

Els discs CD o DVD com a xarxa de difracció¹

Lorenzo Ramírez

Característiques dels CD

(<http://es.wikipedia.org/wiki/CD>)

Tot i que pot haver variacions en la composició dels materials emprats en la fabricació dels discs, tots segueixen un mateix patró: els discs compactes es fan d'un disc gruix, de 1,2 mm, de plàstic policarbonat, al qual se li afegeix una capa reflectant d'alumini, utilitzada per obtenir més longevitat de les dades, que reflectirà la llum del làser (en el rang espectre infraroig i per tant no apreciable visualment); posteriorment se li afegeix una capa protectora de laca, mateixa que actua com a protector de l'alumini i, opcionalment, una etiqueta a la part superior. Els mètodes comuns d'impressió en el CD és la serigrafia i la impressió Offset. En el cas dels CD-R i CD-RW s'usa or, plata i aliatges de les mateixes que per la seva ductilitat permet als làsers gravar sobre ella, cosa que no es podria fer sobre l'alumini amb làsers de baixa potència.

Dades tècniques dels CD



Concepte	Valor
Resposta de mostreig	44,1 kHz
Quantificació	16 bit
Diàmetre	120 mm
Gruix	1,2 mm
Velocitat d'exploració	1,2 a 1,4 m/s
Velocitat de rotació	entre 200 y 500 rpm
Distància entre pistes	1,6 µm
Longitud d'ona del làser	0,78 µm

Característiques dels DVD

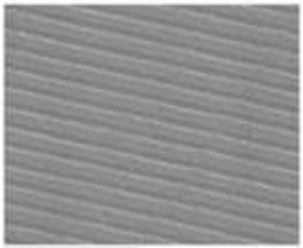
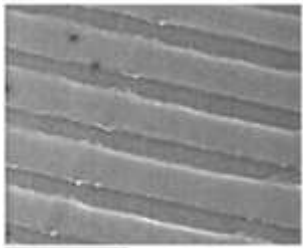
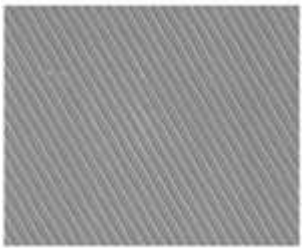
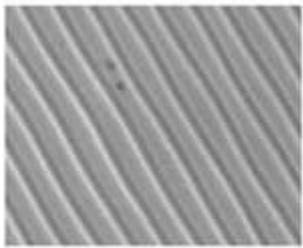
(<http://es.wikipedia.org/wiki/DVD>)

Un DVD té 24 bits i una velocitat de mostreig de 48.000 Hz. També cal destacar que un DVD té un rang dinàmic de 144 dB. Un DVD de capa simple pot guardar fins a 4,7 gigabytes segons els fabricants en base decimal i aproximadament 4,377 gigabytes reals en base binària o Gibibyte (se li coneix com DVD-5), al voltant de set vegades més que un CD estàndard. Empra un làser de lectura amb una longitud d'ona de 650 nm (en el cas dels CD, és de 780 nm) i una obertura numèrica de 0,6 (enfrent dels 0,45 del CD), la resolució de lectura s'incrementa en un factor de 1,65. Això és aplicable en dues dimensions, així que la densitat de dades física real s'incrementa en un factor de 3,3.

¹ Lorenzo Ramírez, 2009, <http://experimentaciollliure.wordpress.com/>

Separació entre pistes (línies) en els CD i DVD

A sota es mostren les imatges obtingudes amb un microscopi electrònic d'un CD-R i un DVD + R per científics de la Universitat d'Oviedo. Tant en un com en altre cas, el dispositiu té una capa de policarbonat, en la qual es troba impresa una pista en espiral. La separació entre pistes en voltes successives d'un CD és 1,6 µm, i d'un DVD, 0,74 µm. Aquestes línies tenen una disposició periòdica al CD i DVD i, per tant, poden servir com reixeta per a realitzar experiments de difracció.

		
cd verge 1000 augments	cd verge 5000 augments	cd verge 15000 augments
		
dvd verge 1000 augments	dvd verge 5000 augments	dvd verge 15000 augments
Pistes en un CD-R i DVD + R verges. Imatges preses amb un microscopi electrònic d'escombrat JEOL-6100. SCTs. Universitat d'Oviedo. (http://www10.uniovi.es/semanacyt2008/experimentando/luzycolor/experimentos/E5.html).		

Si la distància entre solcs en un CD és 1600 nm, vol dir que pot utilitzar-se com una reixeta de: $1.000.000/1600 = 625 \text{ lin/mm}$.

Si la distància entre solcs en un DVD és 740 nm, vol dir que pot utilitzar-se com una reixeta de: $1.000.000/740 = 1351 \text{ lin/mm}$.

Ull!!, aquests valors són aproximats ja que els diferents fabricants produeixen CD amb distàncies entre solcs de 1,6 µm, però uns poden tenir 1,63 i uns altres 1,58 µm, per exemple.

Característiques de l'espectre que s'obté amb CD i DVD

Poder de resolució. la resolució teòrica d'una reixeta és: $\Delta\lambda = \lambda/(k*N)$, on λ és la longitud d'ona, k és l'ordre de l'espectre (0 pel màxim central, 1 pel primer màxim, etc) i N és el nombre total de línies.

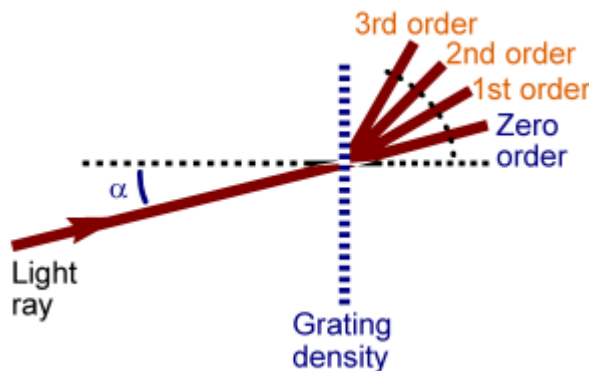
Com s'ha vist, el CD té aproximadament 625 línies per mm, de manera que el nombre total de línies és d'aproximadament $N = 625 \times 40 \text{ mm}$ (radi cobert de mitjana per la pista gravada en el CD són 4 cm) = 25.000 línies. Per tant, el poder de resolució d'un CD per l'espectre de primer ordre de les dues línies grogues del sodi és: $\Delta\lambda = 589,3/(1*25000) \sim = 0,024 \text{ nm}$. En principi, llavors aquest espectroscopi pot resoldre la línia D de sodi, ja que la diferència entre D1/D2 és 0,597 nm. I això és extraordinari, ja que és un poder de resolució tant gran com el dels espectròmetres comercials de mà i capaç de separar les línies D del sodi.

Tant en l'espectre per transmissió o per reflexió, si la llum incident és perpendicular a la reixa, es pot aplicar la fórmula:

$$d*\sin(\theta) = k*\lambda.$$

On k és un nombre enter, nombre d'ordre del màxim d' interferència, λ és la longitud d'ona, d és l'espaiat entre solcs o ratlles de la xarxa i θ és l'angle sota el qual es veu el màxim d'ordre k des de la direcció incident.

En el cas d'una reixeta de difracció feta amb un CD, per a la línia verda del mercuri, tenim que $\lambda = 546*10^{-9} \text{ m}$, i $k = 1$ per l'espectre de primer ordre, la qual cosa implica que $\theta = \arcsin(546*10^{-9}/1.6*10^{-6}) \sim = 19,9^\circ$. De la mateixa manera, si es fan els càlculs pels extrems de la llum visible (380 nm i 780 nm), tenim els angles en que es veurà l'espectre de primer ordre ($13,7^\circ$ i $29,2^\circ$, respectivament).



En el cas que la llum incident no sigui perpendicular a la reixa el càlcul és una mica més complicat i recomano utilitzar una calculadora directa en línia com Calctool (<http://www.calctool.org/CALC/phys/optics/grating>) que, en el cas dels CD i per un angle d'incidència de 60° dona un angle pel primer ordre de difracció de $-31,6^\circ$, que són els angles que s'utilitzen habitualment en la construcció d'espectroscopis de reflexió ja que l'espectre de reflexió es veu aproximadament en un angle de 90° respecte a la llum incident.

Els DVD. Com es ve remarcant, els DVD tenen aproximadament 1.351 línies/mm en front de les 625 línies/mm dels CD, per tant, en molts casos, les reixetes de difracció fetes a partir de DVD tindran avantatges respecte a les fetes amb CD ja que el seu poder de resolució és el doble.

Manipulació de CD i DVD per obtenir xarxes de difracció

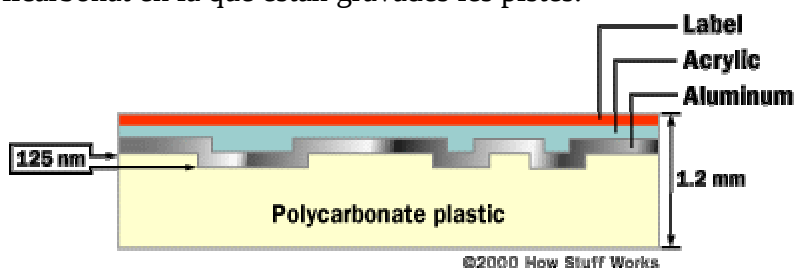
Xarxes per reflexió

Per fer xarxes de difracció per reflexió, en principi, serveixen tots els CD i DVD que es trobin, sobre tot si es volen fer experiències qualitatives, però els verges que no han estat cremats tenen una estructura més regular en tota l'extensió dels disc.

Es poden utilitzar sencers. També es poden tallar amb unes estisores per tallar papers i cartolines per obtenir xarxes més petites i aprofitar-los més. En el cas dels CD s'ha de parar compte al tallar si s'han comprat verges per què pot saltar la pel·lícula metàl·lica. En els DVD cap problema.

Xarxes per transmissió

Per convertir un Cd o un DVD en una xarxa de difracció per transmissió s'ha de separar la capa de policarbonat en la que estan gravades les pistes.



<http://electronics.howstuffworks.com/cd.htm/printable>

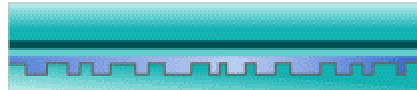
En el cas dels CD s'han de fer servir les comprats verges, cremats o no, ja que són on és més fàcil treure la capa metàl·lica. Per fer xarxes de difracció per transmissió amb DVD només serveixen els de 4.7 GB, d'una cara i capa simple, ja que en els de més capacitat no hi ha manera de separar les capes.

Treure la capa metàl·lica d'un CD. Si s'ha de tallar el CD el millor és començar per aquí. Es tallen el bocins de la mida que es desitgi i després hi ha dues possibilitats. Una, introduir un cúter o un ganivet molt esmolat entre la capa metàl·lica i el plàstic amb molta cura de no ratllar el policarbonat i es desenganxa la capa metàl·lica amb força facilitat. Dos, es talla un bocí de cinta d'embalar (millor la barata marró) i, pegant-la en la capa metàl·lica, es tira d'ella de manera que s'emporta la capa metàl·lica.

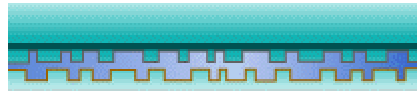
Si es vol el CD sencer s'ha de fer un tall a la cara del CD que té l'etiqueta amb un cúter o un ganivet molt esmolat, a la vora de la perifèria (1 mil·límetre), tot voltant el CD. El tall ha de ser superficial, no cal que travessi el CD. Ara hi ha les dues mateixes opcions d'abans que amb el bocí petit de CD.

Treure la capa metàl·lica d'un DVD. Ja s'ha dit que el DVD ha de ser dels de 4.7 GB. Aquests discos estan formats per dues capes de policarbonat, sent la que no porta l'etiqueta la que conté l'espiral de dades. Si es mira la cantonada del disc es veuen les dues capes. Per separar-les s'ha d'introduir amb cura un cúter o una fulla d'afaitar (agafada amb la mà protegida per un drap) entre aquestes dues capes. S'agafa el disc amb una mà protegida per un drap i amb l'altra es fa la incisió i es va fent una mica de palanca amb cura amb el cúter o la fulla d'afaitar, aconseguint que les dues capes es separin amb certa facilitat. En una de les capes es quedarà enganxada la capa metàl·lica. S'ha de procurar que sigui en la que conté l'etiqueta, perquè així la capa amb l'espiral gravada queda transparent. Si la capa metàl·lica es queda total o parcialment pegada al disc que interessa, s'ha de treure com s'ha indicat en el cas dels CD.

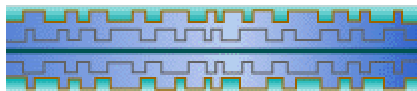
Single-sided, single layer (4.7GB)



Single-sided, double layer (8.5GB)



Double-sided, double layer (17GB)



©2000 How Stuff Works

<http://electronics.howstuffworks.com/dvd.htm/printable>