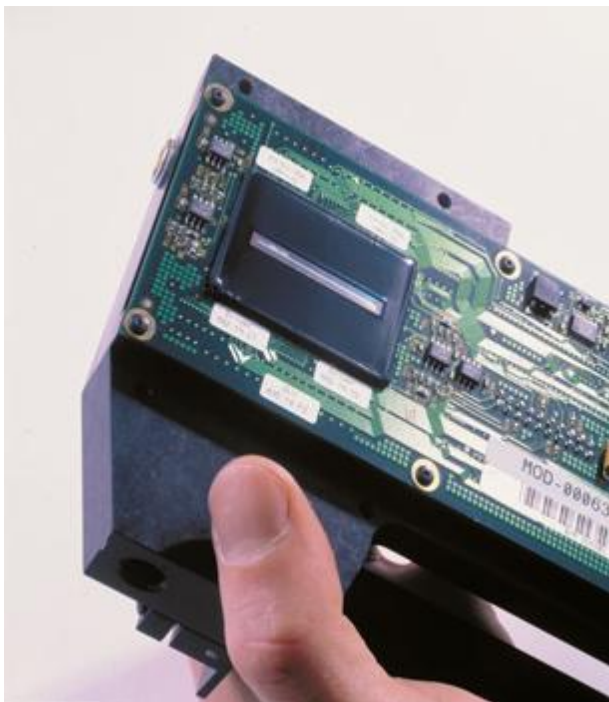
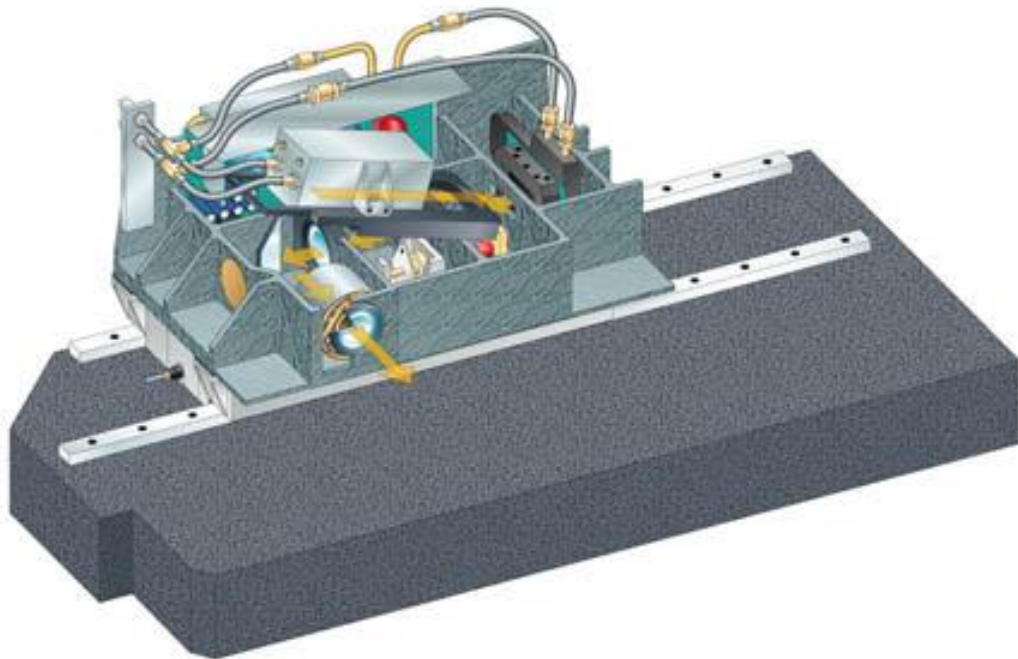
Perciò si ha un avanzamento longitudinale corrispondente a un passo di retino ogni due giri del tamburo; il disegno del punto retinato è costruito tramite 2N linee affiancate. Tale conformazione del punto, piuttosto irregolare, ha tuttavia ottime caratteristiche di stampabilità.

Generazione e modulazione simultanea di più raggi laser

Nelle fotounità a tamburo esterno che adottano questa soluzione il numero di diodi laser disposti a schiera è pari al numero di spot per lato della cella di retino (2N) o, più comunemente, un suo multiplo, in modo da esporre contemporaneamente più linee di punti di retino. Il comando di accensione/spegnimento di ogni singolo diodo laser è inviato da un'apposita scheda di controllo del computer ed i singoli fasci laser sono convogliati sulla lastra mediante fibre ottiche. Lo svantaggio di questa soluzione è dato dalla possibilità di un guasto ad uno dei diodi laser durante l'esposizione, con conseguente mancata esposizione della corrispondente riga di spot.

In alternativa, si possono miscelare i fasci emessi dai singoli diodi della schiera, ottenendo un unico fascio laser con sezione a lama che viene quindi suddiviso in più raggi modulati mediante ***GLV (Grating Light Valve)***. Questa soluzione sta riscuotendo un crescente successo, in quanto l'eventuale spegnimento di uno dei diodi è compensato dalla luce globalmente emessa dagli altri.

Il vantaggio di queste soluzioni, tecnologicamente più avanzate ed adottate nelle fotounità di nuova progettazione, è la lunga vita dei diodi laser e la compattezza ed affidabilità della testa di scrittura. La distanza più corta tra sorgente luminosa e piano di esposizione compensa la tendenza dei diodi a disperdere il raggio laser.



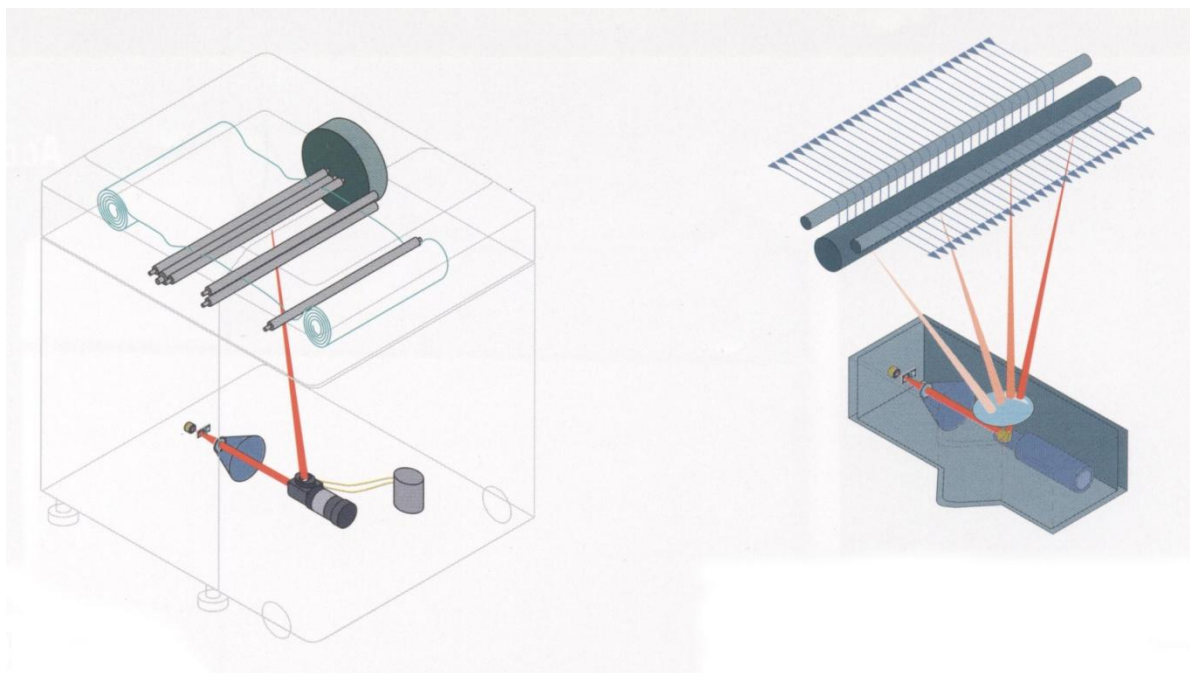
Modulo GLV

Fotounità in piano

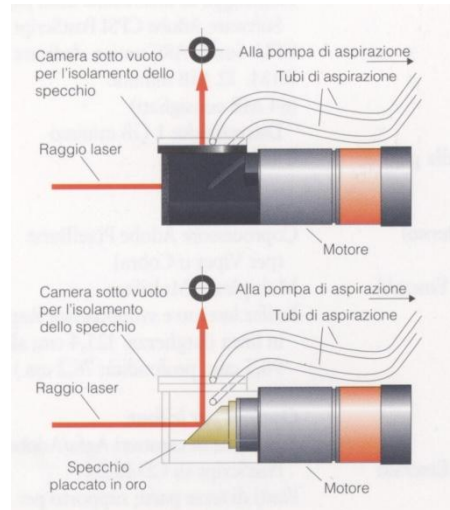
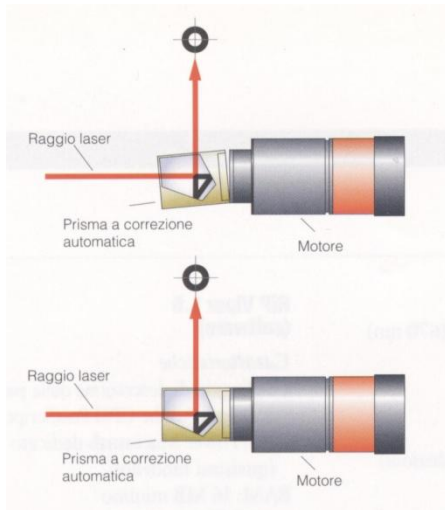
Le fotounità basate sul metodo in piano sono meno costose di quelle a tamburo ed adatte a volumi produttivi più limitati. Le soluzioni tecnologiche possibili sono due:

- 1) la pellicola o la lastra vengono punzonate ed il raggio laser le espone muovendosi sia lungo l'asse X sia lungo l'asse Y;
- 2) il raggio laser si sposta lungo l'asse X esponendo il materiale fotosensibile che scorre lungo l'asse Y.

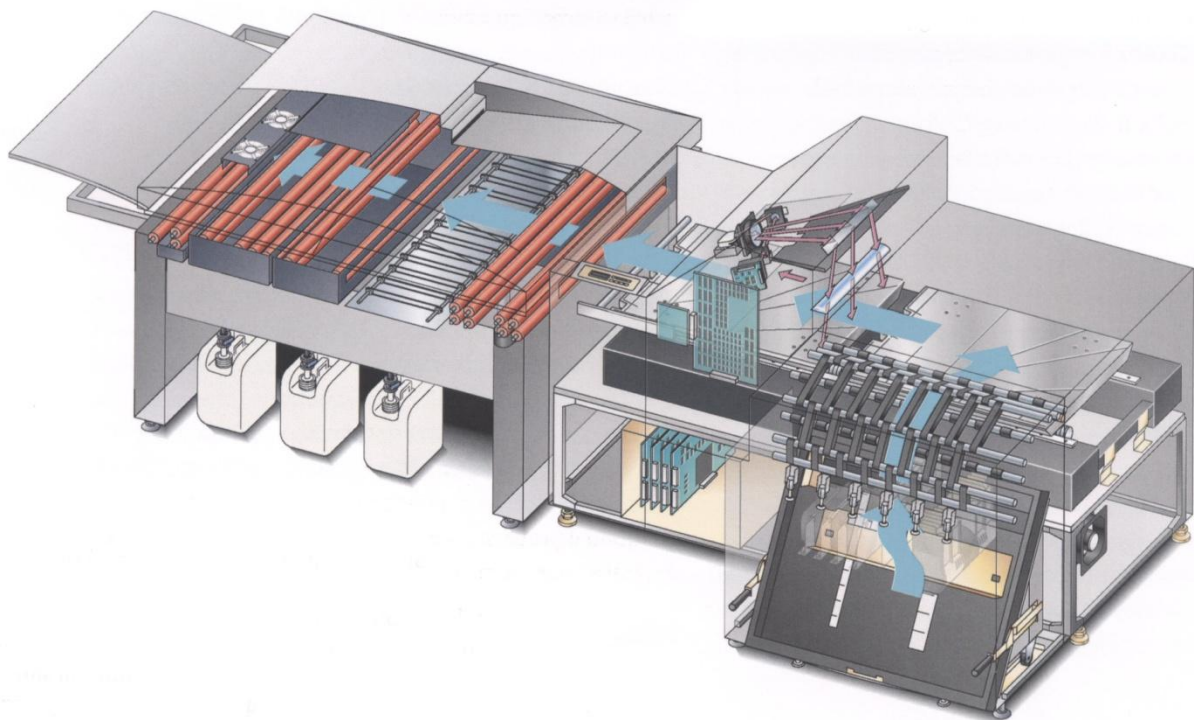
Nella seconda soluzione, al momento dell'esposizione, la pellicola non è realmente disposta su una superficie piana, bensì parzialmente avvolta su un rullo che la distende e la tiene in tensione. Uno specchio rotante ad alta velocità provvede a deviare di 90° il fascio emesso dal laser ed a fargli percorrere la generatrice del rullo. L'angolo di oscillazione del raggio laser deve essere limitato, affinché la sua sezione di illuminazione alle due estremità del rullo, sul quale è esposta la pellicola, non assuma una forma eccessivamente ellittica con conseguente deformazione dei punti retinati.

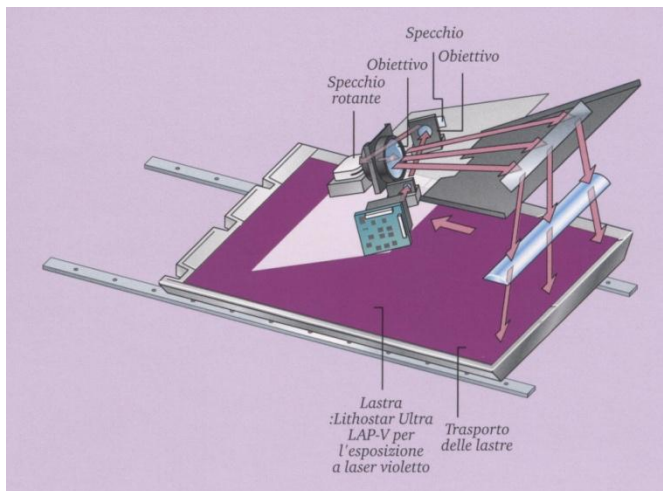


Per lo specchio rotante si possono utilizzare due diverse soluzioni, la prima delle quali prevede un prisma in grado di deviare di 90° il raggio laser anche in caso di disallineamento:



Nel caso delle fotounità per lastre, l'esposizione avviene invece su una superficie realmente in piano, grazie alla maggiore rigidità del supporto in alluminio. Questa tipologia di macchine è anche conosciuta come **fotounità a trascinamento**.





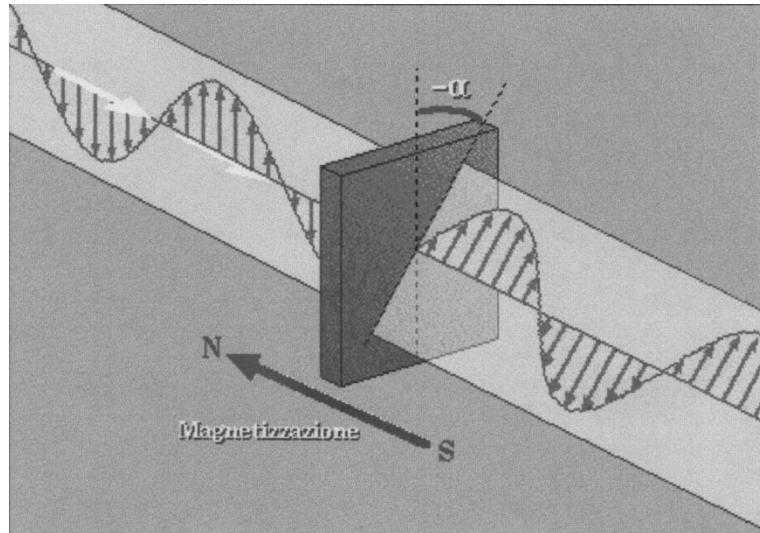
In queste fotounità, così come in quelle a tamburo interno, gli spot della cella di retino sono esposti da un singolo fascio laser in 2N passaggi.

Modulatori

I modulatori di luce sono utilizzati nelle fotounità come **otturatori a stato solido**, cioè senza parti in movimento (ma questo non è del tutto vero nel caso della GLV), e sono riconducibili essenzialmente a tre tipi. I primi due tipi trovano impiego solo sulle fotounità di vecchia generazione, in quanto i diodi laser impiegati attualmente sono attivabili/disattivabili ad altissime frequenze.

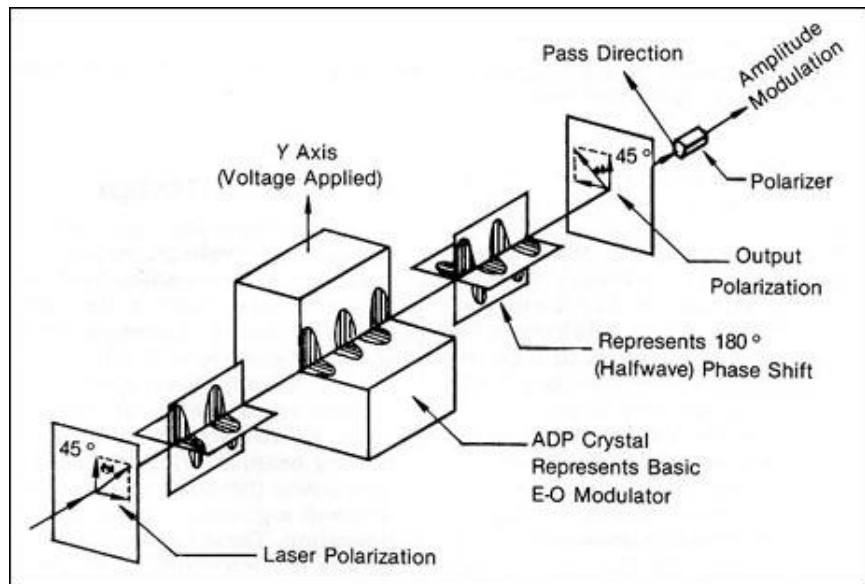
Modulatore elettro-ottico

Noto anche con la sigla **EOM (Electro-Optic Modulator)**, è un dispositivo che si basa sull'**effetto Kerr**. Questo effetto consiste nella rotazione del piano di polarizzazione della luce che attraversa materiali otticamente non attivi, sottoposti all'azione di un campo magnetico orientato nella direzione di propagazione del segnale luminoso; il verso di rotazione del piano di polarizzazione dipende dal materiale utilizzato.



Tra i materiali cristallini non lineari in uso vi sono il fosfato di potassio e titanile (KTiOPO_4), il niobato di litio (LiNbO_3), il tantalato di litio (LiTaO_3) ed alcuni polimeri speciali. Il tempo di risposta di questi materiali al segnale di tensione ad alta frequenza è tipicamente solo di alcuni nanosecondi.

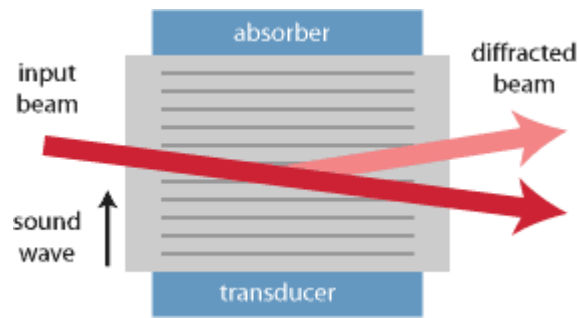
Il modulatore elettro-ottico si compone di un primo filtro polarizzatore, di un cristallo ottico e di un secondo filtro polarizzatore ruotato di 90° rispetto a quello che lo precede e quindi in grado di bloccare l'emissione laser. Quando si dà tensione al cristallo, questo ruota il proprio angolo di polarizzazione di 90° e la luce laser è in grado di attraversare il secondo filtro polarizzatore.



Modulatore acustico-ottico

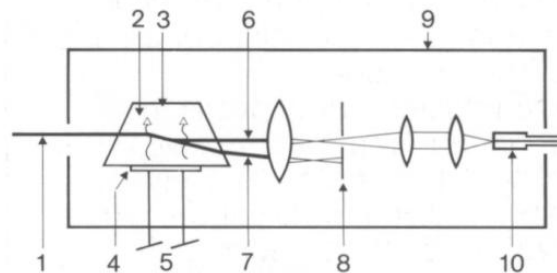
Noto anche con la sigla **AOM (Acousto-Optic Modulator)**, è un dispositivo che si basa sulla **diffrazione di Bragg**, cioè sulla modifica dell'indice di rifrazione di un cristallo indotta da onde sonore ultrasoniche.

Ad un cristallo, che funge da prisma di rifrazione, si accoppia un trasduttore piezoelettrico in grado di convertire un segnale di tensione ad alta frequenza in onde ultrasoniche (~ 100 MHz). Il raggio laser incidente è parzialmente deviato da queste onde ultrasoniche in misura dipendente dalla tensione applicata.



Un diaframma fisso, molto piccolo, è interposto lungo l'asse ottico con il compito di intercettare il raggio laser in assenza del segnale di tensione.

I materiali utilizzati sono normalmente il diossido di tellurio (TeO_2), il quarzo cristallino e la silice fusa. Nella scelta del materiale, si deve tenere conto del coefficiente elasto-ottico, della banda di trasparenza, della soglia di danno ottico e delle dimensioni del cristallo.



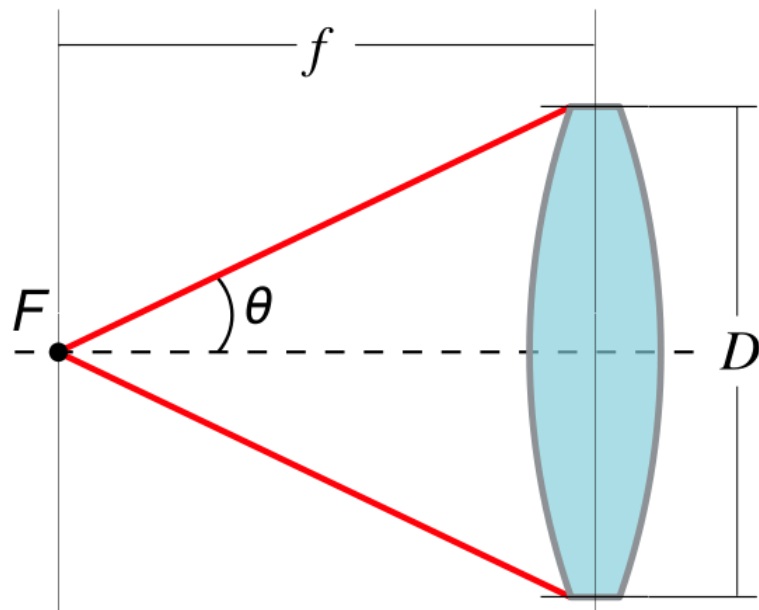
- 1 Raggio luminoso emesso dal laser
- 2 Onda sonora ultrasonica
- 3 Cristallo modulatore
- 4 "Trasformatore" o trasmettore indiretto
- 5 Tensione ad alta frequenza
- 6 Raggio luminoso laser deviato
- 7 Raggio luminoso laser non deviato
- 8 Diaframma
- 9 Scatola del sistema ottico
- 10 Fibra ottica, che canalizza la luce

Grating Light Valve

La maggior parte delle lastre per CtP sono sensibilizzate alla banda del vicino infrarosso (830 nm) e sono anche indicate come **lastre termiche** per via dell'attivazione termica delle reazioni che avvengono nel loro strato fotosensibile.

Queste reazioni termiche necessitano di elevate energie e quindi di diodi laser (laser a semiconduttori) ad alta potenza, con impiego di ottiche ad elevata **NA (Numerical Aperture, apertura numerica)** per ottenere spot della dimensione desiderata:

$$NA = n \cdot \sin\theta \approx D / 2f = 1 / 2N$$

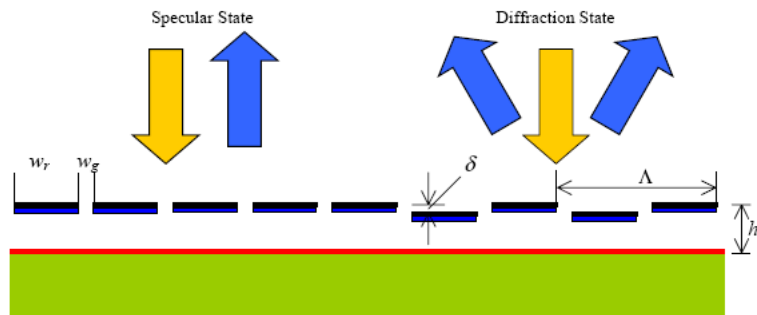
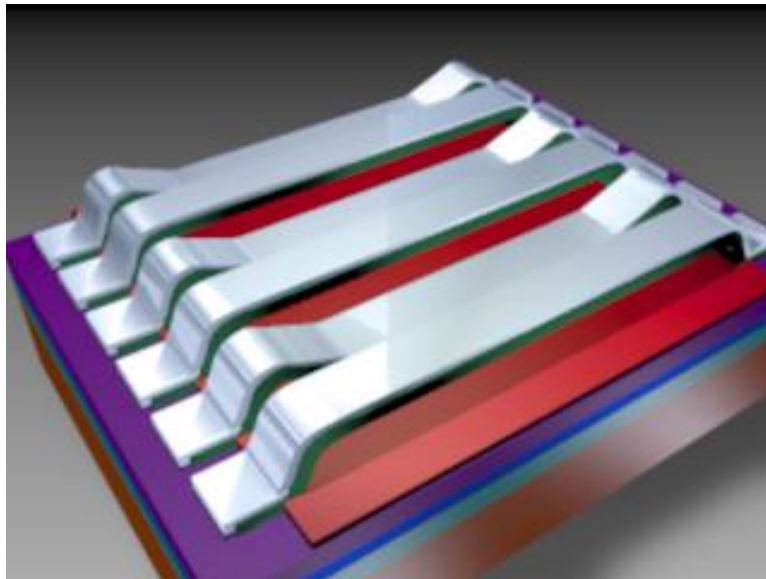


Se le fotounità a tamburo esterno sono adatte all'impiego di ottiche di tale tipo, sono però limitate nelle dimensioni e nella velocità di rotazione del tamburo.

La GLV è un dispositivo **MOEMS (Micro Opto Electro Mechanical System)** costituito da una schiera lineare di reticoli di diffrazione (pixel), attivabili in modo indipendente.

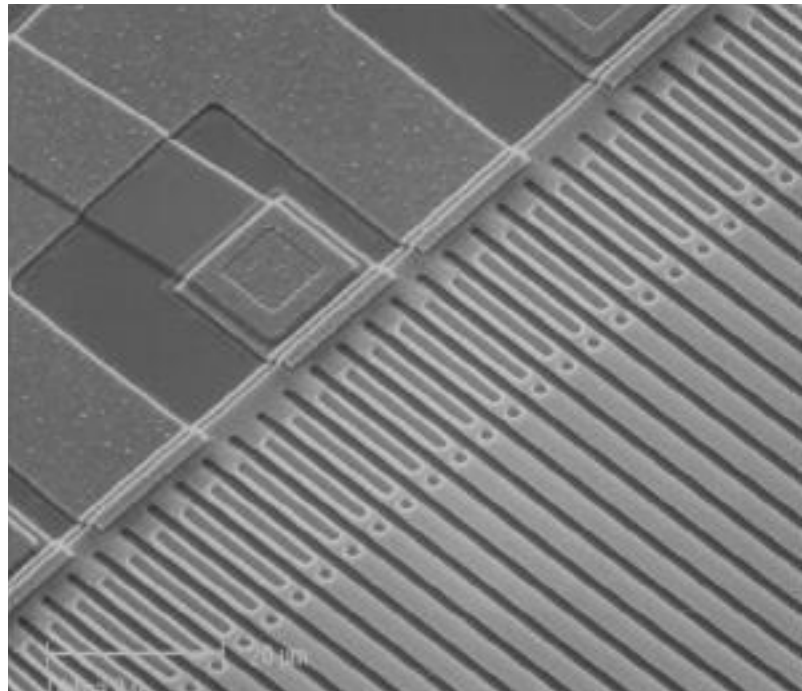
Ogni pixel della GLV è costituito da un numero pari di lamine riflettenti parallele, fissate alle due estremità ad un supporto.

Quando il potenziale elettrostatico applicato ad un pixel della GLV è nullo, le lamine sono tutte dritte e si comportano come un elemento riflettente. Sotto tensione, invece, si ha un'alternanza di lamine dritte e lamine flesse che genera un reticolo di diffrazione.



La schiera lineare della GLV comprende migliaia di lamine parallele disposte con passo costante. La GLV utilizzata per l'esposizione termica può arrivare ad avere 6528 nastri suddivisi in 1088 pixel, ognuno costituito da 3 lamine attive, in grado di flettersi, e da 3 lamine inattive (lo schema era stato originariamente progettato per i display HD, che necessitano di 1080 canali). Ma la soluzione normalmente adottata prevede GLV a 512 pixel, in grado di esporre contemporaneamente 512 linee di spot! Rispetto agli altri sistemi di modulazione per CtP, la GLV consente quindi di utilizzare un numero maggiore di raggi laser, potendo così raggiungere una produttività più alta senza aumentare la velocità di rotazione del tamburo o addirittura riducendola. Inoltre, non è necessario

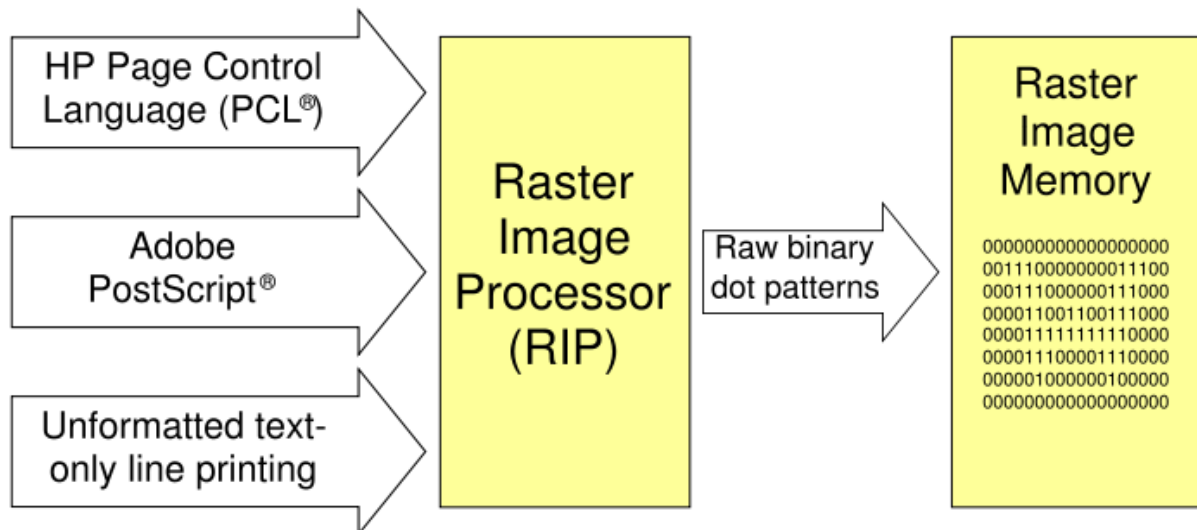
attivare/disattivare i diodi laser durante l'esposizione della lastra.



In generale, la velocità di esposizione è il prodotto del numero di pixel e della velocità di commutazione di ciascuno di essi. Poiché la flessione è dell'ordine di $0,2 \mu\text{m}$ (un quarto della lunghezza d'onda), la velocità di commutazione della GLV, inferiore a $4 \mu\text{s}$, è significativamente superiore agli altri tipi di dispositivi.

RIP

Il **RIP (Raster Image Processor, elaboratore di immagini rasterizzate)** è un dispositivo, costituito da una parte hardware (computer) e da una parte software (programma), che genera la mappa di bit, necessaria a pilotare un dispositivo di output di tipo digitale (fotounità o stampante), a partire da una serie di comandi vettoriali che rappresentano gli oggetti grafici contenuti nella pagina.



I documenti, inviati dal sistema di fotocomposizione al RIP per essere stampati, non sono costituiti da un insieme di pixel (mappa di bit), necessari per pilotare la fotounità o la stampante. Per motivi connessi a velocità di trasmissione, possibilità di manipolazione dei componenti la pagina, indipendenza dalla risoluzione dell'organo di output, risparmio di memoria, ecc., gli oggetti sono descritti attraverso una serie di comandi vettoriali, che utilizzano funzioni di tipo matematico. È quindi necessario un particolare tipo di linguaggio di programmazione, dedicato a questo compito e perciò definito **PDL (Page Description Language, linguaggio di descrizione della pagina)**, in grado di trasformare in una mappa di bit i comandi vettoriali relativi a caratteri, filetti, trame, ecc., ad esclusione delle fotografie, che sono sempre trasmesse come mappa di bit.

Il RIP è quindi un computer (hardware) che, eseguendo un opportuno programma (software) di interpretazione dei dati, scritti secondo un determinato PDL, provenienti dal sistema front-end, è in grado di generare la mappa di bit per l'esecuzione della fotografia della pagina completa.

Dal punto di vista operativo si distingue tra RIP hardware e RIP software.

I RIP hardware sono costruiti attorno a un elaboratore dedicato e fanno girare un piccolo ed efficiente sistema operativo in tempo reale. Ciò consente al costruttore di ottimizzare tutti gli aspetti del progetto per la funzione specifica del RIP. È anche possibile ridurre i costi di fabbricazione eliminando tutti i componenti non necessari, come monitor o tastiera.

I RIP software, al contrario, sono basati su piattaforme standard tipo Mac, PC, ecc., nei quali gira il software specifico o PDL. Ciò facilita la scelta della configurazione da parte dell'utente per quanto riguarda la velocità di elaborazione, la capacità di memoria, le opzioni di rete e così via. Poiché un RIP software utilizza una piattaforma standard, spesso è considerato un

investimento preferibile nel lungo periodo. Quando non viene più usata come RIP, la piattaforma può servire per altri scopi. Anche in questo caso, però, vi sono aspetti negativi. I RIP software si basano su computer universali, quindi né l'hardware né il software sono ottimizzati per la rasterizzazione della pagina.

Tra i vari PDL, ossia gli specifici linguaggi di programmazione per la generazione di mappe di bit atte a pilotare i dispositivi di output, di gran lunga il più diffuso è Adobe PostScript, giunto alla terza versione (PostScript 3) e da considerarsi a tutti gli effetti uno standard industriale.

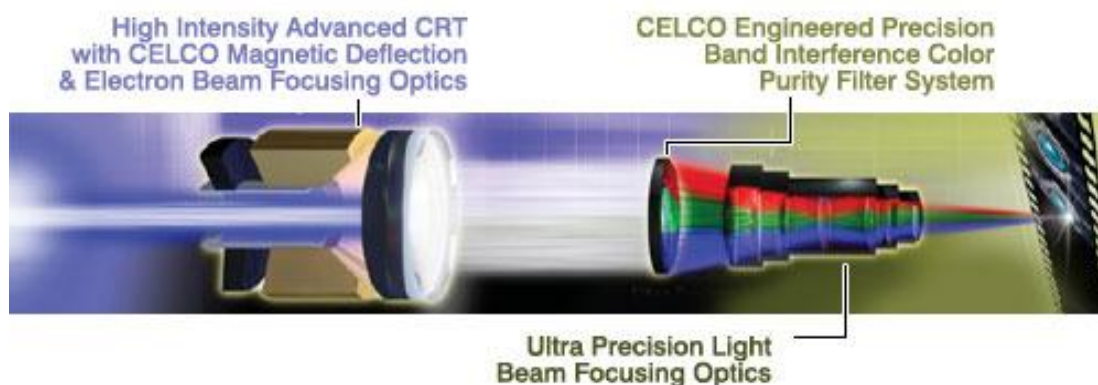
Filmrecorder

Il problema di impressionare una pellicola fotografica per produrre diapositive o negativi a mezza tinta attraverso una periferica collegata a un computer si può affrontare con due diverse soluzioni tecnologiche:

- 1) l'immagine è generata su un **CRT (Catode Ray Tube)** o un **LCD (Liquid Crystal Display)** in bianco nero ad altissima risoluzione ed è ripresa mediante fotocamera o cinepresa;
- 2) il computer pilota un sottile raggio laser che impressiona direttamente la pellicola punto per punto mediante scansione lineare.



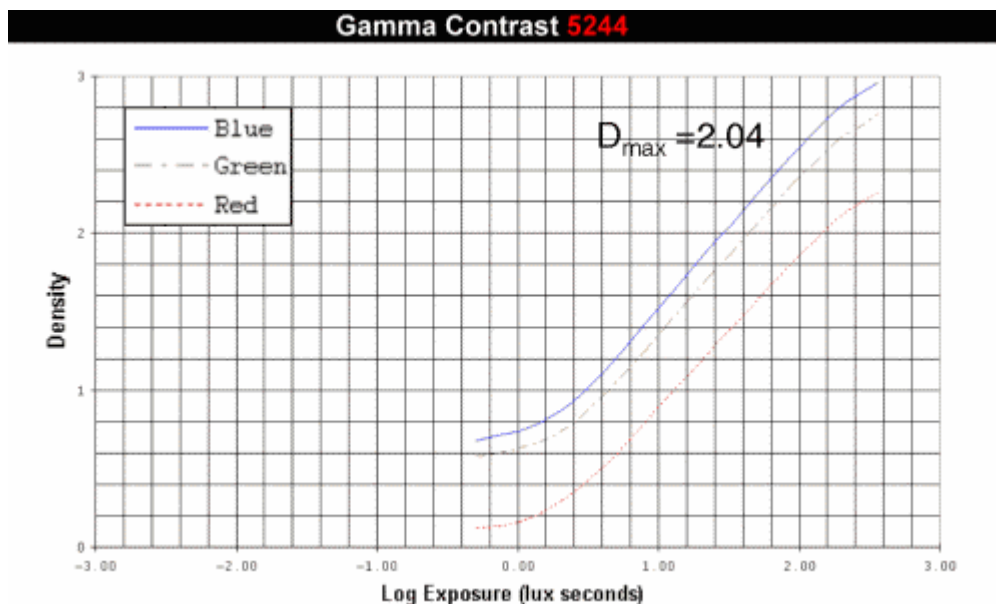
Nella prima soluzione è necessario un software che svolga la funzione di rasterizzatore (RIP), provvedendo a separare le componenti rossa, verde e blu dell'immagine e a inviarle separatamente al filmrecorder.



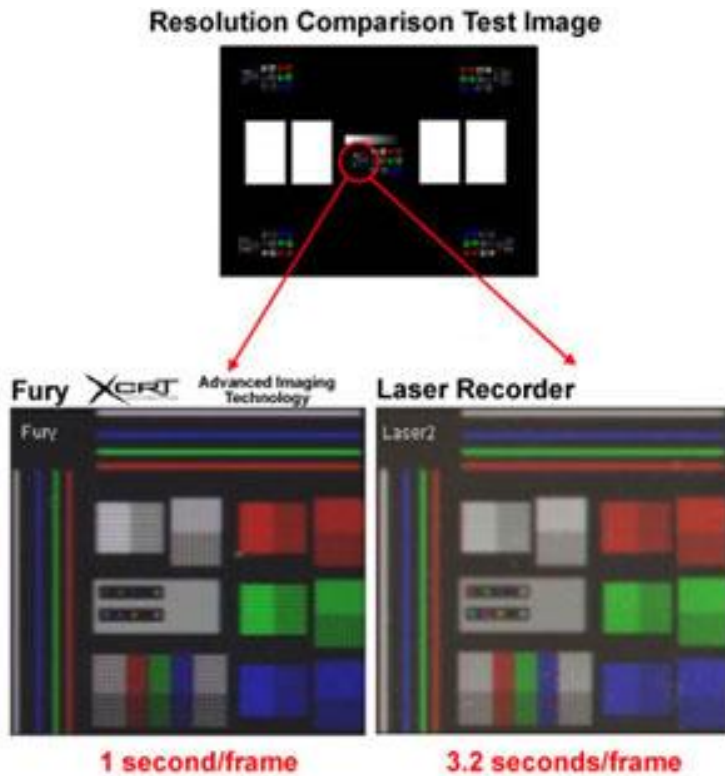
Quando la selezione del rosso (in toni di grigio) è inviata al CRT/LCD, si ha la prima esposizione con un filtro rosso anteposto all'obiettivo di ripresa; il procedimento viene ripetuto per la componente verde e poi per quella blu. La pellicola ricrea quindi per sintesi additiva l'intera gamma dei colori.

Il tempo necessario varia in funzione delle caratteristiche della macchina, poiché il monitor non riproduce l'intera immagine contemporaneamente: infatti, il pennello elettronico, dato l'alto numero di punti presenti, la disegna progressivamente, mentre l'otturatore rimane aperto.

La tecnica di generazione dell'immagine è sostanzialmente analoga a quella utilizzata nei monitor, con la differenza che nel filmrecorder il colore è generato dal filtro posto davanti all'obiettivo. In questo modo, è sempre possibile correggere qualunque dominante mediante software e l'immagine non presenterà disomogeneità cromatiche poiché l'inevitabile degrado nel tempo delle caratteristiche del CRT/LCD si ripeterà identico nelle tre componenti. Via software è anche possibile procedere a nuove tarature, in funzione delle caratteristiche sensitometriche e colorimetriche delle diverse pellicole.



La tecnologia CRT/LCD è quella più utilizzata nei filmrecorder di fascia medio-bassa, adatti per ottenere diapositive con formato compreso tra il 24 x 36 mm e il 10 x 12 cm, con risoluzioni comprese tra 2000 e 8000 pixel sul lato più lungo dell'immagine, ed in quelli per film grazie alla maggiore velocità di esposizione per fotogramma.



La seconda soluzione è utilizzata nei filmrecorder di fascia alta, capaci di altissime risoluzioni e destinati alla produzione di fotogrammi di grande formato: la qualità cresce grazie alla nitidezza e controllabilità del punto, mentre la risoluzione globale migliora in virtù delle maggiori dimensioni dell'immagine.