

# Dispositivi ottici

## CD

CD e [DVD](#) da qualche anno a questa parte sono entrati prepotentemente nella nostra vita. Li usiamo per ascoltare musica, per memorizzare i dati del nostro [PC](#), per vedere le foto delle vacanze e perfino per guardare i nostri film preferiti. Oggi li possiamo definire come il mezzo più efficace per distribuire grandi quantità di informazioni in modo affidabile e con poco spazio.



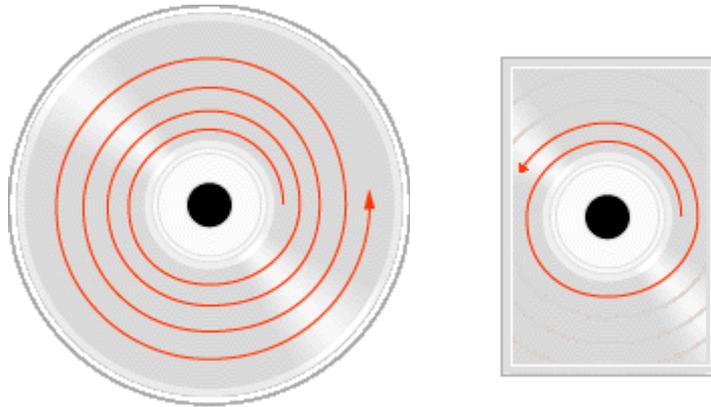
Se comprate un CD vergine sicuramente troverete sulla sua superficie o sulla custodia l'indicazione della capacità che nella maggior parte dei casi è di 780 Megabytes. Visto che 1 Mega equivale a circa un milione di byte, è facile dedurre che un singolo CD ne contiene circa 780.000.000 ! Per scrivere 780 milioni di byte su un disco di appena 12 centimetri di diametro c'è sicuramente bisogno di usare delle unità di misura molto molto piccole che adesso andremo a vedere.

Un CD è in pratica un semplice pezzo di plastica policarbonata largo come detto circa 12 cm ed alto circa 1.2 millimetri. Durante la creazione di un CD, la plastica viene deformata con piccolissimi buchi ([bumps](#)) lungo una singola traccia a spirale che parte dal centro per arrivare all'esterno del disco. In pratica creando dei bumps sulla spirale non si fa altro che scrivere i singoli bits di ogni byte, 0 (superficie piatta) e 1 (bump). Una volta che il pezzo di policarbonato è stato inciso con milioni di bumps, uno strato di alluminio riflettente viene stampato per coprirli e proteggerli. Uno strato di acrilico ed infine l'etichetta completano il tutto.



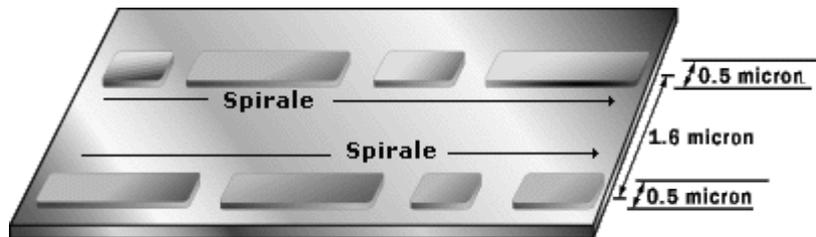
Sezione di un CD prestampato

Come detto il disco ha una singola traccia a spirale che parte dal centro e finisce all'estremità del disco. Questo significa che un CD può essere anche più piccolo dei 12 cm canonici (ovviamente contenendo meno dati), infatti ci sono in commercio diversi CD Card, ovvero dei CD che hanno l'aspetto di una figurina ma che in realtà contengono una piccola spirale che viene usata per memorizzare dati statistici e foto (la capacità del disco in questi casi si riduce a 4-5 Mega).



La spirale in un CD classico ed in un CD card

La cosa più incredibile di questi supporti, che le immagini precedenti non hanno messo in rilievo è la dimensione della spirale che è larga circa 0.5 micron (1 micron = 1 milionesimo di metro!) e ha una distanza tra un cerchio e l'altro di circa 1.6 micron. Anche i piccoli buchi o bumps incisi nella traccia hanno delle dimensioni incredibili, basti pensare infatti che hanno una larghezza di 0.5 micron, una lunghezza di 0.83 micron ed un'altezza di 125 nanometri (1 nanometro = 1 miliardesimo di metro).



Se si potesse togliere la spirale dal CD e stirla, otterremmo una linea larga 0.5 micron e lunga circa 5 Km! E' ovvio che per poter leggere dati così piccoli è necessario un meccanismo di lettura altamente preciso come il lettore di CD. Il compito del lettore CD è quello di trovare e leggere i bumps memorizzati sul CD. Considerando le dimensioni dei bumps si capisce quanto questo strumento sia preciso ed affidabile.

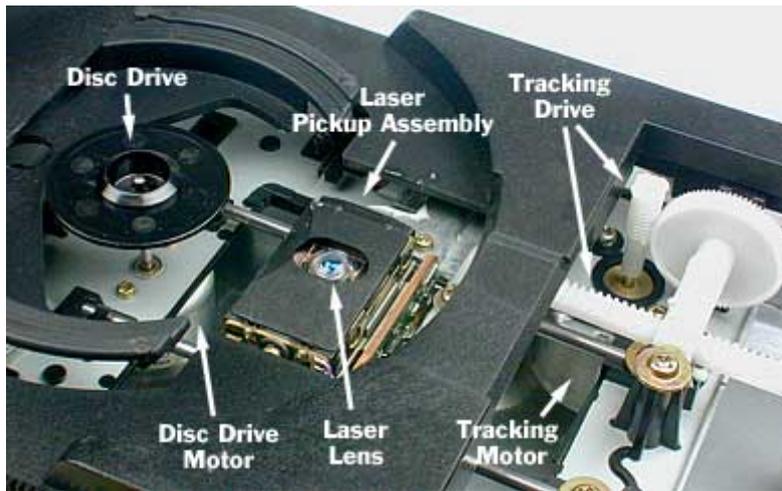


Un lettore di CD pronto per essere installato nel PC

Un CD drive è composto di 3 componenti fondamentali:

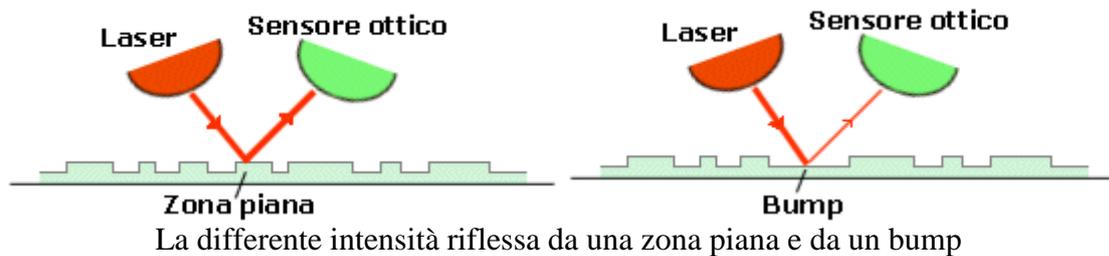
- Un motore che ha il compito di far girare il disco ad una velocità costante.
- Un laser ed una lente per leggere i bumps durante la rotazione.

- Un meccanismo che permetta al laser di muoversi seguendo la spirale sul disco.



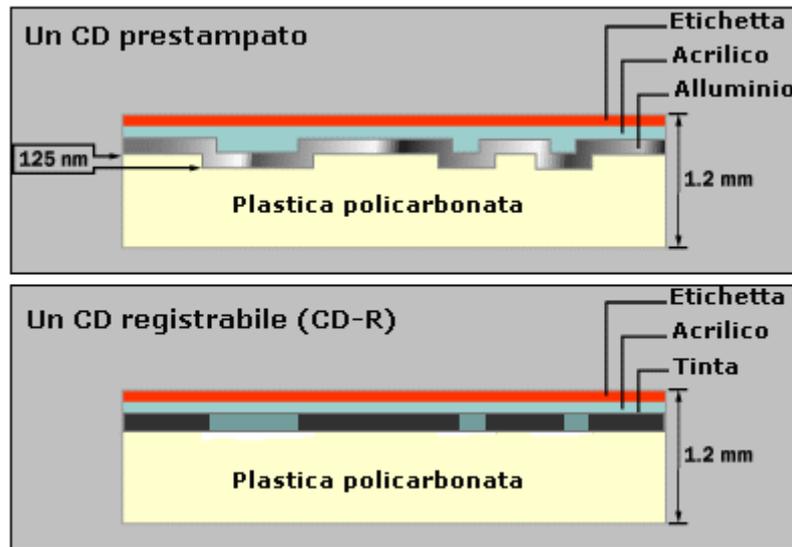
L'interno di un lettore CD

- Dentro al lettore CD, c'è una buona parte di tecnologia sviluppata per far sì che si riesca dai singoli bumps a formare dei blocchi di dati da inviare al computer oppure ad un DAC (Convertitore digitale analogico) nel caso di un CD musicale. Il lavoro fondamentale del lettore CD resta comunque quello di puntare il laser lungo tutta la traccia a spirale. Il raggio laser passando attraverso lo strato di policarbonato, riflette lo strato di alluminio e colpisce un componente ottico che essendo sensibile ai cambiamenti di luce riesce a determinare la presenza di bumps e di zone piane che evidentemente hanno un'intensità riflessa differente. Riconoscendo le sequenze di bumps è possibile ricostruire il singolo byte che era stato digitalizzato sul disco.



La parte più difficile è comunque tenere il laser centrato sulla spirale. Questo lavoro viene svolto dal tracking system che controlla il movimento del laser verso l'esterno e di conseguenza regola la velocità di rotazione del disco. E' infatti importante sottolineare che il numero di bumps è legato alla spirale. All'inizio della spirale (dove il raggio è minimo) possono essere memorizzati molti meno bumps che alla fine (dove il raggio è al massimo), per cui **solo sincronizzando la rotazione ed il movimento del laser sarà possibile leggere i dati ad una velocità costante.**

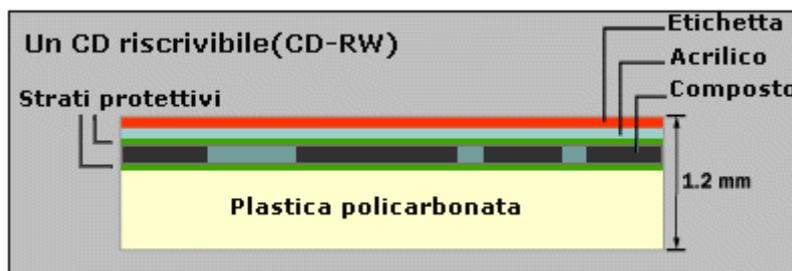
Come abbiamo visto in precedenza, un disco è formato da 4 strati (o layer), uno di plastica policarbonata che viene inciso con i bumps, uno di alluminio che serve a riflettere la luce del laser in fase di lettura, uno di acrilico ed infine l'etichetta. Ovviamente questa è la composizione di un classico CD prestampato in cui è possibile scrivere sulla parte del policarbonato attraverso delle macchine industriali e dei processi che non possono essere replicati in casa. I CD di questo tipo sono detti READ ONLY. In risposta alla domanda dei consumatori che chiedevano dei supporti registrabili e non solamente leggibili, fu immesso sul mercato un nuovo tipo di supporto: I CD-registrabili (CD-R). Questo nuovo tipo di CD non ha bumps ma uno strato finissimo di metallo posto su uno strato tinto fotosensibile . Quando il CD non è scritto, la tinta è riflettente. Quando invece viene riscaldata con una luce di una particolare intensità e frequenza, diventa opaca e non riflette più.



Un CD-R non ha bumps come nei CD prestampati ma delle zone opache o meno che illuminate dal laser riflettono la luce permettendo al sensore ottico di stabilire il valore dei singoli bits.

Una cosa interessante da specificare è che un lettore CD riesce a leggere allo stesso modo CD prestampati e CD registrabili perchè si basa solo sul concetto già detto di luce riflessa, sia che provenga da un bump che da una zona riflettente. L'unica cosa negativa di questo tipo di CD è il fatto che una volta scritti i dati su di esso, a differenza di floppy o hard disk, non possono essere più cancellati e ricoperti con nuovi dati visto che la superficie del disco è stata alterata dal laser. Fortunatamente, alla metà degli anni novanta fu sviluppato un nuovo formato che è ancora in uso e che permette di cancellare e riscrivere un CD più volte alla stregua di un comune floppy.

I dischi riscrivibili (CD-RW), sono molto simili come concetto a quelli registrabili (CD-R) visti in precedenza ma possiedono in più la possibilità di essere cancellati, ovvero di tornare allo stato precedente alla scrittura del laser. Questi supporti sono basati su una tecnologia che permette il cambio di stato di un nuovo strato composto da vari materiali (tra cui argento, antimonio e tellurio). Quando questo composto viene scaldato ad una temperatura superiore ai 600 gradi, esso diventa liquido. Se poi lo stesso composto viene riportato alla temperatura di cristallizzazione (circa 200 gradi) esso ridiventa solido. Quando il composto è allo stato solido, esso riflette una luce differente che allo stato liquido ed ecco quindi come il lettore CD riesce a leggere (mediante il solito riflesso del laser di lettura) i singoli bits dell'informazione che sostituiscono anche in questo caso i bumps visti nei CD prestampati. La luce riflessa da questo tipo di dischi è ovviamente molto differente da quella dei CD Registrabili o da quelli prestampati ed ecco perchè i classici lettori CD di vecchia generazione non sono in grado di leggere questo tipo di formato.



Sezione di un CD riscrivibile

Per poter comprendere quale disco fa cosa e quale lettore legge cosa, è necessario identificare chiaramente **i differenti formati**. Le informazioni che descrivono gli standard per i CD sono contenute in dei libri che per convenzione hanno un proprio colore. Ad esempi tutti i CD-ROM drive devono essere compatibili con il libro rosso ed il libro giallo. Vediamo quali sono questi libri e cosa contengono.

### Libro Rosso

Il libro rosso descrive le proprietà fisiche di un compact disc e del digital audio encoding. Comprende i seguenti argomenti:

- Audio specification for 16-bit PCM
- Disc specification, including physical parameters
- Optical stylus and parameters

- Deviations and block error rate
- Modulation system and error correction
- Control and display system (i.e. subcode channels)

Ogni singolo pezzo di musica registrato su un CD è conforme al libro rosso. Un Cd musicale può contenere e secondo queste specifiche circa 72 minuti di musica.

### Libro Giallo

Scritto nel 1984 descrive le estensioni di un CD per immagazzinare dati (CD-ROM). Contiene i seguenti argomenti:

Disc specification which is a copy of part of the Red Book

Optical stylus parameters (from Red Book)

Modulation and error correction (from Red Book)

Control & display system (from Red Book)

Digital data structure, which describes the sector structure and the ECC and EDC for a CD-ROM disc.

CD-ROM XA

### Libro Verde

Descrive i CD interattivi (CD-i) con i relativi lettori e contiene:

CD-I disc format (track layout, sector structure)

Data retrieval structure which is based on ISO 9660

Audio data using ADPCM levels A, B and C

Real-time still video image coding, decoder and visual effects

Compact Disc Real Time Operating System (CD-RTOS)

Base case (minimum) system specification

Full motion extension (the MPEG cartridge and the software)

I Cd interattivi possono memorizzare 19 ore di audio, 7500 immagini e 72 minuti di video nel formato MPEG. Dopo una piccola apparizione agli inizi degli anni 190, questo tipo di CD è scomparso definitivamente.

### Libro Arancione

Il libro arancione definisce i CD-R con la gestione della multisessione. La prima parte tratta i CD-MO (magneto ottici), la seconda i Cd-Wo (Write Once) e la terza i CD-RW (Riscrivibili). Gli argomenti trattati sono i seguente:

Disc specification for unrecorded and recorded discs

Pre-groove modulation

Data organisation including linking

MultiSession and hybrid discs

Recommendations for measurement of reflectivity, power control etc.

### Libro Bianco

Concluso nel 1993 definisce le specifiche del Video-CD e tratta i seguenti argomenti:

Disc format including use of tracks, VideoCD information area, segment play item area, audio/video tracks and CD-DA tracks

Data Retrieval Structure, compatible with ISO 9660

MPEG audio/video track encoding

Segment play item encoding for video sequences, video stills and CD-DA tracks

Play sequence descriptors for pre-programmed sequences

User data fields for scan data (enabling fast forward/reverse) and closed captions

Examples of play sequences and playback control

Un Video-CD può contenere fino a 70 minuti di video compresso con fattore MPEG-1.

### Libro Blu

Contiene le specifiche estese del Music CD. Anche conosciuto come CD-Plus o CD-Extra, questo tipo di CD contiene un mix di audio e dati in sessioni separate. Gli argomenti trattati nel libro sono:

Disc specification and data format including the two sessions (audio and data)

Directory structure (to ISO 9660) including the directories for CD ExTra information, pictures and data

### Libro CD-I bridge

Creato da Sony e Philips, riguarda i dischi che possono essere riprodotti su lettori per CD-I o su computer. Gli argomenti trattati sono i seguenti:

Disc format defining CD-I Bridge discs as conforming to the CD-ROM XA specification  
 Data retrieval structure as per ISO 9660. A CD-i application program is mandatory and stored in the CDI directory  
 Audio data coding which includes ADPCM and MPEG  
 Video data coding for compatibility with CD-i and CD-ROM XA  
 Multisession disc structure including sector addressing and volume space  
 CD-i related data since all CD-i players must be able to read CD-i Bridge data

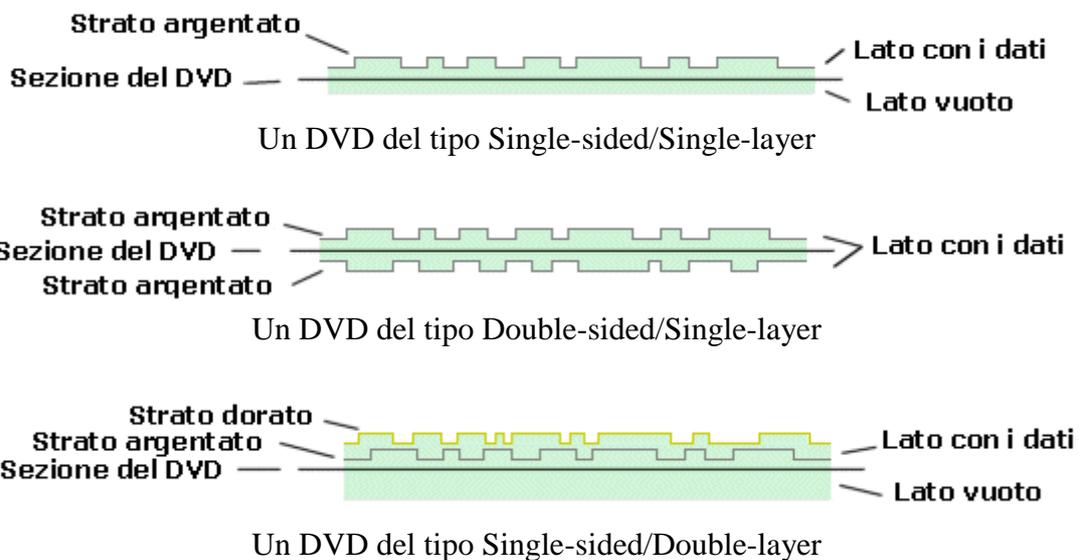
## IL DVD

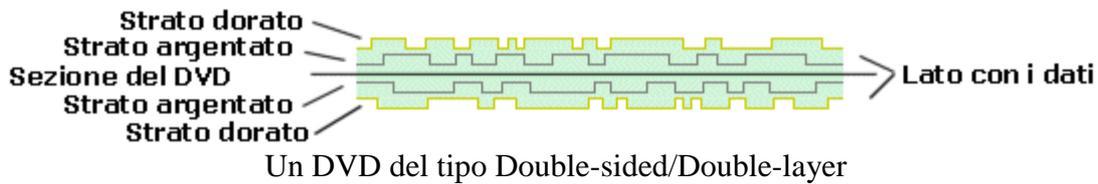
Possiamo dire che stiamo assistendo allo stesso fenomeno avvenuto qualche anno fa con i CD musicali che hanno soppiantato quasi definitivamente i nastri musicali. Allo stesso modo i DVD stanno sostituendo in tutto e per tutto le videocassette.



La superiorità di questo formato rispetto alle care vecchie videocassette è indiscutibile. Possiamo vedere un film con una qualità video incomparabile ed un audio (Dolby o DTS) vicino e (a volte superiore) a quello cinematografico. Possiamo scegliere tra 8 lingue differenti, sottotitoli e perfino inquadrature differenti delle scene più significative. Un DVD è in pratica un semplice pezzo di plastica policarbonata largo circa 12 cm ed alto 1.2 millimetri. Su di esso c'è una lunghissima traccia a forma di spirale che parte dal centro del disco per finire all'estremità dello stesso. Su questa traccia vengono codificate le informazioni sotto forma di bits (l'unità minima di informazione) mediante dei piccoli solchi (bumps) e delle zone piatte (non incise) che rappresentano gli 0 e gli 1. Una volta che la traccia è stata incisa con i bumps, uno strato argentato riflettente gli viene incollato sopra in modo da proteggerla. Questa operazione avviene nei DVD a singolo strato ed è identico a quello che succede nella scrittura dei CD.

Nei DVD ad ogni modo è possibile avere per ogni lato due strati, in modo da contenere un maggior numero di informazioni. Una volta incollata la seconda traccia (con una speciale resina adesiva), essa verrà ricoperta da un ulteriore strato superiore dorato e semiriflettente di cui parleremo più avanti.





La prossima volta che acquistate o noleggiate un DVD guardatelo attentamente e capirete immediatamente sia la capacità che il numero di strati presenti:

Se un lato del disco contiene una stampa o un disegno questo significa che quel lato del disco non ha dati. Il laser infatti non sarebbe in grado di attraversare il disegno per leggerli. Il DVD in questione è un Single-sided.

Se un lato del disco è argentato, allora c'è un solo strato di dati e quindi il disco sarà Single-Layer.

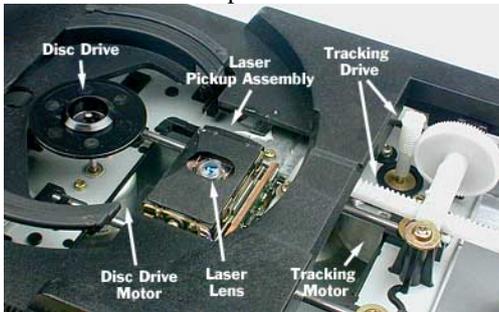
Se un lato del disco è dorato, allora ci sono 2 strati (quello argentato è sotto e quindi non può essere visto). Il DVD in questione è un Double-Layer.

Una altra cosa importante a cui a volte non si pensa è la dimensione veramente microscopica sia della traccia che dei bumps. Pensate che le spire della traccia sono separate l'una dall'altra da appena 740 nanometri (1 nanometro = 1 miliardesimo di metro) e che la traccia stessa è alta 120 nanometri. Se riuscissimo teoricamente a srotolare la traccia otterremmo una linea lunga più di 15 Km. Il compito del lettore DVD è quello di trovare e leggere i bumps e le zone piane memorizzate sul disco e ricostruire con questi l'informazione in termini di Bit e Bytes. Considerando le dimensioni incredibilmente piccole della traccia dei bumps e dei pits si comprende quanto il lettore DVD debba essere preciso ed affidabile. Un lettore DVD è composto da 3 elementi fondamentali:

Un motore che ha il compito di far girare il disco ad una velocità costante che varia tra i 200 ed i 500 giri al minuto.

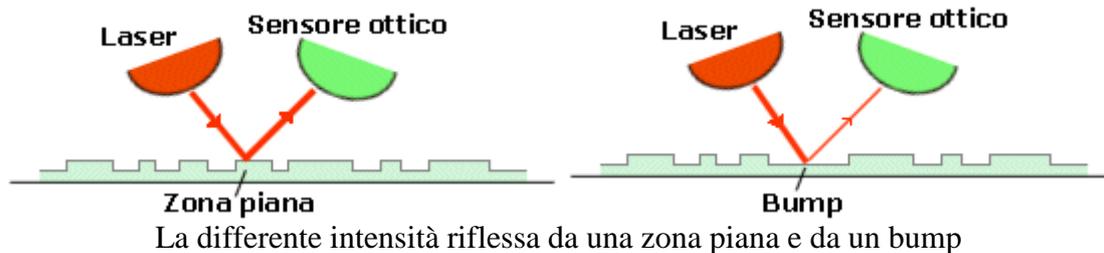
Un laser ed una lente per puntare e leggere i bumps durante la rotazione.

Un meccanismo che permette al laser di muoversi seguendo la spirale incisa sul disco.



L'interno di un lettore DVD

Come già detto, per poter rilevare la presenza di un bump, il laser viene puntato sullo strato argentato che provvede a rifletterlo. L'intensità del riflesso sarà differente a seconda che venga colpito un bump piuttosto che una zona piana e viene rilevata da un sensore ottico che in questo modo ricostruisce i singoli bits.



Nei DVD con doppio strato, il laser deve poter puntare sia la traccia dorata che quella argentata. Per far questo usa delle intensità differenti. Quella più bassa per riflettere i bumps della traccia dorata. Quella più alta per poter attraversare lo strato dorato ed accedere ai bumps dello strato argentato sottostante. La parte più difficile del processo di lettura è comunque quella di tenere il laser centrato sulla spirale. Questo lavoro viene svolto dal tracking system che controlla il movimento del laser verso l'esterno e di conseguenza regola la velocità di rotazione del disco. All'inizio della spirale (dove il raggio è minimo) possono essere memorizzati molti meno dati che alla fine (dove il raggio è al massimo), per cui solo sincronizzando la rotazione ed il movimento del laser sarà possibile leggere i dati ad una velocità costante.

Se mettiamo a confronto un DVD ed un CD essi potrebbero sembrare simili. In fondo sono entrambi dei dischi in materiale plastico larghi 12 centimetri ed hanno più o meno la stessa tecnologia che permette di scriverli e leggerli.

- Una caratteristica che li diversifica in maniera netta è però la capacità di contenere dati. Un DVD può contenere infatti fino a 20 volte i dati presenti in un semplice CD! I motivi che rendono possibile questa grande capacità sono:

- Alta densità dei dati. Nella tabella seguente vengono comparati alcuni valori relativi alla densità, in particolare la distanza tra le spire e la lunghezza minima dei bumps e dei pits, ovvero la codifica dei bits sulla traccia.

Caratteristica	CD	DVD
Distanza tra le spire	1600 nanometri	740 nanometri
Lunghezza minima bumps/pits (DVD a singolo strato)	830 nanometri	400 nanometri
Lunghezza minima bumps/pits (DVD a doppio strato)	830 nanometri	440 nanometri

- **Multi strato (Multi-layer)**

A differenza dei CD che hanno un solo strato di dati, nei DVD ci possono essere più strati che garantiscono ovviamente una capacità multipla.

Formato DVD	Capacità
Lato singolo/Singolo strato (Single-sided/Single-layer)	4.38 GB
Lato singolo/Doppio strato (Single-sided/Double-layer)	7.95 GB
Doppio lato/Singolo strato (Double-sided/Single-layer)	8.75 GB
Doppio lato/Doppio strato (Double-sided/Double-layer)	15.9 GB

C'è da notare come un DVD Single-sided/Double-layer abbia una capacità non proprio doppia rispetto ad un DVD Single-sided/Single-layer (4.38 GB contro 7.95 GB). Questo è spiegato dal fatto che quando si applicano 2 strati (layers) sullo stesso lato, la lunghezza minima dei bumps/pits aumenta di circa il 10% per cui la densità dei dati è minore. Se i due strati sono applicati su due lati differenti, questa limitazione non è necessaria ed infatti la capacità di un DVD Double-sided/Single-layer è proprio il doppio rispetto ad un Single-sided/Single-layer (4.38 GB contro 8.75 GB).

- **Minore spreco di spazio**

Nei CD, molte informazioni vengono duplicate per poter garantire una valida gestione dell' error correction. Nei DVD, di concezione più recente, gli algoritmi per l'error correction sono molto più efficienti e non richiedono tanto spazio aggiuntivo che quindi può essere usato per memorizzare un numero maggiore di informazioni.

A differenza dei CD che hanno oramai uno standard universalmente riconosciuto, per quanto riguarda i DVD ci sono differenti standard tra cui i più diffusi sono:

- DVD-R
- DVD+R
- DVD-RAM

### DVD-R

Questo formato, creato dal consorzio DVD Forum, è uno degli standard più diffusi grazie alla sua compatibilità con la maggior parte (90%) dei lettori DVD da tavolo. Nel formato riscrivibile (DVD-RW) la compatibilità resta alta ma scende a circa il 74%. I DVD-R e -RW possono essere single-side con una capacità di 4.7 GB oppure double side con una capacità di 9.4 GB.

### DVD+R

Il formato +R creato dal consorzio DVD-Alliance ha delle caratteristiche migliori rispetto al -R ma riscontra una minore compatibilità (circa 86%) sui lettori DVD da tavolo. Per quanto riguarda invece il formato DVD+RW (ovvero il riscrivibile), la compatibilità è identica al DVD-RW. I DVD+R e +RW possono essere single-side con una capacità di 4.7 GB oppure double side con una capacità di 9.4 GB.

**DVD-RAM** Questo formato realizzato da un consorzio di compagnie chiamato DVD Forum ha forse le migliori caratteristiche di registrazione (può essere riscritto più di 100000 contro le sole 1000 di DVD+R e DVD-r) ma una bassissima compatibilità con i lettori DVD da tavolo. Nato come supporto di memorizzazione dati, si è pian piano evoluto fino a diventare un vero e proprio DVD Video. Una delle sue caratteristiche principali è quella di poter essere letto e scritto come un normale Hard Disk dai sistemi operativi più moderni come Windows XP e MAC OS.

### Ecco alcune informazioni tecniche relative ai DVD:

#### Formato PAL (il formato Italiano)

##### Video:

Fino a 9.8 Mbit/sec in MPEG2 oppure fino a 1.856 MBit/sec in MPEG1

Risoluzione 720 x 576 pixels in MPEG2

Risoluzione 704 x 576 pixels in MPEG2

Risoluzione 352 x 576 pixels in MPEG2

Risoluzione 352 x 288 pixels in MPEG2

Risoluzione 352 x 288 pixels in MPEG1

25 fps (frames al second)

##### Audio:

Fino ad 8 tracce audio del tipo Dolby Digital, DTS, PCM (uncompressed audio), MPEG-1 Layer2.

#### Formato NTSC

##### Video:

Fino a 9.8 Mbit/sec in MPEG2 oppure fino a 1.856 MBit/sec in MPEG1

Risoluzione 720 x 480 pixels in MPEG2

Risoluzione 704 x 480 pixels in MPEG2

Risoluzione 352 x 480 pixels in MPEG2

Risoluzione 352 x 240 pixels in MPEG2

Risoluzione 352 x 240 pixels in MPEG1

29,97 fps (frames al secondo)

23,976 fps (frames al secondo)

##### Audio:

Fino ad 8 tracce audio del tipo Dolby Digital, DTS, PCM (uncompressed audio), MPEG-1 Layer2.

Vediamo ora come è strutturato un DVD in termini di directory e files. Se inseriamo un DVD in un lettore da PC possiamo navigarci come in un hard disk e scoprire quali files e directory vengono create nella digitalizzazione di un film.

Per quanto riguarda i files, li troviamo tutti (o quasi) con le stesse estensioni, ovvero:

.IFO Il file IFO contiene informazioni sui capitoli, sui sottotitoli e sull'audio

.BUP Il file BUP è il file di backup dei file IFO

.VOB Il file VOB contiene il video, l'audio i sottotitoli ed i menu

Passando alle directory, ne possiamo trovare 3 4 al massimo ma quella fondamentale e obbligatoria che deve sempre esistere in un DVD è la VIDEO\_TS. In questa directory troveremo tutto il film strutturato così:

Directory	File	Descrizione
/VIDEO_TS		La directory principale
	VIDEO_TS.IFO	Informazioni sul primo video eseguito all'avvio del DVD

	VIDEO_TS.VOB	Il primo video eseguito automaticamente all'avvio del DVD
	VIDEO_TS.BUP	Il file di backup del file VIDEO_TS.IFO
	VTS_01_0.IFO	Contiene i dati del film
	VTS_01_0.VOB	Contiene il menu del film
	VTS_01_1.VOB	Contiene il video del film
	VTS_01_2.VOB	Contiene il video del film
	VTS_01_3.VOB	Contiene il video del film
	VTS_01_4.VOB	Contiene il video del film
	VTS_01_0.BUP	Contiene il backup del file VTS_01_0.IFO
	VTS_02_0.IFO	Contiene i dati degli extra del film
	VTS_02_0.VOB	Contiene il menu degli extra
	VTS_02_1.VOB	Contiene il video degli extra
	VTS_02_2.VOB	Contiene il video degli extra
	VTS_02_0.BUP	Contiene il backup del file VTS_02_0.IFO
	VTS_XX_0.IFO	Contiene i dati .....
	VTS_XX_0.VOB	Contiene il menu .....
	VTS_XX_1.VOB	Contiene la 1a parte del video .....
	VTS_XX_2.VOB	Contiene la 2a parte del video .....
	VTS_XX_X.VOB	Contiene la Xa parte del video .....
	VTS_XX_0.BUP	Contiene il backup del file VTS_XX_0.IFO

Come potete vedere la struttura è piuttosto logica e semplice. Nel nostro esempio c'è il titolo 01 (VTS\_01...) che contiene il film suddiviso in 4 parti (VTS\_01\_1.VOB, VTS\_01\_2.VOB, VTS\_01\_3.VOB, VTS\_01\_4.VOB,). Il titolo 02 (VTS\_02...) contiene invece gli extra suddivisi in 2 parti (VTS\_02\_1.VOB, VTS\_02\_2.VOB). Più in generale ci possono essere fino a 99 titoli (VTS\_99...) e fino a 9 VOBS per titolo.