

PŁYTY KOMPAKTOWE

Wstęp



Zapis dźwięku na dysku (płyce) znany jest od bardzo dawna. Sposób zapisywania analogowy, polegający na odcisnięciu w tworzywie rowka o głębokości zależnej od wartości chwilowej dźwięku charakteryzuje się dużą podatnością na zakłócenia, wywołane np. zabrudzeniem płyty (trzaski, doprowadzające wielu melomanów do szału) i zniekształcenia, wywołane np. ograniczeniami konstrukcyjnymi (nierównomierność obrotu talerza, drgania, pasmo przetwornika). Jest poza tym mało trwały, co powoduje zniekształcenia proporcjonalne do zużycia.

Płyta kompaktowa (inne nazwy - dysk kompaktowy, fonodysk) jest pierwszym urządzeniem elektronicznym, w którym zastosowano cyfrowy zapis dźwięku. Ostatnie lata charakteryzują się niebywałym rozkwitem technik opartych o zapis optyczny na dyskach kompaktowych i pojawieniem się coraz to nowszych urządzeń wykorzystujących te techniki. Oprócz wcześniej znanych zastosowań, dotyczących typowych odtwarzaczy audio-CD, bezkontaktowy optyczny zapis informacji

znajduje szerokie wykorzystanie w aplikacjach multimedialnych, we wszelkiego rodzaju grach komputerowych, jako mapy terenowe i miejskie, słowniki i dane encyklopedyczne, przewodniki podróży i inne duże zbiory informacji nie podlegające ciągłym zmianom.



Główne **zalety systemu**, które zdecydowały o szybkiej karierze płyt CD:

- szerokie pasmo przenoszenia ze stałą charakterystyką
- duży odstęp sygnału od szumu
- n-ta kopia jest jakości oryginału
- b. duże tłumienie przesłuchów międzykanałowych
- małe wymiary,
- duża gęstość zapisu,
- wierność odtwarzania,
- odporność na zabrudzenia, zadrapania
- trwałość zapisu.

Rys historyczny

CD, czyli płyta kompaktowa, jest dzieckiem dwóch potężnych koncernów elektronicznych - europejskiego Philipsa i japońskiego Sony. Paradoksalnie powstała ona jako produkt uboczny, gdyż początkowe prace prowadzone w laboratoriach Philipsa na temat optycznego zapisu informacji dotyczyły systemu rejestracji obrazów telewizyjnych, znanego jako Laser Vision - LV.

Pierwszy laboratoryjny model tzw. **dyskowidu** zaprezentowano już w 1972 roku. Prace nad rejestracją płytową obrazu zostały jednak przyhamowane ze względu na ogromny wzrost popularności, a co za tym idzie komercyjny sukces systemu magnetowidowego. Powstała koncepcja, by nabyte doświadczenia dotyczące zapisu optycznego wykorzystać właśnie w dziedzinie rejestracji dźwięku na płycie.

Współpraca firm zaowocowała powstaniem systemu Compact Disk, opartego już wtedy o 16-bitową modulację PCM, zastosowanie nowego rodzaju kodu korekcji błędów CIRC i specjalnego kodu kanałowego EFM. Pierwsza publiczna prezentacja odtwarzacza CD nastąpiła w 1980 roku, a za autorów rozwiązania uważa się Holendra Lodewijka Ottensa i Japończyka Toshidatę Doi.

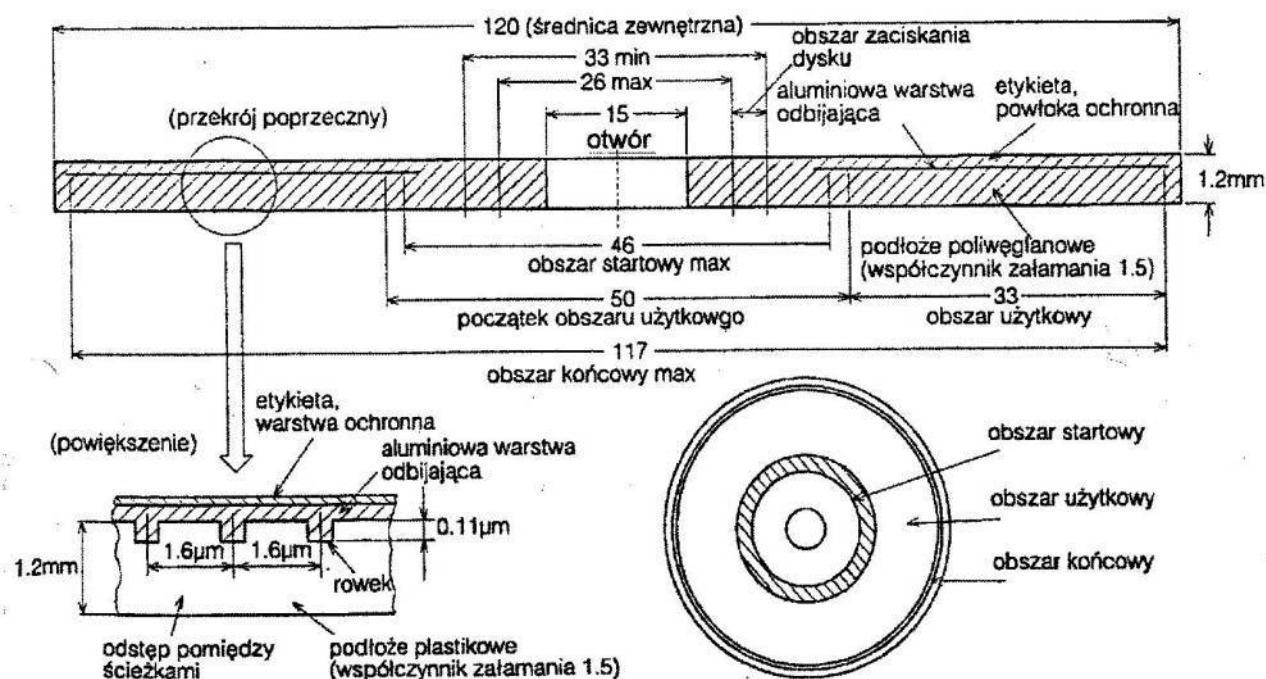
Wylansowana z powodzeniem płyta kompaktowa nosiła oficjalną nazwę **CD-DA** (Compact Disk Digital Audio). Dla zapewnienia zgodności systemu, w oparciu o który wielu producentów zaczęło wytwarzać już nowe wyroby, opracowano zbiór podstawowych ustaleń i parametrów. Format CD-DA był tak dobrze przemyślany i opracowany, że nie tylko (co jest wielką rzadkością) został przyjęty jako znormalizowany system światowy, ale także stanowi do tej pory bazę dla kolejnych opracowań i ustaleń nowych standardów. Stało się to głównie

z powodu perspektywicznie sformułowanych założeń. Na płycie, która miała pierwotnie służyć zapisowi muzyki, przewidziano już wówczas możliwość rejestracji dodatkowych danych. Umożliwiło to wykorzystanie płyty kompaktowej w wielu innych zastosowaniach.

Z niewielkim opóźnieniem w stosunku do CD-DA pojawiła się pamięć dyskowa **CD-ROM**, wykorzystywana w zastosowaniach komputerowych jako dodatkowy, zewnętrzny nośnik informacji masowej typu Read Only Memory (pamięć tylko do odczytu). Niedogodnością płyt o formacie CD-DA była niemożliwość powtórnego zapisu, czyli wykorzystania ich podobnie do kaset magnetofonowych. Szybki rozwój technologii umożliwił jednak zmianę tej sytuacji i wprowadzenie na rynek płyt i urządzeń umożliwiających powtórny zapis.

Funkcjonowanie płyty kompaktowej - system optyczny płyty CD-DA

Optyczna płyta kompaktowa z zapisem cyfrowym (CD) ma kształt krążka o średnicy 120 mm i grubości 1,2 mm, z otworem (załącznik 1).

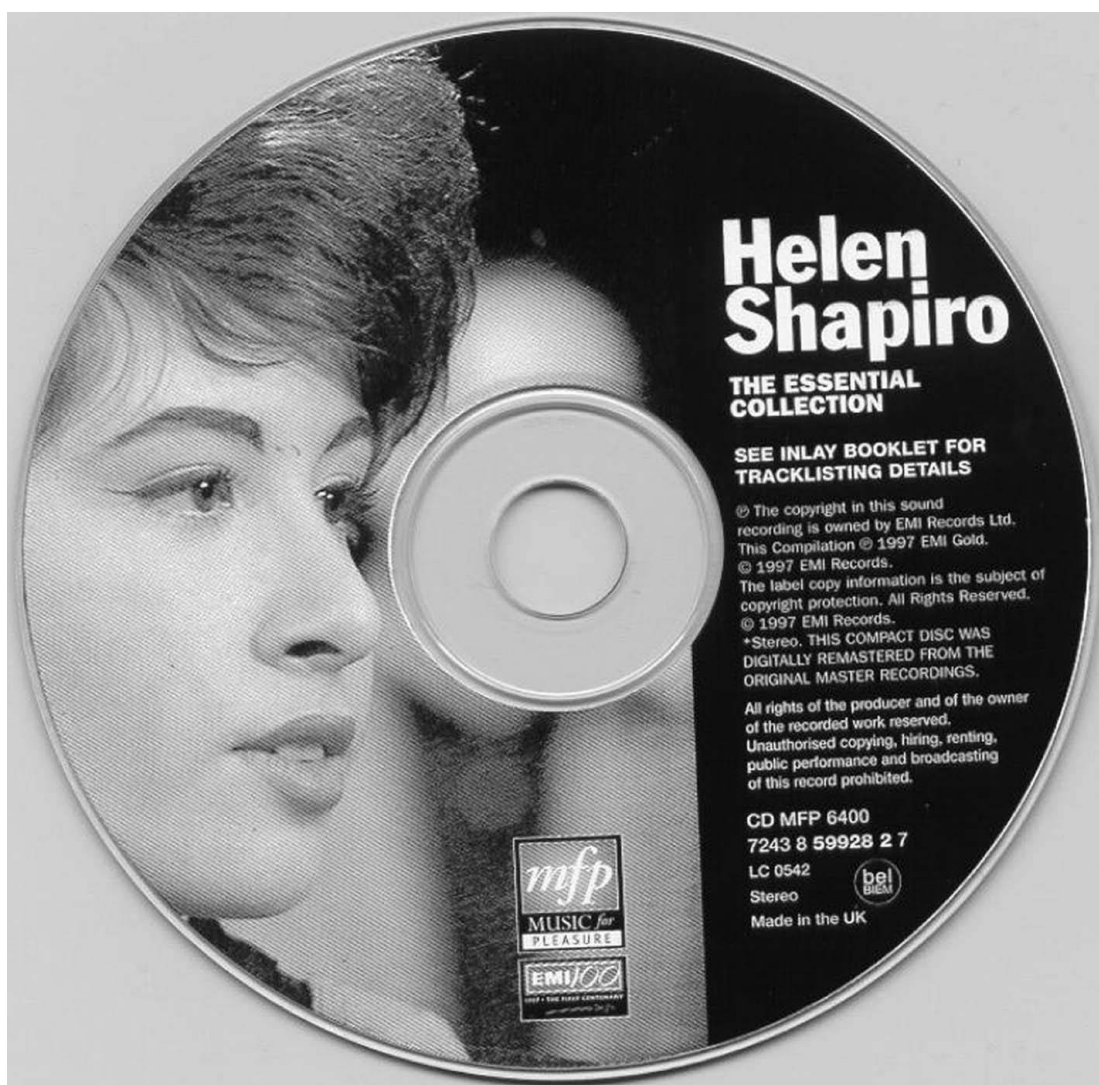


załącznik 1

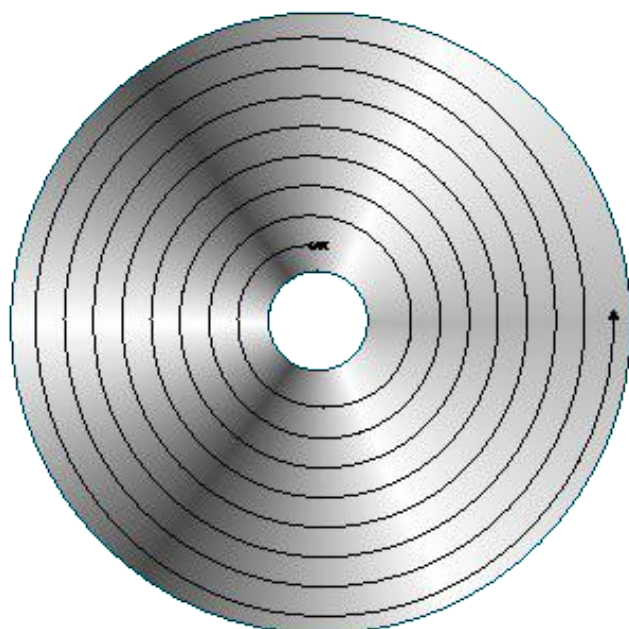
Składa się on z jednej strony z podłoża nośnego wykonanego z przezroczystego tworzywa sztucznego (polikarbonylu - inaczej poliwęglanu) o grubości prawie 1,2 mm - tworzywo to jest stosowane do wyrobu szkieł okularowych.

Na podłoże, będące jednocześnie warstwą ochronną, jest naniesiona odbijająca światło bazowa warstwa aluminiowa, która jest nośnikiem informacji. Warstwa ta jest niezwykle cienka i ma grubość ok. 50 nm.

Z drugiej strony płyty jest ona chroniona przez warstwę specjalnego lakieru o grubości 10 um, na której jest nadrukowana etykieta płyty.



Na bazowej warstwie informacyjnej są zakodowane dane w postaci mikroskopijnych zagłębień (z ang. pitów) o zmiennej długości i zmiennej odległości wzajemnej - głębokość pitu wynosi od 0,11 - 0,2 μm . Pity są umieszczone na spiralnej ścieżce, prowadzącej od wewnątrz na zewnątrz płyty.



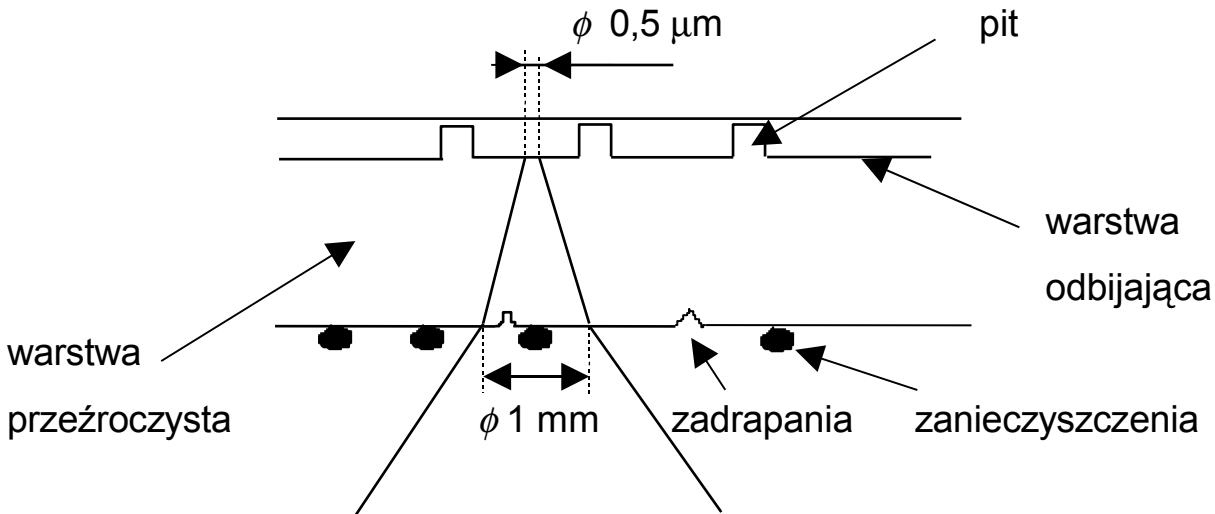
Odczyt zakodowanej informacji jest dokonywany za pomocą wiązki promieniowania laserowego, przedostającej się przez przezroczystą warstwę poliwęglanu i dokładnie zogniskowanej na informacyjnej powierzchni bazowej.

Przenikając do warstwy poliwęglanu wiązka laserowa daje na jego powierzchni zewnętrznej rozogniskowaną plamę o średnicy około 1 mm, podczas gdy na powierzchni bazowej średnica plamki świetlnej wynosi około 0,5 μm . Wybór soczewki ogniskującej o tak krótkiej ogniskowej jest podyktowany koniecznością miniaturyzacji rozmiarów odtwarzacza, a także potrzebą zmniejszenia wpływu ewentualnych zanieczyszczeń czy zarysowań powierzchni płyty na jakość odczytu.

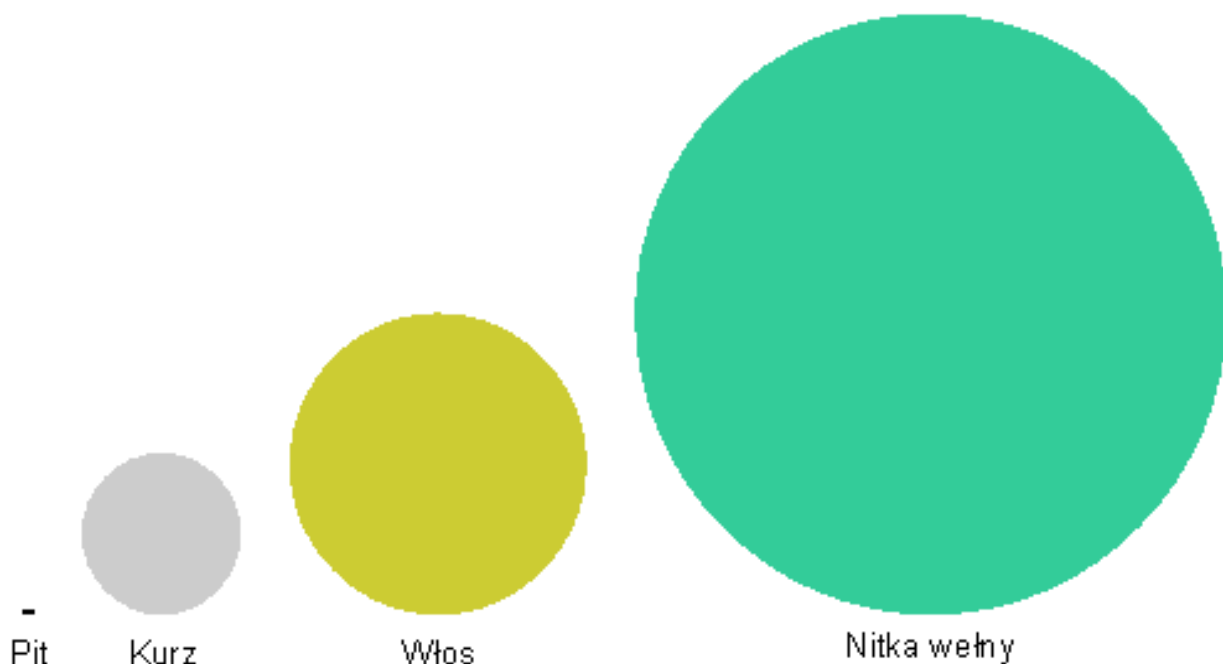
Wiązka laserowa ma na powierzchni warstwy ochronnej stosunkowo dużą średnicę w porównaniu ze średnicą plamki skupionej

na dnie pitu.

Mimo zastosowania kodu korekcyjnego CIRC jest to przyczyną niewielkiej wrażliwości dysku CD na zanieczyszczenia (nawet duże) czy zadrapania eksploatacyjne - rysunek.



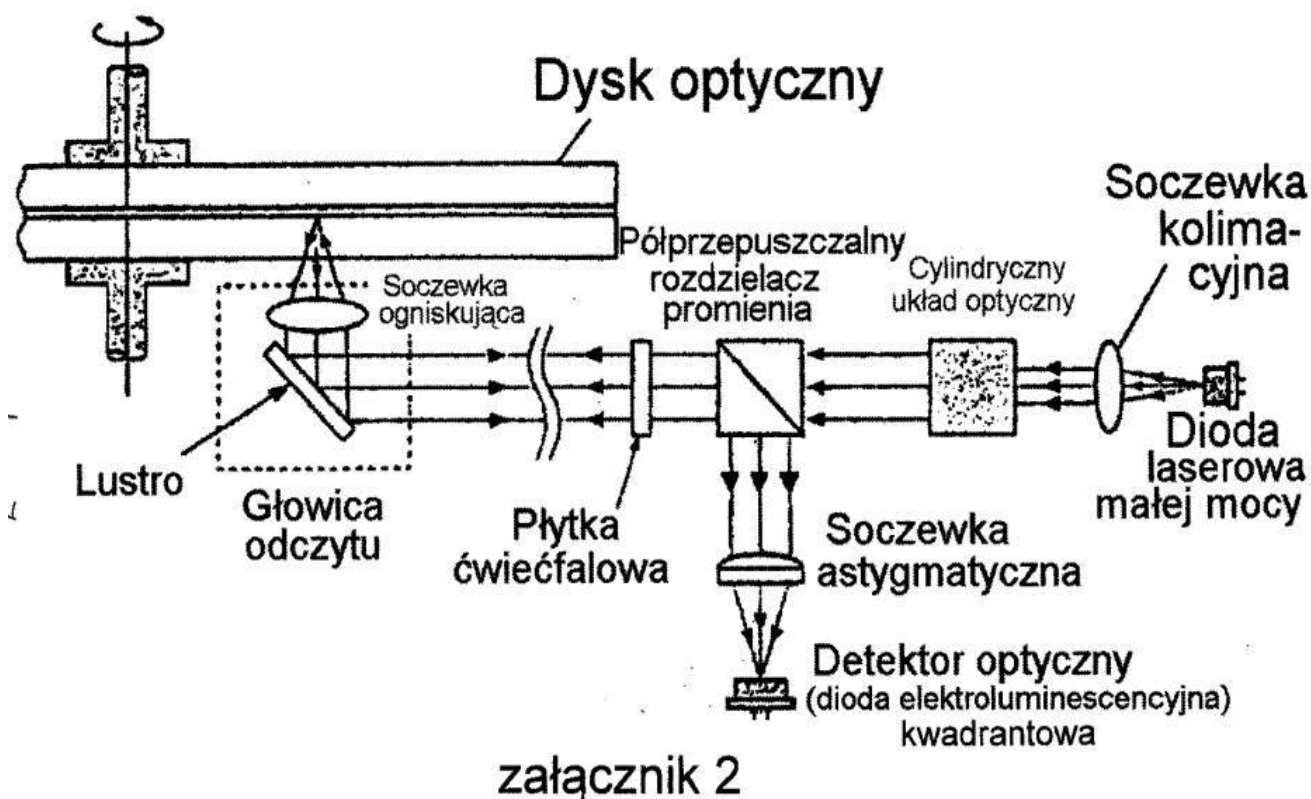
Z wielkości zogniskowanej plamki promieni laserowych, parametrów mechanicznych całości systemu oraz z ustalonej długości fali promienia laserowego ($\sim 760 \text{ nm}$ - podczerwień, chociaż stosują się coraz krótsze) wynika szerokość ścieżki (a zarazem szerokość pitów), wynosząca około $0,6 \mu\text{m}$ i odstęp pomiędzy ścieżkami mający wartość około $1,6 \mu\text{m}$.



Gęstość zapisanej informacji jest bardzo duża.

Ważne: Elementarna jednostka informacji zajmuje średnio powierzchnię ok. $1,1 \mu\text{m}$, tzn. na 1 mm^2 zawarto ok. 1,2 Mbit informacji. Dla lepszego zobrazowania gęstości zapisu informacji na płycie kompaktowej można dodać, że długość spirali na płycie o średnicy 12 cm wynosi około 6 kilometrów. Duża gęstość informacji pozwala na zapisanie ok. 80 min dźwięku stereofonicznego, przy zastosowaniu częstotliwości próbkowania 44,1 kHz, przy słowie 16-bitowym, prędkości zapisu ok. 1,3 m/sek i obrotach $200 \div 500 \text{ obr/min}$ z niemierzalną nierównomiernością. Charakterystyka częstotliwościowa jest ok. $20 \text{ Hz} \div 20 \text{ kHz}$, odstęp sygnału od szumu $>90 \text{ dB}$, tłumienie międzykanałowe $>90 \text{ dB}$, współczynnik zawartości harmonicznych $< 0,005 \%$.

Zasadę optycznego odczytu danych z płyty kompaktowej zobrazowano na załączniku 2.



Źródło promieniowania laserowego jest umieszczone w ognisku soczewki kolimacyjnej, zmieniającej wiązkę rozbieżną na równoległą o długiej ogniskowej. Wytworzona wiązka promieni jest zogniskowana na drugim końcu toru laserowego przez inną soczewkę umieszczoną tuż pod płytą kompaktową. Sterowanie położeniem tej soczewki zarówno w pionie, jak i w poziomie odbywa się elektromagnetycznie.

Specjalny układ optyczny, złożony z pryzmatów polaryzujących powoduje, że promienie pierwotne są przepuszczane bez przeszkód, natomiast promienie odbite od powierzchni bazowej są kierowane przez lustrzaną powierzchnię pryzmatu na fotodiodę. Promień laserowy, padający na występ na powierzchni bazowej płyty jest całkowicie odbijany i odczytywany przez fotodiodę. Natomiast promień napotykający na zagłębienie jest wygaszany z powodu tzw. rezonansu wewnętrznego.

Zjawisko wygaszania promienia odbitego od dna pitu polega na tym, że głębokość pitu jest równa $\frac{1}{4}$ długości fali promieniowania światła laserowego w warstwie poliwęglanu. Warstwa ta ma współczynnik załamania światła = 1,5. Zatem światło lasera o długości fali - 760nm = 0,76 μm w warstwie ochronnej ma długość fali = 0,76 : 1,5 = 0,5 μm . Pity mają głębokość ok. 0,11 ÷ 0,15 μm , co stanowi $\frac{1}{4} \lambda$ światła lasera. Pity te tworzą tzw. **rezonator wewnętrzny** dla określonej długości fali świetlnej. Wskutek interferencji pomiędzy falami odbitymi od dna pitu i płaszczyzny bazowej, następuje prawie całkowita eliminacja promieni odbitych od dna pitu. Dzięki temu prąd odczytu z diody detekcyjnej charakteryzuje się wyłącznie dwoma stanami binarnymi. Zatem światło padając raz na zagłębienie, raz na powierzchnię bazową płyty moduluje prąd diody detekcyjnej.

Z powyższego opisu wynika, jak istotną rolę spełnia precyzja działania serwomechanicznego systemu ogniskowania i naprowadzania na ślad oraz dokładność obrotów dysku. Aby sobie uświadomić, o jaką precyzję tu chodzi, wyobraźmy sobie płytę CD w 1000-krotnym powiększeniu. Wówczas średnica dysku wynosiłaby 120 m, odległość między sąsiadującymi zwojami spirali -1,6 mm, szerokość zagłębienia - 0,6 mm, a jego głębokość zaledwie dostrzegalna - 0,1 mm. Tak bardzo dużej dokładności śledzenia nie można zapewnić w drodze mechanicznej. Właściwości fizyczne poliwęglanu i narzędzi tłocznych przy nawet najlepszym przeprowadzeniu procesu produkcyjnego nie zapewniają tak ostrych tolerancji w zakresie niecentryczności dysku i falistości jego powierzchni.

Sygnal kontrolujący prędkość wirowania silnika obracającego dysk jest wytwarzany przez generator kwarcowy synchronizowany sygnałem taktującym **kodera**, zarejestrowanym w każdej ramce sygnału cyfrowego. Przy tej stabilności w odtwarzanym sygnale dźwiękowym nie występuje drżenie ani kołysanie dźwięku (ang. wow and flutter).

W systemie autokorekcji ogniskowania wykorzystano fotodiodę o specjalnej konstrukcji. Jej warstwa fotoczuła jest podzielona na 4 wzajemnie odizolowane sektory (dioda kwadrantowa).

Jeśli promieniowanie lasera jest zogniskowane prawidłowo, to jego część odbita pada równomiernie na wszystkie sektory. W przypadku niewłaściwego ogniskowania promieniowanie odbite oświetla nierównomiernie poszczególne sektory, co powoduje generację sygnału korekcyjnego służącego do podnoszenia lub opuszczania cewki obejmującej soczewkę ogniskującą. Na podobnej zasadzie działa system utrzymywania plamki na ścieżce zapisu.

W jednym z rozwiązań, uznanym za najbardziej niezawodne, korzysta się w tym celu z dwóch pomocniczych promieni laserowych utworzonych przez rozszczepienie dyfrakcyjne wiązki podstawowej. Plamki promieni pomocniczych przebiegają po jednej i drugiej stronie ścieżki zapisu, jedna przed, druga za, plamką sygnałową. Jeśli promień odczytujący zboczy ze śladu, to prądy wytworzone w dodatkowych sektorach fotodiody przez odbite wiązki pomocnicze stają się nierówne i układ korekcyjny przesunie odpowiednio głowicę z soczewką. Możliwości korekcji wynoszą zwykle około 100 średnic plamki wybierającej.

Zapis

Podstawowymi elementami informacji są zagłębienia (pity), naniesione na dysk w czasie procesu produkcji. Układają się one wzdłuż spiralnej ścieżki, rozwiniętej od środka na zewnątrz dysku. Szerokość zagłębienia waha się od 0,5 do 0,6 μm . Długość pitów zawiera się między 0,87 ÷ 3,18 μm .

Przy zapisie np. sygnału stereofonicznego dwa sygnały analogowe, L i P, są filtrowane (20 Hz ÷ 20kHz), po czym w czasie $T=1/44100$ s pobiera się dwie próbki, przetworzone na dwa słowa 16-bitowe, w ciągu L, P, L, P itp.

Szybkość transmisji wynosi zatem:

$$V_t = 2 \text{ (kanały)} \times 16 \text{ (bitów / słowo)} \times 44100 \text{ (słów / sek)} = \mathbf{1,41 \text{ Mbit/s.}}$$

* * *

Informacje na dysku są zgrupowane w bloki, nazywane ramkami. Każda ramka zawiera sub-kody, zawierające informacje dodatkowe oraz bity kontrolne umożliwiające korekcję błędów.

Subkody zawierają następujące informacje:

- liczba utworów zawartych na dysku
- numer odtwarzanego utworu
- czas trwania w minutach i sekundach
- nazwa producenta
- rok produkcji i numer serii.

Subkody mogą też zawierać informacje tekstowe, np. tekst piosenki, wykonawców, autorów, a także krótkie obrazy wizyjne.

* * *

Aby wyprodukować serię dysków CD-DA, należy najpierw wykonać matrycę, czyli „dysk - matkę”.

Zmodulowane światło lasera pada na obracającą się szklaną płytę, idealnie wypolerowana metodami stosowanymi w produkcji luster teleskopów kosmicznych. Płyta pokryta jest materiałem światłoczułym, o grubości $0,1\mu\text{m}$.

Zapis zaczyna się od środka płyty z prędkością 500 obr/min i kończy na obrzeżu z prędkością 200 obr/min.

Przy produkcji płyt z tej matrycy musi być zachowana bardzo duża czystość powietrza (jak przy produkcji układów scalonych, nie więcej jak kilkadziesiąt cząstek o średnicy $0,5\mu\text{m}$ / m^3 , w pomieszczeniu produkcyjnym panuje nadciśnienie). Cząsteczki dymu papierosowego mają średnicę do $6\mu\text{m}$.

Naświetloną płytę po wywołaniu trawi się w miejscach naświetlonych, po czym pokrywa elektrolitycznie bardzo cienką (przeźroczystą) warstwą srebra. Warstwę tę oddziela się od płyty i pokrywa warstwą niklu, która służy jako podłoże do wykonania grubszej matrycy ze stopów metali. Matryca służy do wytłaczania płyt z tworzywa.

Po wytłoczeniu i zastygnięciu zapis na tworzywie pokrywa się warstwą aluminium, która odbija światło lasera. Następnie pokrywa się to wszystko warstwą ochronną o grubości ok. 1,1 mm, wycina otwór z dokładnością $\pm 50 \mu\text{m}$ i obrabia krawędzie.

* * *

Rozwój technologii spowodował pojawienie się innych rozwiązań, umożliwiających zapis danych na płycie kompaktowej bezpośrednio przez użytkownika. Wśród tych rozwiązań można wyróżnić techniki z możliwością jednokrotnego zapisu oraz wielokrotnego zapisu.

Zapis jednokrotny

Jest to format nazwany CD-R (Compact Disk Recordable). Sposób zapisu jednokrotnego jest obecnie realizowany różnymi metodami (opiszemy trzy najczęściej stosowane).

Metoda 1. Bazowa powierzchnia odbijająca płyty pokryta zostaje mikroskopijnymi pęcherzykami gazu wydobywanymi ze specjalnej domieszki przez promień laserowy o podwyższonej energii. Zgrupowania tych pęcherzyków tworzą swojego rodzaju pity o innej zdolności załamania światła, co umożliwia rozróżnienie odbijanego przez nie światła wytwarzanego przez normalny już promień laserowy używany podczas odczytu.

Metoda 2. Inną metodą jest zastosowanie w miejsce aluminiowej warstwy bazowej materiału krystalicznego, zmieniającego swą strukturę na tzw. amorficzną, zmieniającą kąt odbicia promienia pod wpływem nagrzania przez promień świetlny o dużej energii.

Metoda 3. Można również wykorzystywać specjalne fotoczułe emulsje. Pomiędzy warstwą ochronną a odbijającą powierzchnią

bazową jest umieszczana warstwa fotoczułego pokrycia. W charakterze bazowej powierzchni odbijającej jest tu stosowany specjalny stop złota. Podczas operacji zapisu wysokoenergetyczna wiązka laserowa zapisu jest ogniskowana na powierzchni naniesionego pokrycia. Pod wpływem promieniowania materiał pokrycia odparowuje i powstają domeny o innym współczynniku pochłaniania światła. W ten sposób nanoszone są pity.

* * *

Ponieważ powinna istnieć możliwość wykorzystywania dysków CD-R w zwykłych odtwarzaczach, więc parametry warstwy odbijającej i rozpraszającej światło muszą być takie same, jak w klasycznych płytach z warstwą aluminiową.

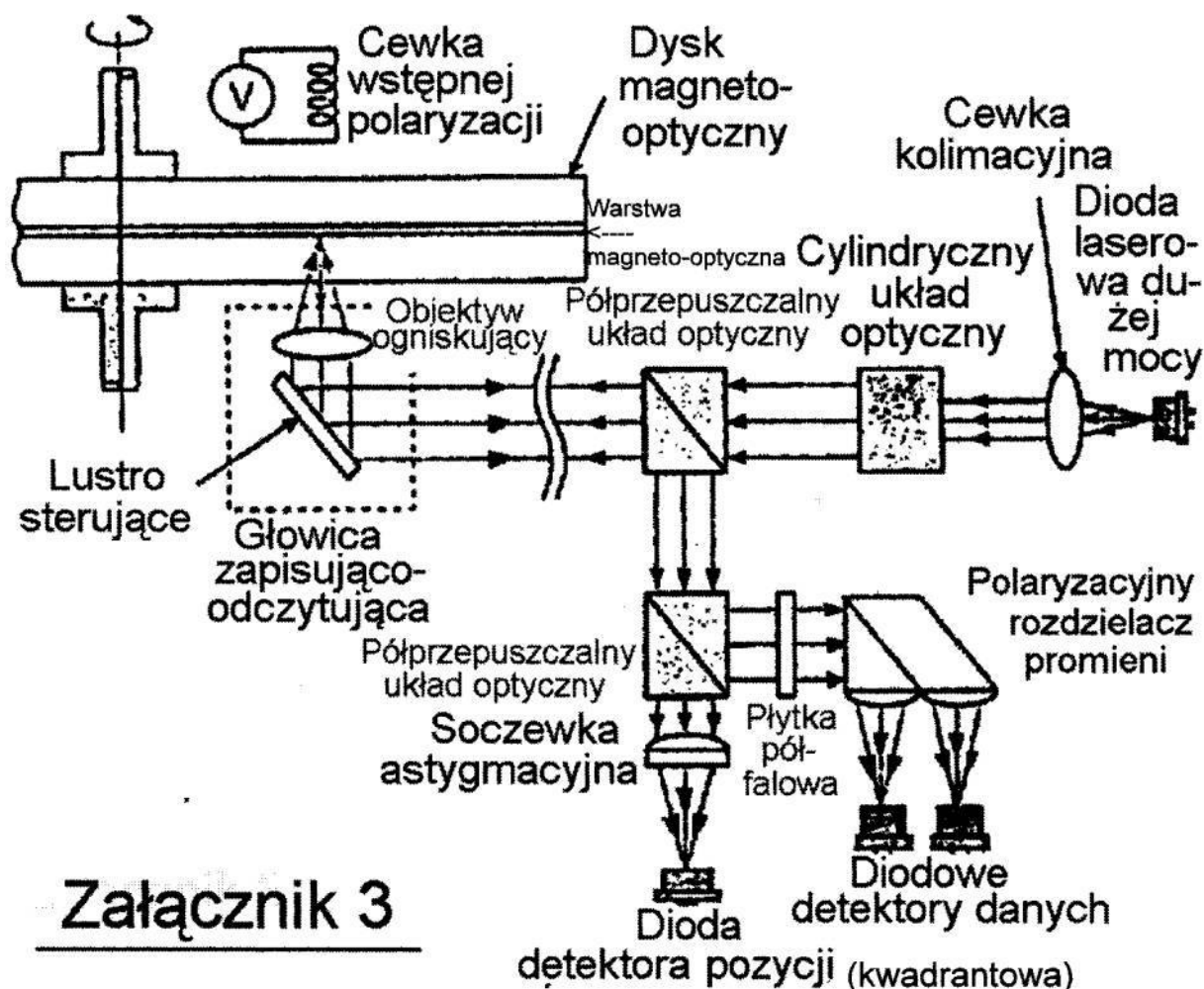
Zapis wielokrotny

Jest to format nazwany CD-RW (Rewriteable).

Sposoby wielokrotnego zapisu informacji na płytach kompaktowych są oparte na metodzie magneto-optycznej.

Także i w tym przypadku zasada tworzenia pitów polega na lokalnej zmianie struktury warstwy, tak aby padający promień laserowy odbijał się od niej pod innym kątem.

Jednakże w technikach magneto-optycznych musi istnieć możliwość przywrócenia struktury warstwy do stanu pierwotnego. Dyski tego typu zawierają terbowo-ferrytowo-kobaltową warstwę magnetyczną (załącznik 3).



Nad płytą znajduje się elektromagnes polaryzujący, którego wartość pola jest tak dobrana, by pod jego wpływem w normalnych warunkach nie była możliwa zmiana aktualnego stanu namagnesowania warstwy. Jeżeli jednak impuls laserowy pada na określony punkt warstwy, wówczas zostaje ona w tym miejscu podgrzana, co powoduje jej rozmagnesowanie. Podczas ochładzania ukierunkowanie magnetyczne tego mikroobszaru zmienia się zgodnie z kierunkiem przyłożonego pola magnetycznego i pozostaje już w nowym położeniu. Zmiana tego położenia może nastąpić po ponownym podgrzaniu warstwy przy równoczesnej zmianie kierunku pola magnetycznego.

Aby było możliwe rozmagnesowanie materiału, temperatura warstwy musi przekroczyć tzw. punkt Curie.

Podczas odczytu jest wykorzystywany efekt Kerra, polegający na

skręceniu płaszczyzny polaryzacji odbitego światła laserowego w zależności od stanu namagnesowania nośnika. Odbita wiązka jest przepuszczana przez filtr polaryzacyjny, który kieruje ją, w zależności od zawartości śladu, do jednego z dwóch fotodetektorów, gdzie po analizie porównawczej jest oceniana zawartość bitowa odczytywanej informacji.

Płyty magneto-optyczne można zapisywać i kasować do miliona razy.

MiniDisc

W urządzeniach tych są stosowane dyski magneto-optyczne o średnicy 2,5 cala (64 mm).

Przy tak małych rozmiarach nośnika, dla zachowania podobnego jak w dyskach o średnicy 12 cm łącznego czasu odtwarzania całej płyty (ok. 74 min), zastosowano specjalną metodę kompresji danych ATRAC.

Wrażliwość na wstrząsy, która jest najpoważniejszą wadą wszystkich odtwarzaczy CD, wyeliminowano dzięki zastosowaniu buforowej pamięci RAM o dużej pojemności. Dane po odczycie i zdekodowaniu napływają z szybkością około 1,4 Mb/s, podczas gdy system wymaga zwykle strumienia danych o szybkości przepływu 0,3 Mb/s. Dzięki temu tworzy się zapas informacji, który jest czasowo przechowywany we wspomnianej pamięci buforowej, noszącej nazwę Shock-Proof-Memory. Pamięć ta jest aktualizowana na bieżąco i może pomieścić kilka sekund zapisanego na płycie materiału fonicznego. Jeżeli pod wpływem wstrząsu funkcjonowanie układu naprowadzającego promień laserowy zostanie zakłócone, wówczas dzięki zmagazynowanemu zapasowi informacji odtwarzanie przebiega dalej

prawidłowo, a kilkusekundowy okres czasu w większości wypadków wystarcza do odszukania właściwego miejsca na dysku i wznowienia odczytu.

Szybkość obrotowa nośnika

W wirujących nośnikach informacji są wykorzystywane dwie podstawowe metody stosowania prędkości obrotowych - CAV (Constant Angular Velocity) i CLV (Constant Linear Velocity).

W nośnikach opartych o metodę CAV wirujący dysk obraca się ze stałą prędkością kątową. Zasada ta znalazła zastosowanie na przykład w dźwiękowych płytach analogowych, komputerowych dyskach elastycznych, czy dyskach twardych. Realizacja systemu napędowego jest tu niezwykle prosta - silnik powinien obracać się ze stałą prędkością. Ślad zapisu na dyskach twardych czy elastycznych przebiega wzdłuż koncentrycznych, zamkniętych ścieżek. Ponieważ każda ścieżka ma jednakową pojemność bitową, a fizyczna długość każdej z nich ze względu na różny promień jest oczywiście inna - więc zastosowana musi być w tym przypadku różna gęstość zapisu na poszczególnych ścieżkach. Jest to pewna niedogodność tej formy zapisu, ponieważ efektywna gęstość zapisu całego dysku jest określona gęstością najbardziej wewnętrznej ścieżki.

Na nośnikach optycznych jest stosowany zapis typu CLV. Polega na tym, że wiązka laserowa podąża za śladem informacyjnym ze stałą prędkością liniową. Oznacza to w konsekwencji, że prędkość obrotowa silnika napędzającego zmienia się w zależności od położenia głowicy odczytującej. Tak więc w przypadku odczytu danych z wewnętrznych rejonów płyty prędkość obrotowa jest mniejsza niż podczas odczytu

ścieżki położonej bliżej zewnętrznej krawędzi nośnika.

Niewątpliwa korzyść takiego rozwiązania leży w pełnym wykorzystaniu fizycznych możliwości ustalonej gęstości zapisu na całej powierzchni płyty. Taki sposób zapisu szczególnie dobrze nadaje się do rejestracji strumieni informacji ze swej natury ciągłych, jak to ma miejsce dla nośników danych audio czy video.

Dyski z zapisem CLV posiadają jedną spiralną ścieżkę, która rozpoczyna się w środku nośnika i zmierza ku jego zewnętrznej krawędzi zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

Standardowa liniowa prędkość zapisu (jak już podawałem) wynosi 1,3 m/s, zaś prędkość obrotowa mechanizmu napędzającego zawiera się w granicach od 200 do 500 obrotów na minutę. Wielkości te mają swoje źródło w przejętych pierwotnych ustaleniach dotyczących zapisu CD-DA, będącego praojcem kolejnych przyjmowanych ustaleń i standardów. Prędkość ta jest obecnie określana jako "pojedyncza" (Single Speed).

Zapotrzebowanie na większe prędkości zapisu, jak to ma miejsce w zastosowaniach multimedialnych czy telewizji cyfrowej, spowodowały pojawienie się mechanizmów napędowych z podwójną, poczwórną, a ostatnio nawet kilkudziesięciokrotnie większą prędkością zapisu.

Uwagi eksploatacyjne

1. Płytę należy zakładać zawsze etykietą do góry
2. Najbardziej wrażliwym miejscem na uszkodzenie jest strona etykiety, gdyż warstwa ochronna ma po tej stronie grubość kilkudziesięciu mikrometrów.
3. Wyjmowanie z pudełka - nacisnąć na środek i podnieść.

4. Co jakiś czas przed włożeniem do odtwarzacza przeczyścić szmatką - kurz dostaje się do mechanizmu, wycierają się prowadnice i przeskakuje ścieżki. Czyścić tylko ruchem promienistym - najlepiej jednorazową chusteczka nasączoną specjalnym płynem czyszczącym.
5. Unikać zadrapań (ograniczona możliwość korekcji) i odcisków palców - przykleja się kurz.
6. Chronić przed nagraniem - słońce, kaloryfer, nie kłaść na wzmacniaczu - może się odkształcić.
7. Chronić przed dużą wilgotnością - uszkodzenia na krawędziach.
8. Nie przyklejać naklejek na etykiecie (poza dostarczonymi przez producenta) - uszkodzenie mechanizmu.
9. Raz przyklejonych etykietek nie odrywać.
10. Opisywać ew. miękkim pisakiem - nigdy ołówkiem lub długopisem.

DVD (Digital Versatile Disc – uniwersalny dysk cyfrowy)

Jest to płyta o wielkości standardowej płyty CD, ale o pojemności przewyższającej CD do 28 razy. Umożliwia to wykorzystanie DVD do zapisu pełnometrażowych filmów o jakości przewyższającej standardowy przekaz telewizyjny.

Główne zalety DVD to:

- możliwość zapisania dodatkowych informacji jak tytuły, informacje czasowe, dubbing, napisy, zabezpieczenia przed dziećmi, ujęcia z różnych kamer i wiele innych
- DVD z filmem na przykład pozwoli widzom wybrać kąt widzenia kamery, język na ścieżce dźwiękowej lub decydować o przebiegu akcji
- dostęp do tych danych jest możliwy poprzez menu na ekranie

telewizora.

Film lub program zarejestrowany na dysku DVD może być nagrany w więcej niż jednej wersji językowej (możliwe jest umieszczenie do 8 wersji). Dzięki temu można słuchać dialogów w języku ojczystym (jeśli jest dostępny) lub w oryginalnym języku filmu.

Dysk DVD może zawierać do 32 wersji językowych napisów. Mogą one pomóc w zrozumieniu filmu, jeśli dialogi nie są dostępne w ojczystym języku. Napisy pomagają także w uczeniu się języków obcych.

Z uwagi, że płyta DVD ma tak dużą pojemność, która pozwala na zapisanie pełnometrażowego filmu o bardzo wysokiej jakości z dźwiękiem w formacie Dolby Digital (AC3) lub MPEG, wielkie wytwórnie filmowe od początku wykazywały duże zainteresowanie tą technologią.

Pojawienie się DVD na światowym rynku to uwieńczenie sukcesem wieloletnich prac badawczych koncernu Matsushita. Wydarzenie to miało miejsce w listopadzie 1996 roku w Japonii, gdzie firma PANASONIC razem z firmą TOSHIBA wprowadziły do sprzedaży pierwsze na świecie odtwarzacze DVD.

Format DVD powstał w wyniku bezprecedensowego porozumienia osiągniętego pod koniec 1995 roku przez rywalizujące ze sobą grupy międzynarodowych koncernów. Konkurenci połączyli największe zalety swoich niezależnie opracowywanych projektów.

Nowa generacja czytników dysków optycznych odtwarza zarówno dyski CD, jak i DVD.

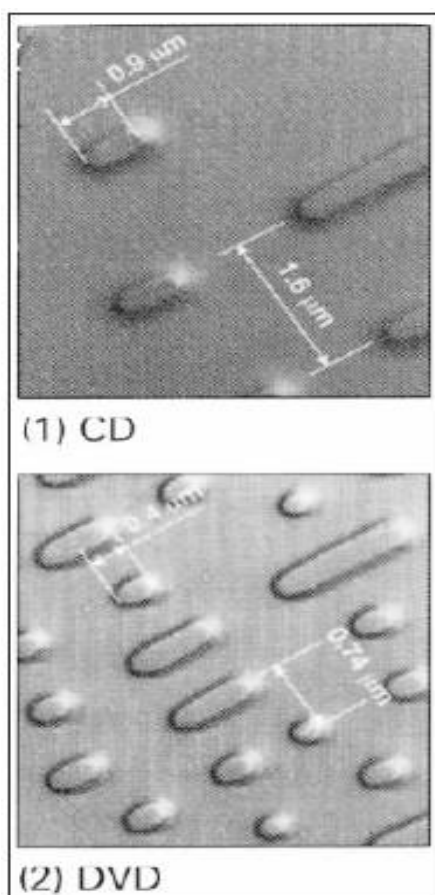
Ponadto odtwarzacze DVD odczytują dane z szybkością 11 mln bitów na sekundę, a więc dziewięciokrotnie szybciej niż pierwsze

modele CD (1,54 Mb/sek), ustanawiając w ten sposób nowy standard.

DVD jest standardem zapisu informacji pozwalającym na płycie o średnicy 12 cm (takiej jak standardowa płyta CD-AUDIO lub CD-ROM) przechować dane o pojemności do 17 gigabajtów.

GLÓWNE RÓŻNICE między CD i DVD

1. Po pierwsze, najmniejsze zagłębienia na dyskach DVD mają wymiary rzędu zaledwie $0.4\mu\text{m}$; odpowiednie zagłębienia na dyskach CD są znacznie większe - ich wymiary wynoszą od ok. $0.8\mu\text{m}$ do $3,5\mu\text{m}$. Ścieżki danych na dyskach DVD są oddalone od siebie tylko o $0.74\mu\text{m}$, podczas gdy na dyskach CD o $1.6\mu\text{m}$. Choć więc dyski DVD są tej samej wielkości co dyski CD, ich spirala zapisu danych ma przeszło 11km długości - około dwa razy więcej niż na CD.



2. Aby odczytać mniejsze zagłębienia, wiązka laserowa

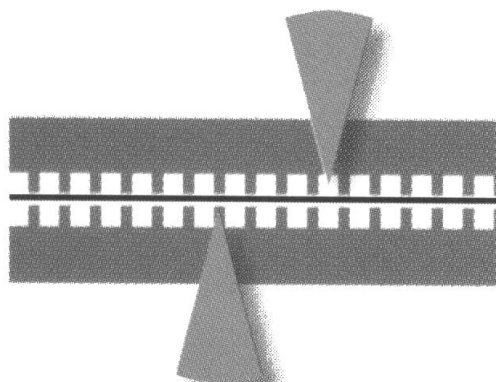
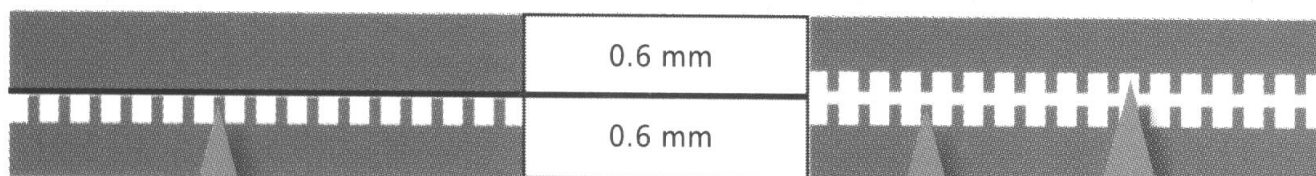
odtwarzacza DVD musi być bardziej skupiona niż w odtwarzaczach CD. W tym celu wykorzystuje się czerwony laser półprzewodnikowy o długości fali **635 ÷ 650** nm. Natomiast w odtwarzaczach CD używa się laserów podczerwonych o większej długości fali – **760 ÷ 780** nm. Ostatnio w technice DVD stosuje się lasery niebieskie, które pozwalają jeszcze bardziej zminiaturyzować wielkość zagłębień.

3. Odtwarzacze DVD wykorzystują soczewki o większej zdolności skupiania (większa średnica) niż soczewki w odtwarzaczu CD.

4. Chociaż dyski DVD i CD mają taką samą grubość (1,2mm), na DVD informacje przechowywane mogą być w dwóch warstwach, podczas gdy na CD tylko w jednej.

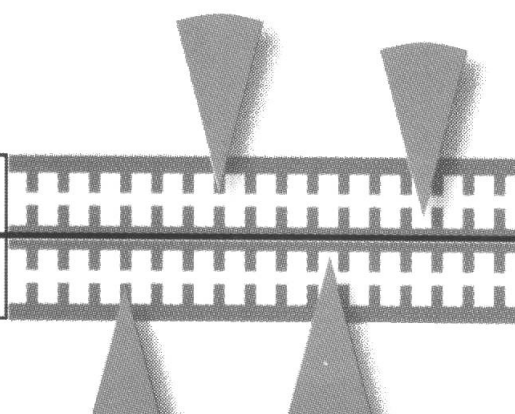
4,7 GB (ok. 2,2 godzin wideo)
jednostronny, jednowarstwowy dysk

8,5 GB (ok. czterech godzin wideo)
jednostronny, dwuwarstwowy dysk



9,4 GB (ok. 4,4 godzin wideo)
dwustronny, jednowarstwowy dysk

17 GB (ok. ośmiu godzin wideo)
dwustronny, dwuwarstwowy dysk



Warstwy informacyjne dysków DVD, czyli ich strony z zagłębieniami, przylegają do siebie wewnątrz dysku. W dysku wielowarstwowym górna warstwa informacyjna jest pokryta materiałem częściowo odbijającym, a częściowo przepuszczającym światło. Zdolność odbijania tej warstwy wystarcza, aby promień lasera mógł przeczytać istniejące w niej zagłębienia, natomiast dzięki odpowiedniej przepuszczalności może on odczytać zagłębienia w warstwie głębszej.

Gdy wiązka laserowa skupia się na zagłębieniach w dolnej warstwie informacyjnej, zagłębienia w górnej są poza ogniskiem, a więc nie powodują interferencji. (Aby zrównoważyć niewielkie, choć nie do uniknięcia, obniżenie jakości odtwarzania w takim rozwiązaniu, niezbędna jest redukcja pojemności do 8,5GB - dlatego właśnie dwustronny, dwuwarstwowy dysk DVD mieści około 17GB.)

Obie warstwy są sklejone klejem optycznym doskonałej jakości.

5. Dwuwarstwowa konstrukcja dysków DVD daje oprócz większej pojemności również inne korzyści: redukuje błędy wynikające z nachylenia dysku. Gdy powierzchnia dysku przestaje być prostopadła do promienia lasera, mogą powstać błędy odczytu. Nachylenie zmniejsza prawidłowość odczytu wprost proporcjonalnie do grubości podłoża. W dysku DVD wynosi ona zaledwie 0.6mm, co wpływa korzystnie na odczyt.

6. Dysk DVD jest również mniej czuły na inne rodzaje uszkodzeń. Przykładowo: nagłe zmiany temperatury czy wilgotności mogą spowodować pęcznienie lub kurczenie się plastikowego podłoża dysku DVD. Ale jego symetryczna konstrukcja sprawia, że zmiany w jednej warstwie przeciwdziałają zmianom w drugiej, zmniejszając zsumowany

efekt wpływów środowiskowych i minimalizując ostatecznie nachylenie.

7. Dyski DVD mają nie tylko więcej zagłębień niż dyski CD, ale też pozwalają upakować więcej informacji. Jest to możliwe dzięki ulepszeniom kodowania.

Techniki korekcji i kontroli (ECC - Error Correction and Control) minimalizują efekty błędów powstających podczas odtwarzania. Ich przyczyną może być kurz, rysy lub korozja.

Dzięki specjalnym algorytmom, które wyliczają dodatkowe bity danych są one zapisywane wraz z danymi użytkowymi. Te dodatkowe bity mają co prawda duże znaczenie, ale zmniejszają efektywną pojemność dysku. Mechanizm ECC jest jednak w formacie DVD bardzo skuteczny. Może na przykład poprawić błędny sygnał liczący do 2 tys. bajtów, co odpowiada około 4mm długości ścieżki.

W formacie DVD dane ECC zajmują około 13% pojemności dysku (w CD ok. 28%). W trakcie zapisu połączone dane użytkowe i dane ECC muszą być przekształcone w tzw. bity kodu modulacji, które są rzeczywistymi strumieniami bitów reprezentowanymi przez zagłębienia w dysku. Metoda kodowania dla formatu CD umożliwia przekształcenie 8 bitów użytkowych w 17 bitów kodu modulacji. DVD wykorzystuje lepszą metodę pozwalającą przekształcić 8 bitów użytkowych w zaledwie 16 bitów kodu modulacji z zachowaniem zalet CD.

8. Układ optyczny. Najprostsza konstrukcja polega na umieszczeniu dwóch soczewek w pojedynczej głowicy optycznej - jednej dopasowanej do podłoża 1.2mm, drugiej do 0.6mm - a następnie ich mechanicznym przełączaniu w razie potrzeby.

Powstało również bardziej eleganckie rozwiązanie wykorzystujące pojedynczy układ optyczny z hologramem w środku. Wiązka laserowa przechodząca przez zewnętrzny pierścień soczewek omija hologram i skupia się odpowiednio do odczytywania mniejszych zagłębień na dyskach DVD. Około 1/3 wiązki odczytującej, która pada na środkową część pierścienia, jest skupiana zarówno przez soczewki, jak i hologram, tak by odczytać zagłębienia na grubszych dyskach CD.

9. Dyski są dwustronne. Wszystkie odtwarzacze i napędy odtwarzają dyski dwustronne, które jednak trzeba samodzielnie odwrócić. Żaden z producentów nie zapowiedział modelu odczytującego dwie strony bez ingerencji ze strony użytkownika.

Dla czytnika DVD nie ma różnicy, czy czyta płytę tłoczoną, czy RAM. Promień lasera przechodzi przez warstwę przezroczystą, dociera do warstwy refleksyjnej, odbija się i wraca do głowicy - tak samo w płycie tłoczonej zachowuje się land. Za to w obszarze amorficznym promień lasera jest zaginany - jak w przypadku pitu (wkłęsłe wytłoczenie) w płycie tłoczonej.

Dźwięk.

Płyta DVD nagrana „fabrycznie” ma część wizyjną nagraną w formacie MPEG-2, ale oprócz ścieżki filmowej na dysku mieści się zwykle sześć (maksymalnie 8) niezależnych kanałów dźwiękowych. Mogą one być zapisane w różnych formatach, np.:

1.LPCM czyli Linear Pulse Code Modulation – jest to udoskonalony format PCM który jest stosowany w odtwarzaczach CD. LPCM stanowi strumień nieskompresowanych danych o częstotliwości do 96 kHz i o

rozdzielczości 16, 20 lub 24 bitów. Maksymalna przepustowość danych – 6,1 Mb/s. Najczęściej korzysta się z tego formatu przy zapisie koncertów w systemie dwukanałowym (stereofonicznym).

2. Dolby Digital (AC3) opracowany przez Dolby Laboratories (Anglia) to system kodowania dźwięku przede wszystkim dla potrzeb przemysłu filmowego. Sygnały są skompresowane aż dwunastokrotnie. Częstotliwość próbkowania 48 kHz/16bit. Maksymalna przepustowość 640 Kb/s. AC3 wykorzystuje pięćpełno pasmowych kanałów (2 główne, centralny, dwa tylne) oraz szósty – kanał basowy przetwarzający dźwięki w paśmie do 120 Hz. Taki system zapisu dźwięku oznacza się często jako 5.1.

3. DTS (Digital Theater Sound). Jest to format proponowany przez firmy związane ze Stevenem Spielbergiem. Podobnie jak AC3 używa 6 kanałów w systemie 5.1. Jego zaletą jest czterokrotnie mniejsza kompresja danych (3:1), dzięki temu jakość dźwięku jest lepsza. Częstotliwość próbkowania 48 kHz, próbkowanie 16 bitów, a maksymalna przepustowość danych 1378 Kb/s.

4. MPEG Multichannel. Jest o system alternatywny do AC3, ma jednak możliwość kodowania większej liczby kanałów, nawet do 8 (system 7.1). Częstotliwość próbkowania 48 kHz, rozdzielczość 16 bitów, maksymalna przepustowość danych 1378 Kb/s. Nie zyskał uznania producentów filmowych.

REGIONY DVD

Region DVD lub też **kod regionu** to kod maszynowy przypisany czytnikom DVD jak i płytom DVD-video w zależności od strefy ekonomicznej.

Regionalizacja dla płyt i czytników video jest swego rodzaju zabezpieczeniem przed piractwem, a przede wszystkim blokadą przed niekontrolowanym handlem filmami (importem tanich filmów z innych krajów). Komercyjne aspekty zmuszają użytkowników do zakupu płyt w jednym regionie zgodnie z kodem regionalizacji swojego odtwarzacza. Polska znajduje się w regionie opisanym kluczem nr **2** (Region drugi).

Wykaz regionów DVD-VIDEO



Nr reg.	KRAJE
0	Odtwarzane we wszystkich regionach
1	USA, Kanada, Bermudy
2	Europa, Bliski Wschód, Republika Południowej Afryki, Japonia, Egipt, RPA
3	Azja Południowo-wschodnia, Tajwan, Hongkong, Korea Płd.
4	Ameryka Środkowa, Ameryka Południowa, Australia, Meksyk, Nowa Zelandia
5	Federacja Rosyjska, Afryka (oprócz Egiptu i RPA), Indie, Pakistan, Mongolia, Korea Pn.
6	Chiny
7	Zarezerwowany do przyszłego użycia
8	Miejsca międzynarodowe, m.in. samoloty, promy, itp.

Obecnie regiony uznane zostały przez wielu za przeżytek, ponieważ odtwarzacze (starszej generacji) miały możliwość pięciokrotnej zmiany kodu (rozwiązanie miało charakter marketingowy, lecz wykorzystywane było często w celach domowych), a obecnie coraz więcej odtwarzaczy DVD, zarówno stacjonarnych jak i komputerowych opatrzonych jest kodem regionu **0** pozwalającym na odtwarzanie dowolnie zakupionego filmu. Istnieje również szereg programów komputerowych pozwalających na maskowanie kodu w DVD-ROM lub jego całkowite zdjęcie przy przegrywaniu (jeśli warunki użytkowania na kopiowanie zezwalają). Sceptycy wskazują na duży rozwój internetu i przyszłość w kupowaniu filmów w sposób pay per view (ang. *płać za oglądanie*) lub podobną możliwość zakupu filmów jak plików mp3.

Pomimo to nowe odtwarzacze Blu-ray również zostały wyposażone w ograniczenia regionalne (3 regiony).

Blu-ray Disc (BD) – konkurencyjny dla HD DVD format zapisu optycznego, opracowany przez Blu-ray Disc Association (BDA). Następca formatu DVD. Wyróżnia się większą pojemnością od płyt DVD, co jest możliwe dzięki zastosowaniu niebieskiego lasera.



Ten nowy typ nośnika pozwala na zapisanie 25 GB danych na płytach jednowarstwowych. W użytku są również płyty dwuwarstwowe o pojemności 50 GB. Istnieją płyty czterowarstwowe mieszczące do 100 GB oraz ośmiowarstwowe, na których można zapisać 200 GB informacji. Pioneer opatentował płytę szesnastowarstwową, która mieści do 400 GB danych. Do zapisywania na tym nośniku jest używany niebieski laser (w nagrywarkach DVD używany jest laser czerwony).

Podstawową różnicą pomiędzy tymi laserami jest długość fali – czerwony ma **650 albo 635 nm** (nanometrów), podczas gdy niebieski tylko **405 nm**. Mniejsza długość fali pozwala na zmniejszenie rozmiaru pitów, a co za tym idzie daje to możliwość gęstszego zapisywania danych na jednostce powierzchni nośnika.

Dysk Blu-ray ma dwie warstwy: pierwsza o grubości 1,1 mm, druga – zapisywalna – o grubości 0,1 mm. Minimalna długość wgłębienia wynosi 0,15 μm . Przerwa między ścieżkami to 0,32 μm , a średnica plamki lasera wynosi 0,48 μm . BD-ROM wymagają specjalnej, mocnej warstwy ochronnej dla ścieżki zapisu, która leży na głębokości zaledwie 0,1 mm.

Istnieją wersje BD-ROM (Read Only Memory), BD-R (Recordable) i BD-RE (REwritable, do 1000 zapisów).