

10

DVD, SACD e Blu-Ray

Introduzione

I supporti alternativi al CD

Il **floppy disk**, con una capacità che nel tempo è arrivata fino a circa **1500 KByte** era una volta il supporto per eccellenza per la memorizzazione dei dati in formato digitale. Alcuni supporti, simili al floppy ma con capacità circa 1000 volte superiore furono introdotti ma ebbero vita breve e nessuno divenne uno standard.



Sul piano audio il registratore **DAT** in ambito professionale è stato presto soppiantato da macchine con molti più canali e poi dalle workstation basate su **Hard-Disk**, sul piano consumer ha avuto scarsissima diffusione a causa degli alti costi e della difficoltà (ovviamente voluta) di usarlo per copiare i CD. Registratori **DAT** in versioni speciali sono stati usati per un po' come unità di backup per computer in ambito semiprofessionale.



Il **Mini-Disc** introdotto dalla Sony era molto pratico come mezzo di registrazione amatoriale a basso costo ma la sua scarsa qualità (usava un formato compresso proprietario) e la sua impossibilità di integrarsi con i computer come supporto dati ne hanno causato una rapida fine.



Fu fatto anche un tentativo di retro-compatibilità con le audio cassette classiche. Il formato **DCC (Digital Compact Cassette)** consisteva in un guscio delle stesse dimensioni di una Compact Cassette contenente un nastro di buona qualità su cui erano incise due tracce

analogiche e 9 tracce digitali che portavano la stessa musica in formato compresso. Il successo fu scarsissimo e la **DCC** scomparve presto.



L'evoluzione del CD

Nato in origine per la registrazione permanente dell'audio, il CD si è poi evoluto, permettendo la memorizzazione, oltre che della musica, di software, dati, film, ecc. Il **CD Audio** e il **CD ROM** sono divenuti presto il formato standard di diffusione di musica e dati e la possibilità di usare i CD scrivibili sia per distribuire e archiviare dati sia (soprattutto) per copiare (illegalmente) musica lo hanno reso tuttora il formato più diffuso.

Però, già dal punto di vista della riproduzione audio, questo supporto era “nato male” a causa del compromesso sulla frequenza di campionamento (44100 Hz) dovuto alla necessaria compatibilità con i registratori video **PAL** e **NTSC** utilizzati per la creazione di nastri master. Ma il problema principale del CD audio consisteva nella sua filosofia di progettazione: il nuovo supporto era pensato come lo sviluppo del LP su vinile ed era quindi orientato ad una

lettura sequenziale da parte di un dispositivo “stupido”, privo di una logica di controllo programmabile.

Il risultato di questo approccio è lo standard **Red-Book** che non prevede un meccanismo di indirizzamento preciso. Le specifiche, come ci si poteva aspettare dal successore del vinile, non prevedevano interruzioni durante la fruizione musicale. Invece il processo di lettura di un **CD ROM** (definito nello **Yellow-Book**) può subire repentine interruzioni (la maggior parte delle volte trasparenti per l'utente) perché i moderni computer devono svolgere più attività contemporaneamente. Si è così presentato il problema che nel **CD Audio**, la musica pur memorizzata in formato digitale, non può essere letta in modo casuale. Nel passaggio dal **CD Audio** al **CD ROM**, per risolvere tale problema si tolse spazio ai dati, rinforzando la correzione di errore e inserendo ulteriori informazioni necessarie all'indirizzamento.

I problemi dovuti alla capienza limitata a circa **700 MBytes**, alla difficoltà di indirizzamento dei dati, alle caratteristiche del formato audio e al ben noto problema della diffusione delle copie pirata, ha portato alla ricerca di un nuovo e più efficiente supporto per la memorizzazione: il **DVD (Digital Versatile Disc)**.

IL DVD



Alla luce dell'esperienza maturata con il CD in tutte le sue varie forme nel 1995 è stato pensato un nuovo formato: il **DVD (Digital Versatile Disc)** le cui caratteristiche principali sono le seguenti.

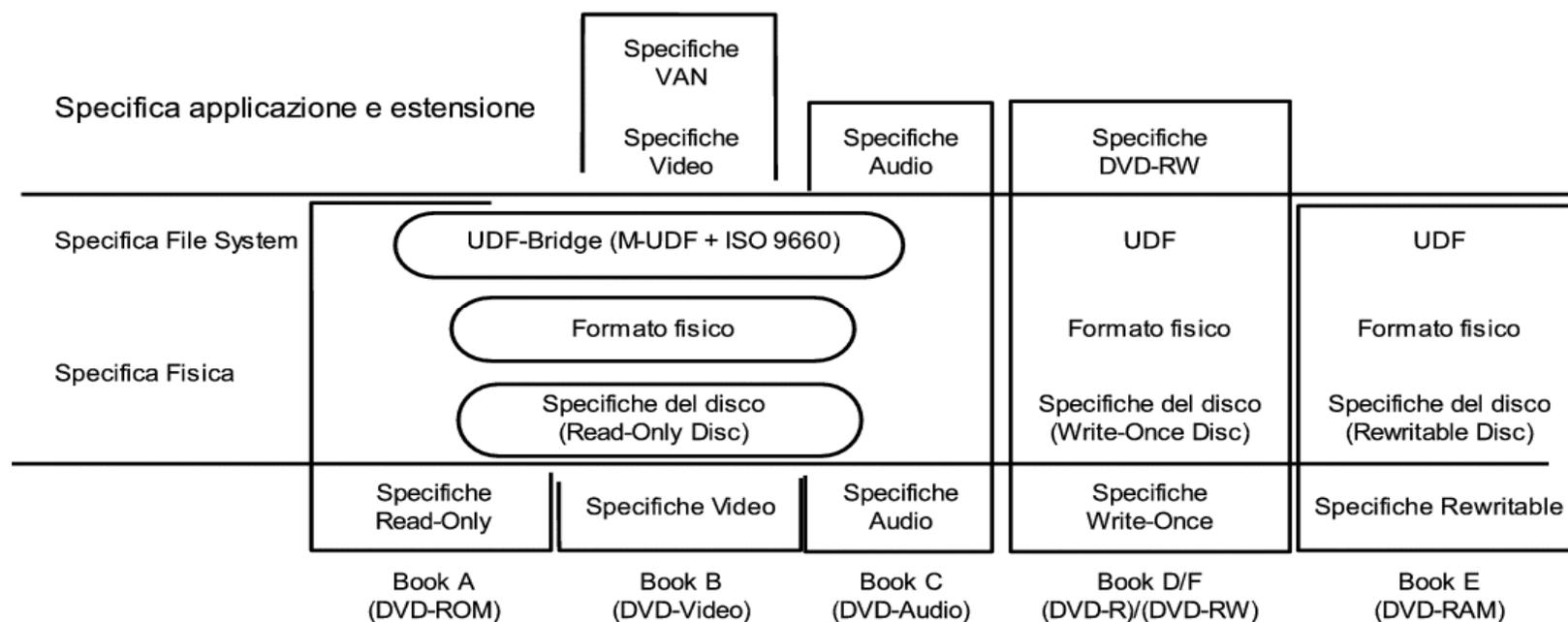
- Compatibilità fisica a livello di dimensioni con il CD: questo permette attualmente di avere unità di lettura e scrittura che accettano indifferentemente l'uno e l'altro formato.
- Un'organizzazione fisica dei dati che, grazie a una minore lunghezza d'onda del laser e alla possibilità di scrivere i dati su due strati, permette di arrivare senza problemi ad oltre 9 Gb di informazione per faccia (più di 10 volte il contenuto di un CD).
- Un'organizzazione logica orientata al reperimento agevole e sicuro dei dati memorizzati che fa da base a un utilizzo **versatile** del supporto in quanto, come ormai ben noto, una volta capaci di gestire in modo efficiente file binari con questi si possono rappresentare ogni tipo possibile di informazione: testi, programmi, musica, video, ecc.

I libri delle specifiche

Come per i **CD** anche per i **DVD** esiste una pletera di libri colorati con le varie specifiche ufficiali:

- il **Book A** contiene le specifiche del **DVD ROM**;
- il **Book B** contiene le specifiche del **DVD Video**;
- le specifiche del **DVD Audio** sono descritte nel libro denominato **Book C**.

In figura è presentata la mappa completa dei Book è evidente come tra il **Book A**, il **Book B** e il **Book C** ci sia una totale compatibilità sia a livello fisico che di **file-system**. Questo garantisce ai lettori di **DVD ROM**, **DVD Audio** e **DVD Video** la capacità di accedere indifferentemente ai contenuti dei dischi in questione; il limite della fruizione dei dati per ogni tipo di apparecchio è legato alla sua possibilità di interpretare i dati letti.



Immaginiamo di inserire il DVD Video di *Terminator 3* in un lettore DVD di un computer, il lettore è in grado di leggere il contenuto del disco ma senza una opportuna applicazione software per la visualizzazione dei dati video non è in grado di proiettare il film. Mentre su un computer le applicazioni per il trattamento video o audio, sono implementate via software (e quindi facilmente aggiornabili) in un lettore dedicato fanno parte integrante dell'elettronica (o perlomeno del **firmware**) e sono impossibili (o difficili) da aggiornare. Così un lettore DVD pensato solo per l'audio non sarà in grado di interpretare i dati incisi in un DVD video e non avrà neppure le uscite video.

D'altra parte la convenienza commerciale spinge le case costruttrici a produrre apparecchi sempre più versatili allo scopo di vincere la naturale ritrosia dei consumatori all'acquisto di prodotti dall'uso limitato che rischiano di divenire drammaticamente obsoleti (si pensi alla fine che hanno fatto i videodischi).

I Parametri fisici

Come possiamo scrivere su un foglio di carta con una penna sia in italiano che in sanscrito o cinese, così su un DVD possiamo incidere informazioni (struttura fisica) secondo diversi standard logici.

Anche se un DVD è esteticamente molto simile ad un CD, le sue caratteristiche fisiche sono molto diverse: un CD nel formato standard riesce a contenere fino a **650 MByte** (e i CD che approfittano delle tolleranze dello standard, possono contenere fino a **878 MByte**, ovvero 100 minuti di audio), un **layer DVD**, invece, riesce a contenere circa **5 GByte**. In altri termini possiamo dire che la densità di informazione di un CD è circa **1 bit/micron-quadrato** mentre quella di un **layer DVD** arriva a circa **7 bit/micron-quadrato**!

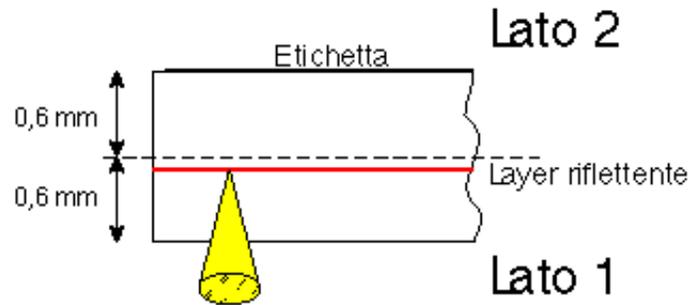
Il formato DVD più semplice prende il nome di **DVD-5** e può contenere fino a **4.38 GByte** di dati. Esso è formato da un solo strato ed ha un solo lato leggibile. Il **DVD-10** è composto da due lati con singolo strato e, nel caso che sia necessario leggere l'altro lato, è necessario estrarre il DVD dal lettore e reintrodurlo in modo opportuno. In origine era stato previsto anche un formato su 2 facciate che avrebbe permesso di arrivare a **18 GByte**, ma che, immaginiamo per problemi di posizionamento dell'etichetta, è stato, in pratica, abbandonato. Ormai si preferisce “spalmare” il contenuto su più DVD piuttosto che usare DVD a doppia facciata.

Ecco un elenco dei principali formati fisici di DVD:

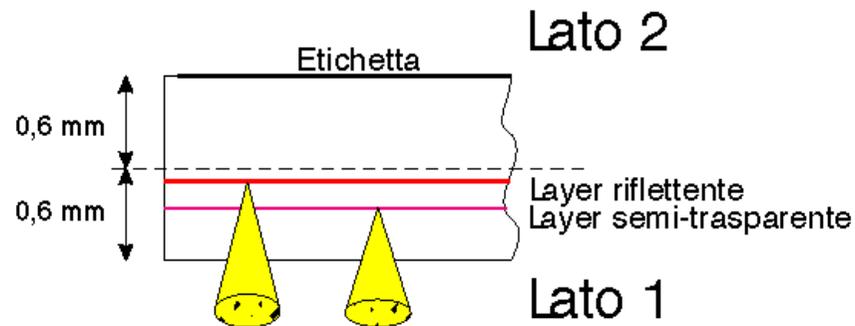
Formato	Lati / layer	Capienza
DVD-5	1/1	4.38 GByte
DVD-9	1/2	7,95 GByte
DVD-10	2/1	8,76 GByte
DVD-18	2/2	15,9 GByte

È interessante osservare che il secondo layer non ha la stessa densità di informazione del primo perché è necessario gestire alcuni problemi di interferenza.

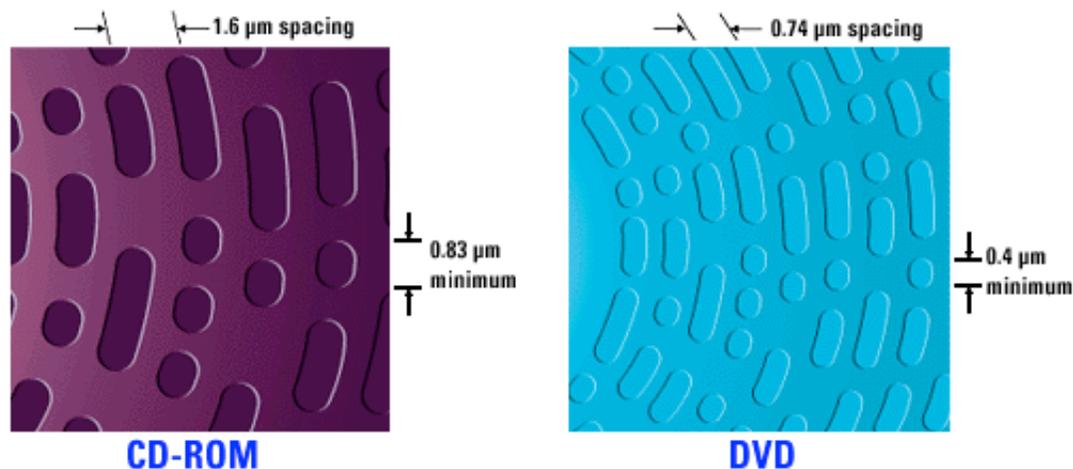
Vediamo ora come sono fatti un DVD-5 (singolo strato e singola faccia)



e un DVD-9 (doppio strato, singola faccia):



L'innovazione tecnologica che ha portato dal CD al DVD ha investito la meccanica, i laser, l'elettronica e gli algoritmi di correzione implementati nei lettori, ma non il "modo" in cui i dati sono incisi sui dischi, infatti, come vediamo nella figura, le informazioni sono ancora tracciate con piccole scalfitture della superficie riflettente, dette pit.



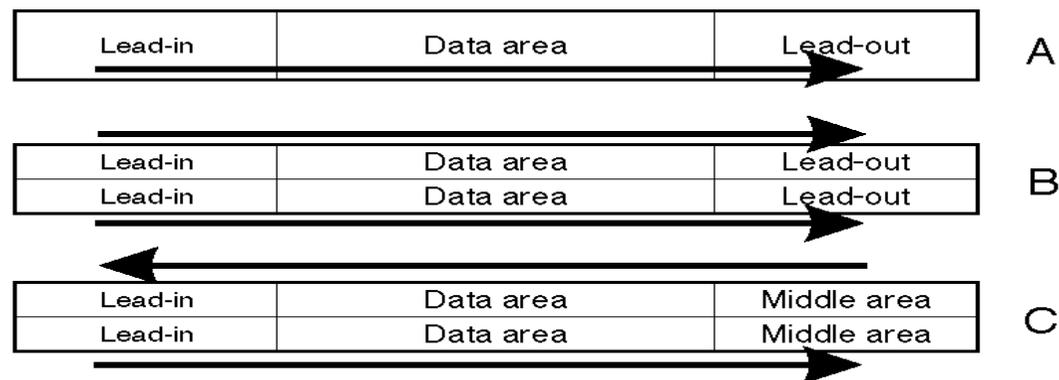
Pit piccoli e tracce vicine permettono di avere una elevata densità di dati che, oltre all'ovvio vantaggio, sensibilizzano il DVD verso i piccoli graffi che possono distruggere grandi quantità di dati. Per far fronte a questo problema le sofisticate tecniche introdotte per la correzione degli errori permettono la lettura anche con graffi di circa 5 mm.

Un altro vantaggio del DVD sul CD è la sua forma a sandwich: in questo dispositivo i dati sono protetti da due strati di policarbonato mentre, nel CD, risiedono su una delle due superfici rendendosi più suscettibili di danneggiamenti. La forma a sandwich del DVD influenza positivamente anche i problemi di allineamento tra il disco e il fascio laser di lettura. Questi in teoria dovrebbero essere sempre ortogonali ma, nella pratica, difficilmente lo sono. Poiché il laser di lettura attraversa uno strato minore di policarbonato (**0.6 mm** nel DVD, contro **1.2 mm** nel CD), quando si verifica questo problema di allineamento, il fascio del DVD viene deviato in quantità minore.

La codifica dei dati

I dati sono scritti sul DVD secondo uno schema ben preciso che permette al lettore di individuarne la posizione. A partire dal centro del disco troviamo: la zona iniziale, la zona con i codici di riferimento, il **buffer 1**, il controllo dei dati e il **buffer 2**. La zona per il controllo dei dati è composta da 16 settori che descrivono la dimensione del disco, la più piccola velocità di trasferimento richiesta in lettura durante l'uso, singola o doppia faccia, il tipo di tracce, informazioni di fabbricazione e copyright.

Sono definiti due tipi di DVD a doppio layer: a tracce parallele e a tracce opposte. Nella figura che rappresenta le sezioni di un DVD a singolo layer (A) e a doppio layer con tracce parallele (B) e opposte (C), le frecce evidenziano le sequenze di lettura. Nei dischi a singolo layer e a tracce parallele gli indirizzi crescono con l'aumento della distanza dal centro, presentando due aree di lead-in e lead-out. Negli altri, gli indirizzi del layer 1 crescono avvicinandosi verso la zona centrale e inoltre sono presenti un'unica area di lead-in e lead-out.



Un settore di dati è composto da 2064 byte, secondo il seguente schema: 2048 per i dati veri e propri (ad esempio, la musica) e 16 byte di header: 4 per l'identificazione (**ID**), 4 byte per i codici di rilevamento degli errori (**EDC**) e 8 byte per altri scopi. I 4 byte di identificazione

contengono 1 byte di informazioni di tipo generico sul settore e 3 byte per identificare il numero del settore. Per formare un settore fisico al settore dati sono aggiunti 52 byte di sincronismo e 302 per la correzione degli errori (per un totale di 2418 byte).

Il **Reed Solomon-Product Code (RS-PC)**, usato per la correzione degli errori, è calcolato dopo la scrittura dello **EDC**. Il codice **RS-PC** è diverso dal **CIRC** utilizzato nei CD ma simile a quello utilizzato nei **DAT**, la probabilità di errore è 10^{-15} , un valore circa dieci volte migliore di quello del CD Audio, inoltre ogni tipo di DVD ha lo stesso livello di protezione contro gli errori.

Definita la sequenza dei bit che saranno scritti su DVD, prima della scrittura vera e propria, si applica la trasformazione **EFMPlus**: prima della trasformazione ogni informazione viene rappresentata da **8 bit** e dopo da **16 bit**. In questa codifica più sequenze di 16 bit rappresentano lo stesso simbolo al fine di eliminare ogni traccia di corrente continua.

Le informazioni che il CD memorizza nei sub-canali nel DVD sono memorizzate insieme ai dati: immagini, informazioni testuali e musica, trasmesse dall'unico flusso di dati, sono riconosciute e scisse dal lettore. Queste informazioni sono racchiuse in unità di 2048 byte, il più piccolo blocco di informazioni indirizzabile.

Il file-system

I DVD a sola lettura (DVD-ROM, audio e video), memorizzano le informazioni su un **file-system**, proprio come fanno i computer. Ciò che differenzia i DVD audio dai video sono le specifiche di applicazione, ovvero, la struttura logica delle directory e il tipo di informazioni contenute nei file. Il file-system utilizzato è lo **UDF Bridge**, trae questo nome dal fatto che è

conforme sia allo standard **UDF** sia allo **ISO 9660**. Lo **UDF Bridge** è stato progettato appositamente per immagazzinare le informazioni sui media ottici.

Il **file-system** definisce la struttura dei dati, come la directory, i file, i blocchi, i settori, i volumi, le tabelle di allocazione, le partizioni e il tipo di codifica dei caratteri. È molto flessibile e permette di essere utilizzato sia su ogni tipo di computer (e sistema operativo) sia su lettori dedicati. Al fine di semplificarne l'utilizzo, l'ordine con cui sono lette le directory è gerarchizzato e lettori dedicati possono accedere alle sole informazioni di interesse.

Il DVD audio

Le specifiche del DVD audio hanno avuto più revisioni. La formalizzazione delle specifiche è atta a garantire la compatibilità tra i vari DVD e, in qualche modo, una retro compatibilità con il formato CD audio. L'audio immagazzinato nel DVD, potendo usare la codifica PCM a elevata risoluzione, ottiene una qualità migliore del CD audio, inoltre riesce a gestire fino a 6 canali distinti (sfruttando anche compressioni con o senza perdita d'informazione) e, infine, implementa tecniche anti-pirateria.

Tutti i DVD audio devono immagazzinare l'audio in formato **LPCM (PCM lineare)** non compresso o compresso con tecnica **MLP (Meridian Lossless Pack)** o mediante altre tecniche con perdita di informazione, con un bit rate massimo di **9.6 Mbit/s**. Per garantire la compatibilità con i lettori DVD video, possono essere inserite tracce audio codificate con tecnica **Dolby Digital, DTS** e **LPCM** (con un bit rate massimo di **6.144 Mbit/s**).

Nei DVD audio possono essere inserite per ogni traccia informazioni testuali e un menù di navigazione. Nei DVD audio/video possono essere inseriti anche filmati, sfruttando un sottoinsieme delle specifiche del DVD video.

Il DVD audio è molto flessibile e può utilizzare molti tipi di codifica, come illustrato nella seguente tabella:

Codifica audio	Frequenza di campionamento (kHz)	Bit per campione	Numero di canali
LPCM	192, 176.4,	16, 20, 24	2
LPCM	96, 88.2, 48, 44.1	16, 20, 24	da 1 a 6
MLP	192, 176.4	16, 20, 24	2
MLP	96, 88.2, 48, 44.1	16, 20, 24	da 1 a 6
Dolby Digital	48	16, 20, 24	da 1 a 6
DTS	48, 96	16, 20, 24	da 1 a 6

Mentre la codifica **LPCM** è obbligatoria su ogni disco e le altre sono opzionali, ogni lettore DVD audio deve necessariamente supportarle tutte. Ogni traccia può avere una differente frequenza di campionamento e una differente codifica di parola. Ogni disco può essere fruito secondo una o più “selezioni”: un singolo disco potrebbe includere la medesima musica in più selezioni: una con codifica DVD audio fino a **6** canali **24/96**, una **PCM stereo**, una **Dolby Digital 5.1** ecc.

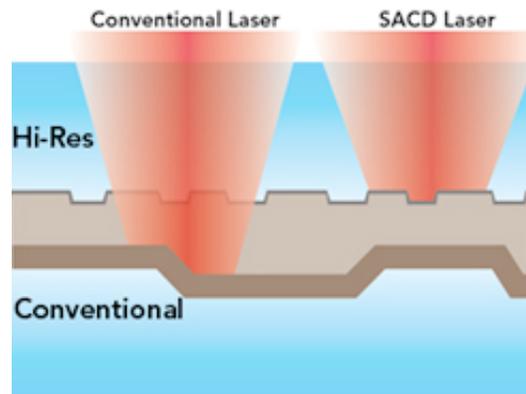
II SACD



Il **Super Audio CD** è stato un tentativo di produrre il formato audio definitivo. Le sue caratteristiche principali sono.

- La musica ad alta risoluzione è memorizzata su un supporto DVD in formato **DSD-64** ovvero con **1 bit di profondità** di quantizzazione e una frequenza di campionamento che è **64 volte** quella del CD.
- È possibile introdurre uno strato inciso come un CD Red Book fornendo così la retro compatibilità con i lettori CD tradizionali.
- La traccia digitale non è leggibile su computer né estraibile dai lettori Audio garantendo così la protezione dei dati ad alta risoluzione.

Notiamo a tal proposito che un DVD-5 e un DVD-9 sono fisicamente uguali ad un SACD **single layer** e **dual layer** rispettivamente, mentre i **SACD ibridi** (con uno strato CD compatibile) non sono fisicamente compatibili con lo standard DVD in quanto non soddisfano nessuno dei tre Book del DVD.



La possibilità di produrre SACD ibridi retro compatibili avrebbe potuto fare di questo standard il sostituto definitivo del CD Audio: sarebbe bastato cessare la produzione dei CD Audio e commercializzare al loro posto, e allo stesso prezzo i corrispondenti SACD ibridi.

La concorrenza del DVD Audio e il desiderio di maggiori margini di guadagno sulla musica ad alta risoluzione hanno fatto sì che questo non potesse accadere e la diffusione di musica su questo supporto è al momento abbastanza limitata.

HD-DVD

Il formato **HD-DVD** (**High Definition Digital Versatile Disc**) è stato introdotto da Toshiba e accettato nel 2003 dal **DVD Forum** come successore del DVD per veicolare contenuti video ad alta risoluzione. Il formato è stato ufficialmente dismesso nel 2008 essendo stato sconfitto nella battaglia commerciale con il Blu Ray introdotto da Sony.

Le principali caratteristiche tecniche di questo formato erano le seguenti.

- Il supporto è della stessa dimensione del CD (**120 mm** di diametro);
- la lettura viene effettuata con un laser blu di **405 nanometri** di lunghezza d'onda;
- la capacità massima di archiviazione è di **15 GByte** per layer e sono previsti fino a 3 layer;
- veniva usato un sistema di protezione detto **AACS** che è stato facilmente aggirato dagli hackers che hanno scovato e pubblicato le chiavi di protezione.

Il formato **HD-DVD** non ha mai avuto rilevanza nel campo audio e ormai resta solo un'altra **tomba** nel **cimitero dei formati** (buoni o cattivi che siano) di cui il mercato ha determinato la scomparsa.

Il Blu-Ray

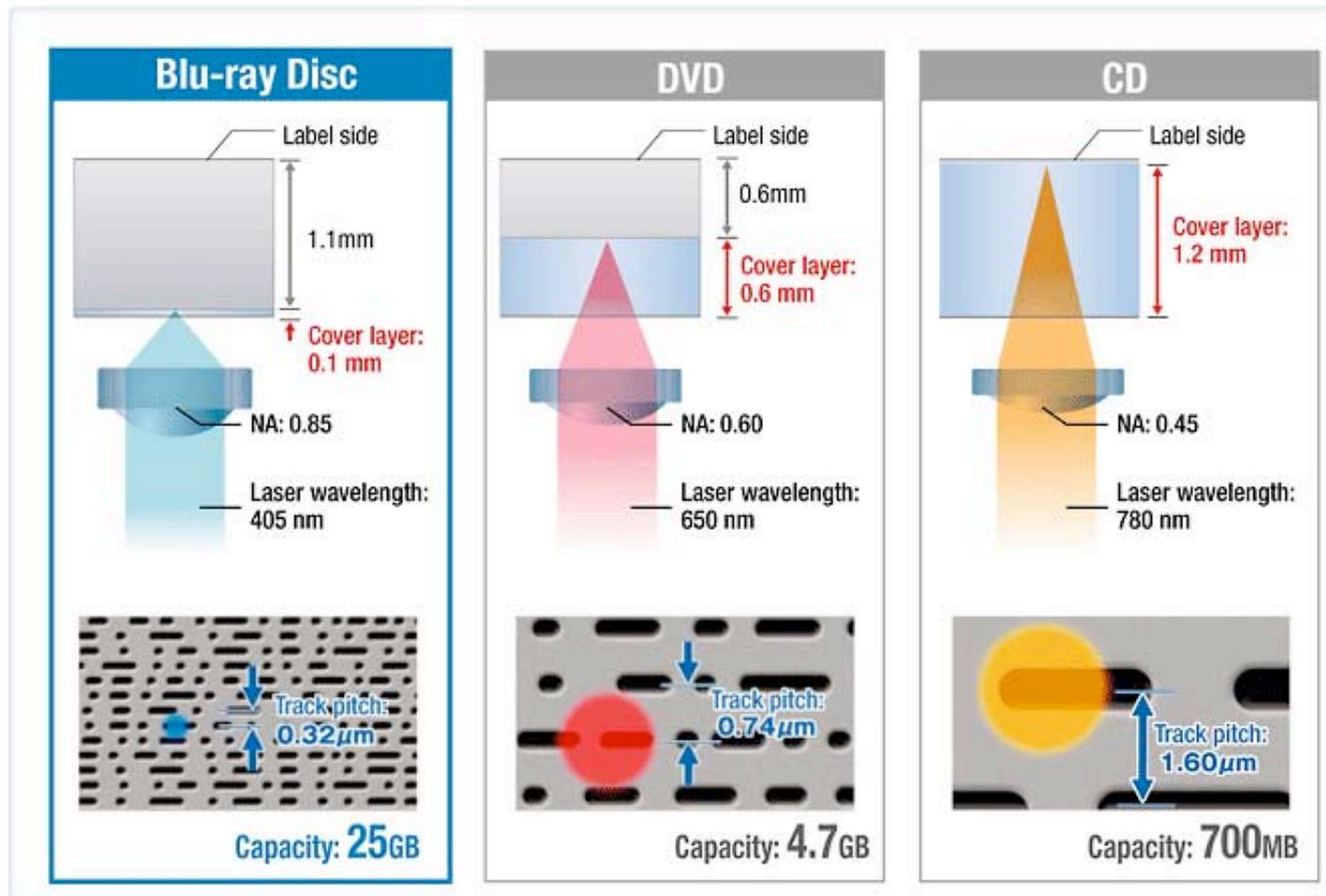
Il **Blu Ray** è l'altro formato candidato a succedere al DVD, introdotto dalla Sony nel 2002 deve molto del suo successo al fatto che un lettore Blu Ray ha fatto parte della dotazione standard delle **PlayStation 3** introdotta nel 2006. Dopo il ritiro del formato concorrente **HD-DVD** il **Blu Ray** è attualmente l'unico formato fisico disponibile per il video ad alta definizione e potrebbe divenire anche lo standard per la distribuzione edell'audio ad alta risoluzione.

Le principali caratteristiche tecniche di questo formato sono le seguenti.

- Il supporto è della stessa dimensione del CD (**120 mm** di diametro);
- la lettura viene effettuata con un laser blu di **405 nanometri** di lunghezza d'onda;
- la capacità massima di archiviazione è di **27 GByte** per layer e sono previsti fino a **16 layer** rendendo **ipoteticamente** pensabili dischi ottici di **400 GByte** di capacità. L'elevato numero di strati sarà reso possibile da un minore distanza del primo strato dalla superficie (**0.1 mm** contro gli **0.6 mm** del **DVD** e dell'**HD-DVD**)
- vengono usati vari sistemi di protezione:
 - codifica **AES** con chiave a **128 bit** che cambia ogni **6 KByte** di dati
 - sistema **AACS** per assicurare che la lettura sia possibile solo su apparecchiature autorizzate

- **Digital Watermarking** (filigrana) digitale per distinguere i dischi originali da quelli contraffatti
- **BD+** che consiste in una **macchina virtuale** residente sul supporto che verrà usata per la lettura del disco impedendo alterazioni del software di lettura.

Nella figura è mostrato un confronto tra le caratteristiche del **Blu-Ray** rispetto al **DVD** e al **CD**.



Conclusioni

La storia dei formati e dei supporti è spesso una storia di successi o errori commerciali piuttosto che una storia di problematiche tecniche. Si ricorda l'enorme successo della **compact cassette** come formato audio a basso costo e di diffusione pressoché universale che aveva relegato l'uso delle bobine (**Open Reel**) all'ambito professionale e semi-professionale. D'altra arte il tentativo di introdurre la **Elcaset** (una cassetta "grande": **Elcaset** sta per **Large Cassette**) fallì miseramente.



In campo video la lotta tra i formati di videocassetta terminò con il successo del **VHS** (il peggiore dei concorrenti) relegando il **Betamax** all'ambito professionale. Sembra che il

successo del formato più economico fosse stato determinato dalla sua adozione nel mercato semiclandestino USA dei film pornografici.



In campo audio, morto il **DVD Audio**, malato grave il **SACD**, sembra che il futuro della distribuzione di qualità su supporto fisico sia nel Blu Ray anche se si prevede una concorrenza agguerrita con il mercato della musica cosiddetta liquida distribuita via **Internet**.

Un problema di fondo di tutti i formati audio di qualità consiste nel fatto che le differenze sonore (presenti e notevole) con i formati più economici (CD e formati compressi) richiedono

per essere avvertite pienamente la presenza a valle di un impianto di alto livello qualitativo, **perfettamente messo a punto**.

Dal punto di vista dei lettori (tra le infinite combinazioni possibili) sono al momento significative le seguenti tipologie di apparecchi.

- Lettori solo **CD Audio** a due canali (talvolta questa è la scelta preferita dagli audiofili **puri e duri**).
- Lettori **CD** e **SACD** a due canali (in questa categoria rientrano molte macchine **top of the line**)
- Lettori **SACD** multicanale con possibilità di lettura dei **CD**
- Lettori **Blu Ray** universali capaci di leggere tutti i formati esistenti.

Per finire vediamo la foto di un lettore dell'ultimo tipo, balzato alla ribalta per il suo notevole rapporto qualità/prezzo

