



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI  
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



# KIẾN TRÚC MÁY TÍNH

Giảng viên: TS. Đoàn Thị Quế

Bộ môn: Mạng và an toàn thông tin

# Chương 6. Bộ nhớ ngoài

6.1. Đĩa từ

6.2. RAID

6.3. Ổ cứng trạng thái rắn

6.4. Bộ nhớ quang

6.5. Băng từ

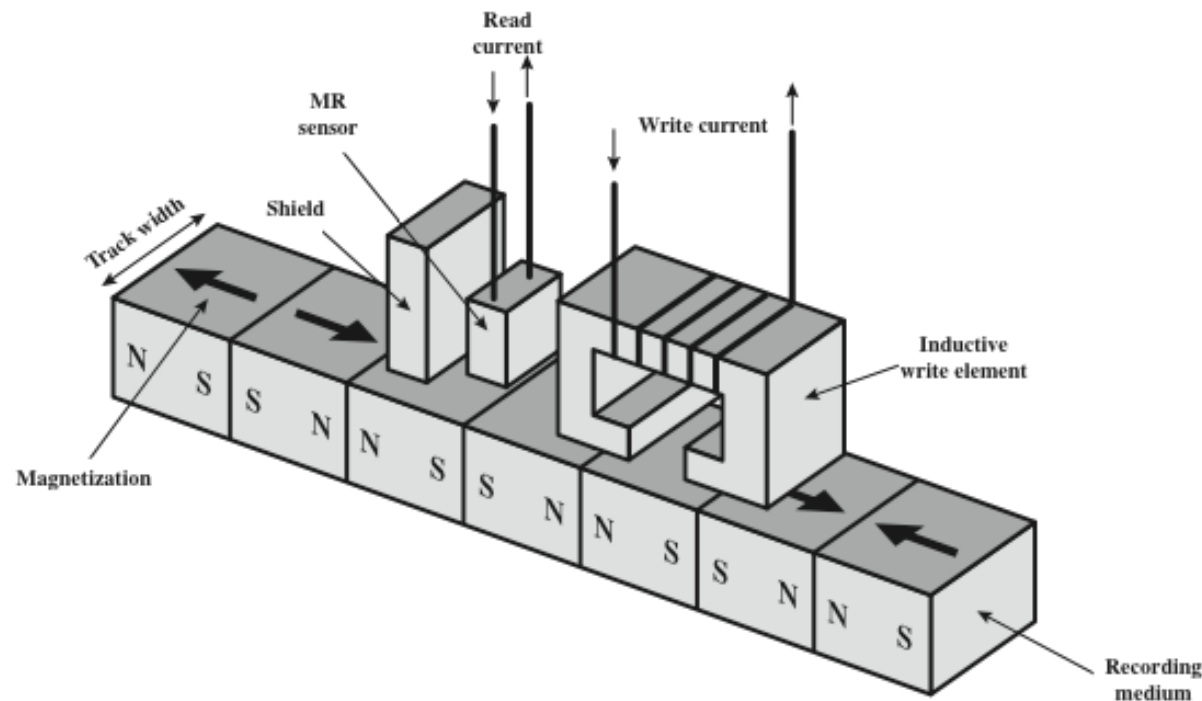
# 6.1. Đĩa từ

- Đĩa từ là một tấm *platter* tròn chế tạo bằng vật liệu không từ tính, được gọi là chất nền (**substrate**), được phủ một lớp vật liệu từ tính
  - Chất nền thường là vật liệu nhôm hoặc hợp kim nhôm
  - Gần đây người ta đưa chất nền thủy tinh
- Ưu điểm của chất nền thủy tinh:
  - Cải thiện tính đồng nhất của bề mặt phim từ để tăng độ tin cậy của đĩa
  - Giảm đáng kể các khiếm khuyết bề mặt để giúp giảm lỗi đọc-ghi
  - Cho phép khoảng cách đầu đọc và bề mặt gần hơn
  - Độ cứng tốt hơn nên giảm động lực đĩa
  - Khả năng chống sóc và hư hỏng lớn hơn



## a. Cơ chế đọc – ghi từ

- Dữ liệu được ghi vào, sau đó được lấy ra thông qua một cuộn dây dẫn gọi là đầu (head)
- Nhiều ổ đĩa thường thiết kế dạng 2 đầu: đầu đọc và đầu ghi riêng
- Trong quá trình đọc hoặc ghi, đầu đứng yên trong khi đĩa xoay bên dưới



## ■ Cơ chế ghi

- Cơ chế ghi khai thác thực tế là dòng điện chạy qua cuộn dây tạo ra từ trường
- Một dòng điện trong dây tạo ra một từ trường xuyên qua khe hở, từ đó từ hóa một khu vực nhỏ của bề mặt ghi (bề mặt từ tính)
- Đảo ngược chiều của dòng điện sẽ đảo ngược hướng từ hóa trên bề mặt ghi (bit 0 hoặc 1)
- Đầu ghi được làm bằng vật liệu từ hoá và có dạng hình chữ nhật với một khoảng trống dọc một cạnh và một vài vòng dây dẫn ở dọc cạnh đối diện

## ■ Cơ chế đọc

- Cơ chế đọc truyền thống khai thác thực tế là một từ trường chuyển động so với cuộn dây sinh ra dòng điện trong cuộn dây.
- Khi bề mặt đĩa đi qua đầu (head), từ trường được phân cực ở bề mặt đĩa sinh ra dòng điện trong cuộn dây. Hướng từ hóa (ứng với các bit 0 hoặc 1) khác nhau sinh ra dòng điện có chiều khác nhau.
- Cấu trúc của đầu đọc trong trường hợp này về cơ bản là giống như để viết và do đó có thể sử dụng cùng một đầu cho cả hai.
- Tuy nhiên, một số ổ cứng người ta dùng đầu đọc – ghi riêng cho phép hoạt động với tần số cao hơn và mật độ dữ liệu lớn hơn

## b. Bố trí dữ liệu và định dạng dữ liệu trên đĩa

- Dữ liệu được bố trí thành các vòng trên platter (gọi là các track). Độ rộng của track bằng độ rộng của head
- Các track ngăn cách bởi một rãnh (gap) để giúp giảm thiểu sai sót do sai lệch đầu hoặc nhiễu từ trường.
- Các track được chia ra thành các sector. Có hàng trăm sector trên một track.
- Dữ liệu được ghi vào và đọc ra từ các sector. Sector có thể có kích thước cố định hoặc thay đổi. Tuy nhiên, thông thường sector có kích thước cố định và bằng 512 byte.
- Giữa các sector cũng được ngăn cách bởi các rãnh

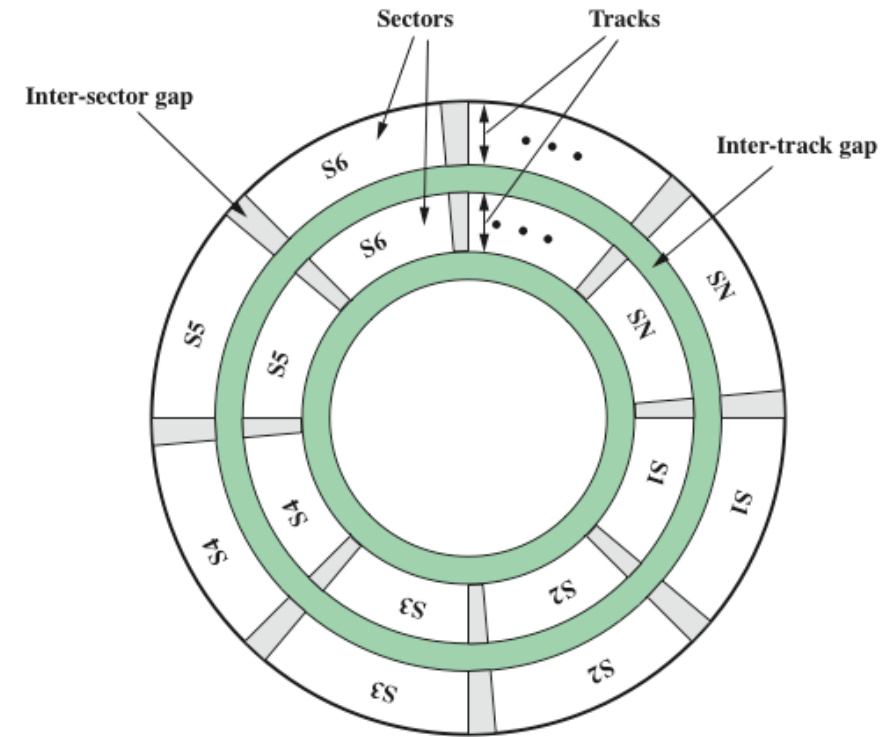
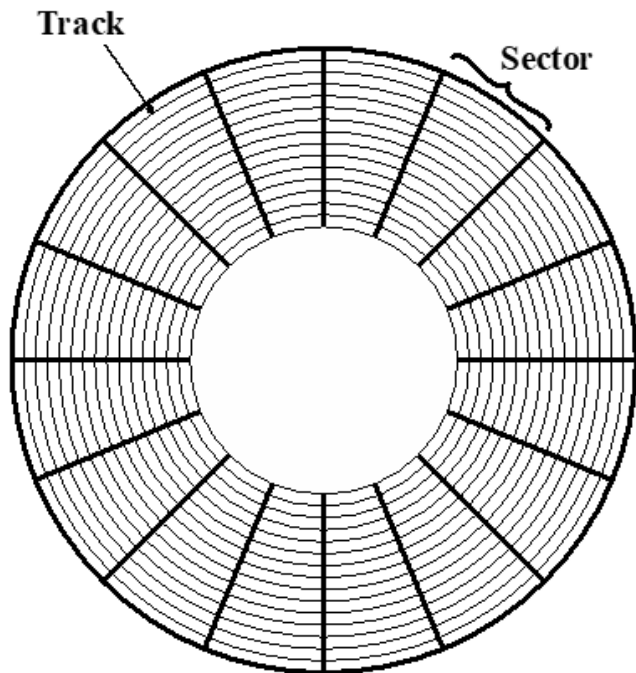


Figure 6.2 Disk Data Layout

# Sơ đồ phương pháp bố trí đĩa

- Có hai phương pháp bố trí đĩa
  - Vận tốc góc không đổi (CAV - constant angular velocity)
  - Ghi nhiều vùng (multiple zone recording)



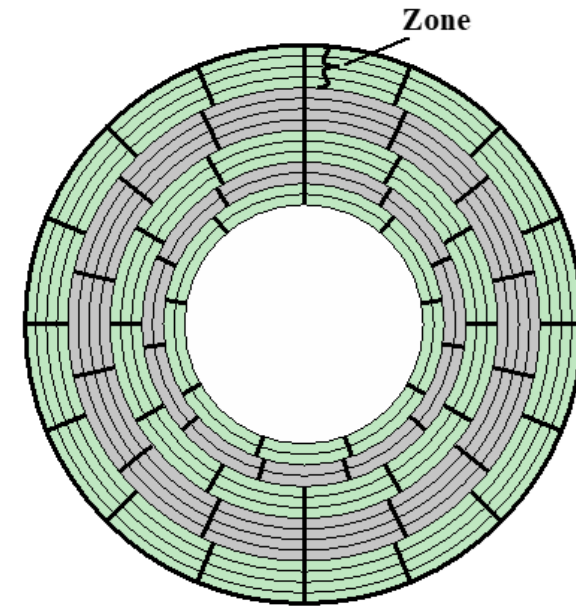
(a) Constant angular velocity

- **Vận tốc góc không đổi**
  - Số lượng sector trên các track bằng nhau
  - Đĩa quay với vận tốc góc không đổi
  - Truy cập dữ liệu: đầu đọc di chuyển đến track chứa dữ liệu và chờ cho đến khi sector đó quay đến
  - Nhược điểm: số lượng sector ở các track bên ngoài (dài hơn) bằng các track bên trong (ngắn hơn)

# Sơ đồ phương pháp bố trí đĩa (tiếp)

## ▪ Ghi nhiều vùng

- Chia bề mặt thành nhiều vùng (zone) vành khăn (vùng đồng tâm) (thường là 16 vùng).
- Mỗi vùng chứa một số lượng các track liên kề
- Trong cùng một vùng, các track có số lượng bit như nhau.
- Các zone càng xa thì càng có nhiều sector hơn zone trung tâm.
- Dung lượng lưu trữ lớn hơn CAV
- Nhược điểm:
  - Mạch điện phức tạp hơn.
  - Thời gian đọc/ghi dữ liệu trên các track nằm trong zone khác nhau thì khác nhau

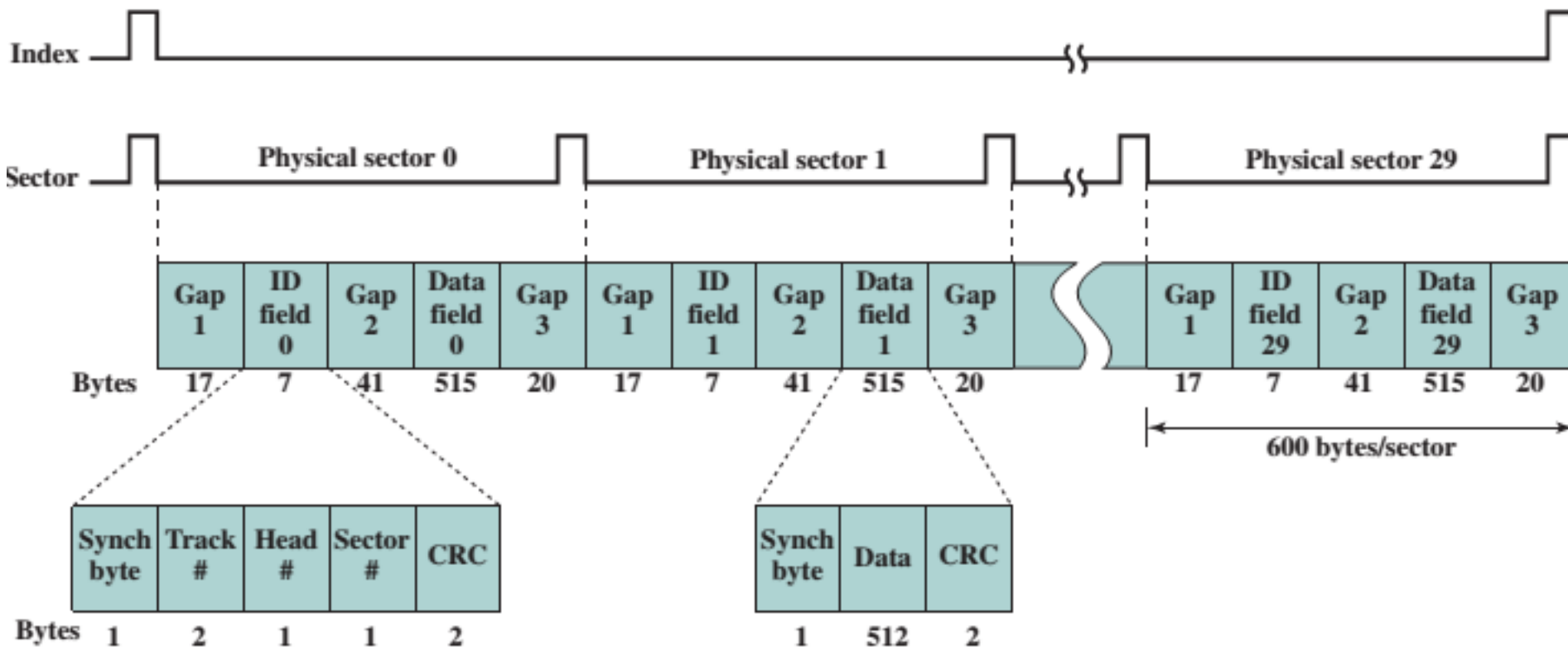


(b) Multiple zone recording



# Định dạng dữ liệu trên đĩa

- Một track thường có định dạng như sau (ví dụ với track có 30 sector):



# Định dạng dữ liệu trên đĩa (tiếp)

- Khi truy cập (đọc hoặc ghi) dữ liệu trên đĩa: đầu đọc sẽ được đặt ở vị trí đầu tiên của track
- Mỗi sector (kích thước 600 byte) chứa:
  - 512 byte dữ liệu, còn lại là thông tin điều khiển.
  - Trường ID: địa chỉ hoặc các thông tin để xác định 1 sector duy nhất
    - Synch byte: đánh dấu điểm bắt đầu một trường
    - Track number: xác định một track
    - Sector number: xác định một sector
    - CRC: mã sửa lỗi
- Các thông tin điều khiển chỉ được đọc và sử dụng bởi ổ đĩa, không được gửi ra ngoài.

# c. Đặc tính vật lý của hệ thống đĩa

- **Chuyển động đầu**

- Đầu cố định
- Đầu di chuyển

- **Tính di động của đĩa**

- Đĩa không tháo được
- Đĩa tháo được

- **Mặt**

- 1 mặt
- 2 mặt

- **Tấm platter**

- Đơn tấm
- Đa tấm

- **Cơ chế đầu đọc/ghi**

- Tiếp xúc (đĩa mềm)
- Rãnh cố định
- Rãnh khí động học  
(Winchester)

# Đặc tính vật lý

## Chuyển động đầu

- **Đĩa có đầu cố định**
  - Một đầu đọc-ghi cho mỗi track
  - Tất cả các đầu được gắn trên một cánh tay cố định kéo dài trên toàn bộ các track
- **Đĩa có đầu di chuyển**
  - Một đầu đọc-ghi
  - Đầu được gắn trên một cánh tay
  - Cánh tay có thể kéo dài hoặc rút ngắn được để đặt vào tất cả các track
- **Đĩa hai mặt**
  - Lớp phủ từ tính được phủ lên cả hai mặt của tấm platter

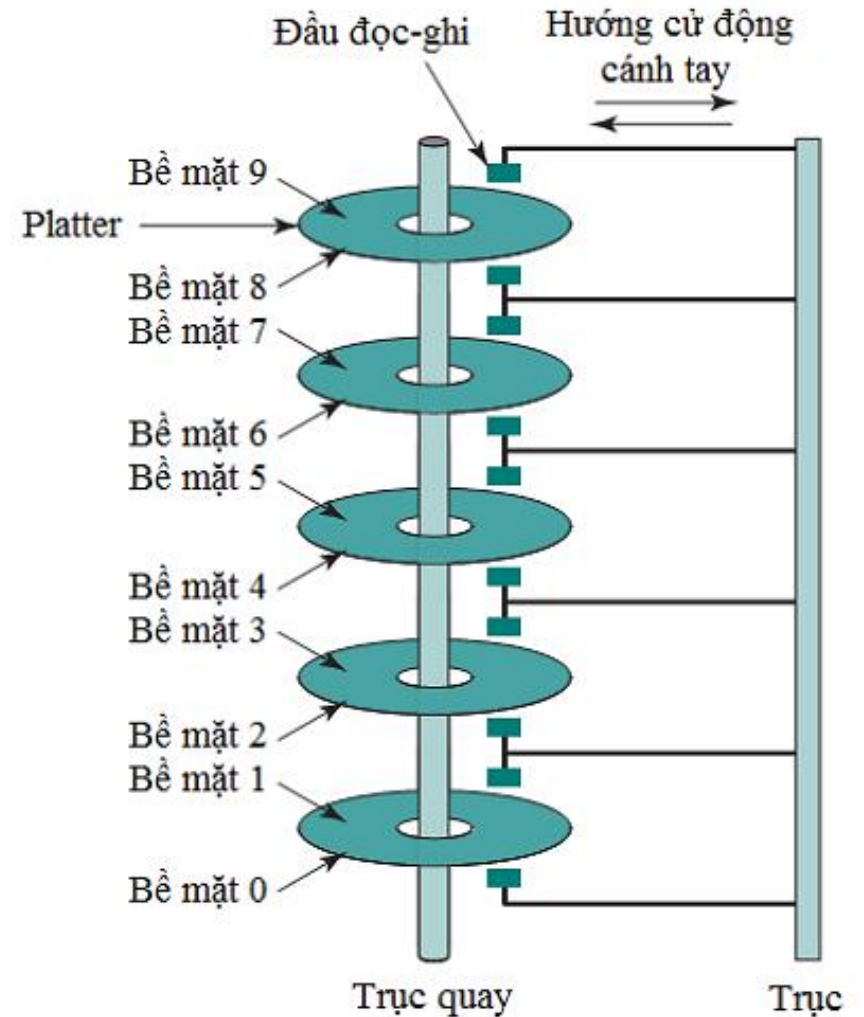
## Tính di động của đĩa

- **Đĩa không tháo được**
  - Gắn cố định vào ổ đĩa
  - Đĩa cứng trong máy tính cá nhân là đĩa không tháo được
- **Đĩa tháo được**
  - Có thể được gỡ ra và thay thế bằng một đĩa khác
  - Ưu điểm:
    - Dữ liệu không giới hạn
    - Đĩa có thể được di chuyển từ hệ thống máy tính này sang hệ thống khác
  - Ví dụ: đĩa mềm, đĩa cartridge ZIP

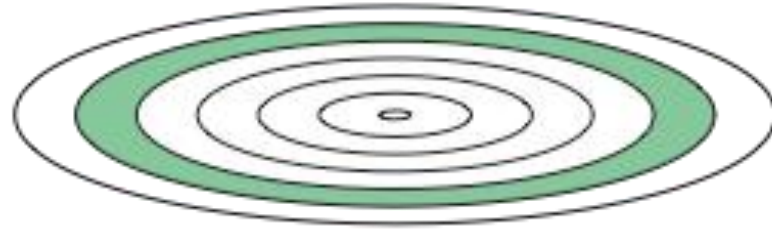
# Đặc tính vật lý (tiếp)

## Platter: đơn tấm hoặc đa tấm

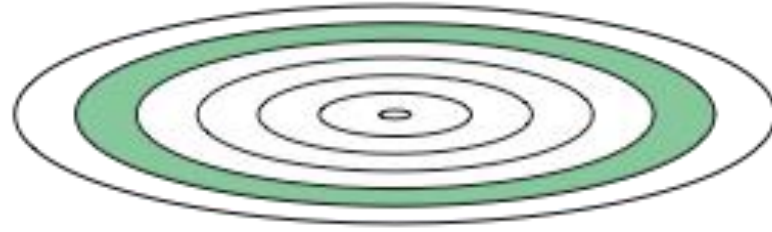
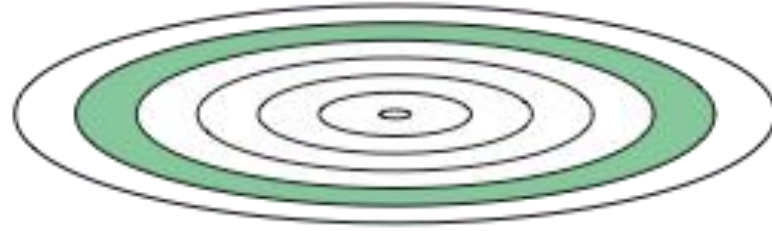
- Đơn tấm: một ổ đĩa chỉ gồm một tấm platter
- Đa tấm: một số ổ đĩa gồm nhiều tấm platter xếp chồng lên nhau. Một hệ thống gồm nhiều cánh tay có các đầu đọc/ghi cho mỗi tấm.
- Tất cả các head có cơ chế di chuyển cố định, cùng nhau. Tại cùng một thời điểm các head sẽ được đặt vào các track có cùng khoảng cách với tâm đĩa
- Tập các track như vậy được gọi là cylinder



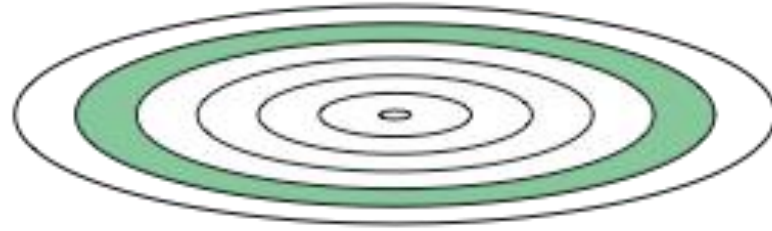
Hình 6.4 Các thành phần của ổ đĩa cứng



Tracks



Cylinders

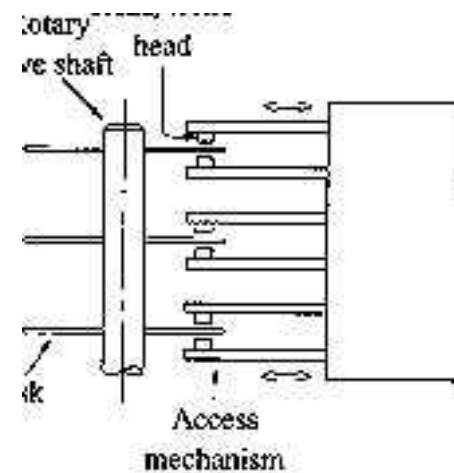


**Figure 6.6 Tracks and Cylinders**

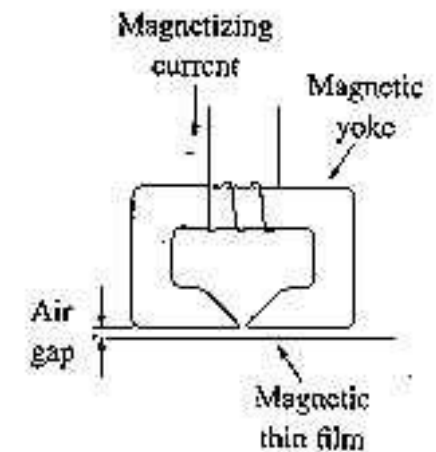
# Đặc tính vật lý (tiếp)

## Cơ chế đầu đọc/ghi

- Đầu phải tạo ra hoặc cảm nhận một trường điện từ đủ lớn để ghi và đọc đúng
- Đầu càng hẹp thì càng phải đặt gần bề mặt tấm platter để đảm bảo chức năng đọc/ghi. Đầu hẹp hơn nghĩa là các đường track hẹp hơn, do đó mật độ dữ liệu lớn hơn
- Đầu càng gần đĩa thì càng nhiều nguy cơ lỗi do tạp chất hoặc không hoàn hảo



(a) Mechanical structure



(b) Read/Write head detail

## ▪ Cơ chế hoạt động của đầu đọc/ghi: 3 loại đĩa

- Loại đĩa thứ nhất có đầu đặt cách platter một khoảng nhỏ (air gap)
- Loại thứ hai: đầu tiếp xúc với bề mặt đĩa. Đĩa mềm là loại này: dung lượng nhỏ, giá thành rẻ
- Loại thứ ba: đĩa Winchester
  - Được đóng gói kín, hầu như không có chất gây ô nhiễm
  - Head được thiết kế để hoạt động gần bề mặt đĩa hơn so với các đầu đĩa cứng thông thường, do đó mật độ dữ liệu lớn hơn
  - Thực chất head là một tấm foil khí động học đặt trên bề mặt tấm platter
  - Khi đĩa quay: áp suất không khí sinh ra sẽ nâng tấm foil lên khỏi bề mặt giúp tạo ra một khoảng cách đủ nhỏ giữa bề mặt và foil tránh tiếp xúc nhưng cho khả năng đọc/ghi tốt hơn



# Các thông số đĩa cứng điển hình

Bảng 6.2 Các thông số ổ đĩa điển hình

Đặc tính	Constellation ES.2	Seagate Barracuda XT	Cheetah NS	Momentum
Ứng dụng	Doanh nghiệp	Máy tính để bàn	Server ứng dụng	Máy tính xách tay
Dung lượng	3 TB	3 TB	400 GB	640 GB
Thời gian tìm kiếm trung bình	8.5 ms đọc 9.5 ms ghi	N/A	3.9 ms đọc 4.2 ms ghi	13 ms
Tốc độ quay trục	7200 rpm	7200 rpm	10, 075 rpm	5400 rpm
Độ trễ trung bình	4.16 ms	4.16 ms	2.98	5.6 ms
Tốc độ truyền tối đa	155 MB/s	149 MB/s	97 MB/s	300 MB/s
Byte/sector	512	512	512	4096
Track/cylinder (số lượng bề mặt platter)	8	10	8	4
Cache	64 MB	64 MB	16 MB	8 MB

## d. Các tham số hiệu năng

Các tham số để đánh giá hiệu năng của ổ đĩa gồm có:

- Để đọc hoặc ghi, đầu đọc phải được định vị ở rãnh mong muốn và ở đầu sector mong muốn trên rãnh
- **Thời gian truy cập (access time):** là khoảng thời gian cần thiết để định vị đầu (head) vào vị trí đọc/ghi (sector được đọc/ghi), bao gồm **thời gian tìm kiếm (seek time)** và **trễ quay (rotational delay)**
  - **Thời gian tìm kiếm (seek time):** khoảng thời gian đầu đọc/ghi di chuyển đến vị trí track mong muốn (với đĩa có đầu di chuyển) hoặc lựa chọn một đầu trên cánh tay (với đĩa có đầu cố định)
  - **Trễ quay (rotational delay):** khoảng thời gian sau khi đầu đặt ở track mong muốn đến khi đĩa quay đến sector mong muốn
- **Thời gian truyền (transfer time)**
  - Khi đầu vào vị trí, thao tác đọc/ghi được thực hiện bằng cách đầu sẽ đọc/ghi dữ liệu vào sector quay dưới nó. Khoảng thời gian truyền dữ liệu để thực hiện thao tác này được gọi là thời gian truyền

# Bài tập 1

Một ổ đĩa cứng 256GB có 65536 cylinder với 256 sector/track và 512B/sector. Các track liên tiếp trong một cylinder có thể được đọc mà không di chuyển đầu.

- a. Tính số lượng đĩa và số đầu đọc mà ổ đĩa này cần (đĩa hai mặt, có đầu di chuyển).
- b. Giả sử thời gian tìm kiếm trung bình là 11ms, thời gian trễ quay trung bình là 7ms, tốc độ đọc là 100 MBps (thời gian truyền). Tính thời gian trung bình để đọc 1 tệp có dung lượng 400KB từ đĩa. Giả sử tệp này được lưu trữ trong các sector liên tiếp và các track của các cylinder liên tiếp, bắt đầu từ sector 0, track 0, của cylinder  $i$ .

# Bài tập 2

Một ổ đĩa từ có 8 mặt, mỗi mặt có 512 track, 64 sector trên mỗi track. Kích thước sector là 1KB. Thời gian tìm kiếm trung bình là 8 ms, thời gian di chuyển giữa các track là 1.5 ms, ổ quay với tốc độ 3600 rpm (vòng/phút). Các track liên tiếp trong một cylinder có thể được đọc mà không di chuyển đầu.

- a. Dung lượng của ổ đĩa là bao nhiêu?
- b. Tính thời gian truy cập trung bình. Giả sử tệp này được lưu trữ trong các sector liên tiếp và các track của các cylinder liên tiếp, bắt đầu từ sector 0, track 0, của cylinder i.
- c. Tính thời gian cần thiết để đọc hoặc ghi một file dung lượng 5MB

# Đáp án Bài tập 2

a) Dung lượng ổ đĩa:  $1KB \times 64 \times 512 \times 8 = 256MB$

b)

- Trễ quay trung bình = thời gian quay  $\frac{1}{2}$  vòng =  $\frac{60}{3600 \times 2} = 8.3ms$
- Thời gian tìm kiếm trung bình là  $8ms$
- Thời gian truy cập trung bình = thời gian tìm kiếm trung bình + trễ quay trung bình =  $8 + 8.3 = 16.3ms$

c)

- Một ổ đĩa từ có 8 mặt > Mỗi cylinder có 8 track
- Mỗi cylinder có dung lượng =  $1KB \times 64 \times 8 = 512KB$ . Vậy  $5MB$  sẽ nằm trên 10 cylinder liên tục nhau.
- Vậy thời gian để đọc  $5MB$  bao gồm:
  - Thời gian tìm kiếm Cylinder đầu tiên:  $8ms$
  - Trễ quay trung bình (thời gian đi đến Sector 0):  $8.3ms$
  - Thời gian đọc hết một Cylinder = thời gian quay 1 vòng  $\times 8 = \frac{60}{3600} \times 8 = 133.3ms$
  - Sau khi đọc xong cylinder đầu tiên, đầu đọc mất  $1.5ms$  để di chuyển đến Cylinder tiếp theo để đọc dữ liệu:
- Như vậy, tổng thời gian trung bình để đọc  $5MB$  là:  
$$(8 + 8.3 + 133.3) + 9 \times (1.5 + 8.3 + 133.3) = 1425.5ms$$

# Chương 6. Bộ nhớ ngoài

6.1. Đĩa từ

**6.2. RAID**

6.3. Ổ cứng trạng thái rắn

6.4. Bộ nhớ quang

6.5. Băng từ

## 6.2. RAID

- RAID (Redundant Arrays of Independent Disks) là hình thức ghép nhiều đĩa cứng vật lý thành một mảng đĩa cứng
- Gồm 7 mức: từ 0 đến 6
- Các mức không thể hiện mối quan hệ thứ bậc mà là các kiến trúc thiết kế khác nhau có chung ba đặc điểm:
  - 1) Mảng đĩa cứng vật lý được hệ điều hành coi như một ổ logic duy nhất → **có dung lượng lớn**
  - 2) Dữ liệu được lưu trữ phân tán trên các ổ đĩa vật lý → **cho phép truy cập song song → tốc độ nhanh**
  - 3) Có thể sử dụng dung lượng dự phòng (redundant capacity) để lưu trữ các thông tin kiểm tra chẵn lẻ, cho phép khôi phục lại thông tin trong trường hợp đĩa bị hỏng → **an toàn thông tin**



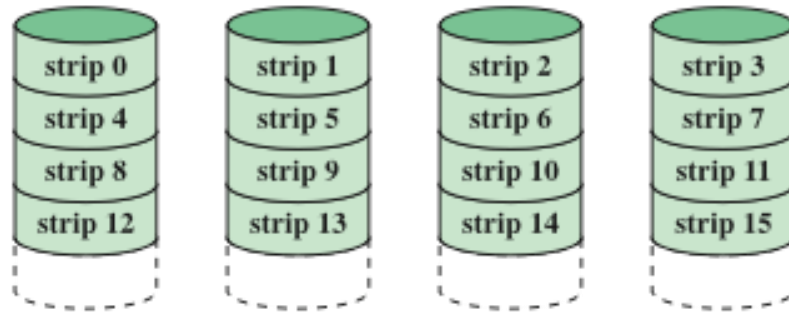


Bảng 6.3 Các cấp RAID

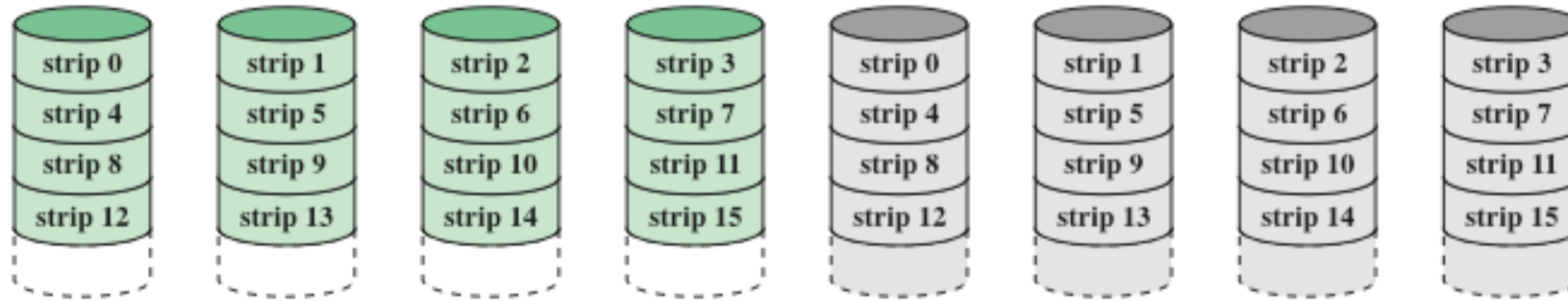
Loại	Cấp	Mô tả	Số đĩa cần	Độ sẵn sàng dữ liệu	Khả năng truyền dữ liệu vào/ra cỡ lớn	Tốc độ yêu cầu vào/ra cỡ nhỏ
Phân dải	0	Không dư thừa	$N$	Thấp hơn đĩa đơn	Rất cao	Rất cao đối với cả đọc và ghi
Nhân đôi	1	Nhân đôi	$2N$	Cao hơn RAID 2, 3, 4, hoặc 5; thấp hơn RAID 6	Cao hơn đĩa đơn đối với đọc; tương tự đĩa đơn đối với ghi	Gấp đôi đĩa đơn đối với đọc; tương tự đĩa đơn đối với ghi
Truy cập song song	2	Dư thừa nhờ mã Hamming	$N+m$	Cao hơn đĩa đơn; tương đương RAID 3, 4, hoặc 5	Cao nhất trong các cấp được nêu	Xấp xỉ gấp đôi đĩa đơn
	3	Parity xen kẽ mức bit	$N+1$	Cao hơn đĩa đơn; tương đương RAID 2, 4, hoặc 5	Cao nhất trong các cấp được nêu	Xấp xỉ gấp đôi đĩa đơn
Truy cập độc lập	4	Parity xen kẽ mức block	$N+1$	Cao hơn đĩa đơn; tương đương RAID 2, 3, hoặc 5	Tương tự RAID 0 đối với đọc; thấp hơn đáng kể so với đĩa đơn đối với ghi	Tương tự RAID 0 đối với đọc; thấp hơn đáng kể so với đĩa đơn đối với ghi
	5	Parity phân tán xen kẽ mức block	$N+1$	Cao hơn đĩa đơn; tương đương RAID 2, 3, hoặc 4	Tương tự RAID 0 đối với đọc; thấp hơn đĩa đơn đối với ghi	Tương tự RAID 0 đối với đọc; thấp hơn đĩa đơn đối với ghi
	6	Parity nhân đôi phân tán xen kẽ mức block	$N+2$	Cao nhất trong các cấp được nêu	Tương tự RAID 0 đối với đọc; thấp hơn RAID 5 đối với ghi	Tương tự RAID 0 đối với đọc; thấp hơn RAID 5 đối với ghi

Lưu ý:  $N$  = số lượng đĩa dữ liệu;  $m$  tỷ lệ thuận với  $\log N$

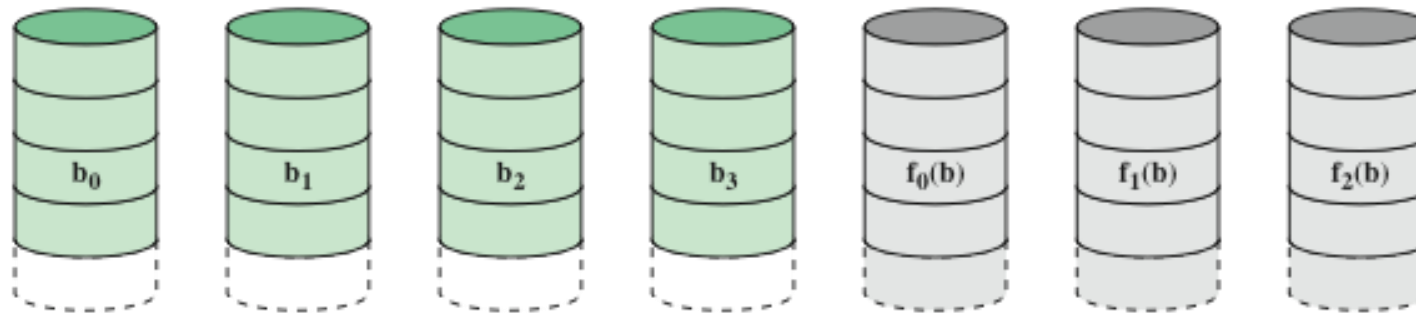
# RAID Levels 0, 1, 2



(a) RAID 0 (non-redundant)

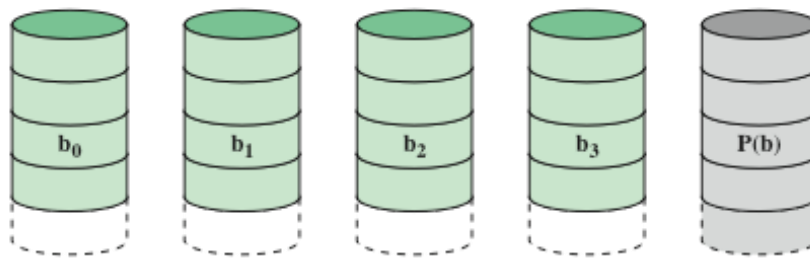


(b) RAID 1 (mirrored)

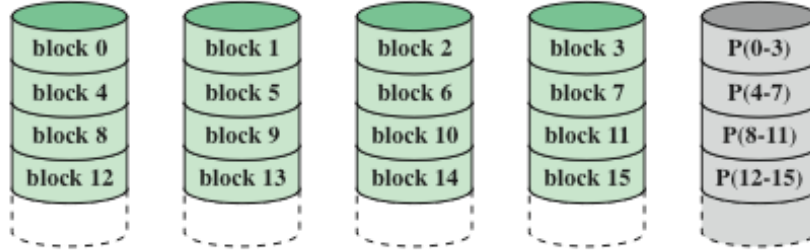


(c) RAID 2 (redundancy through Hamming code)

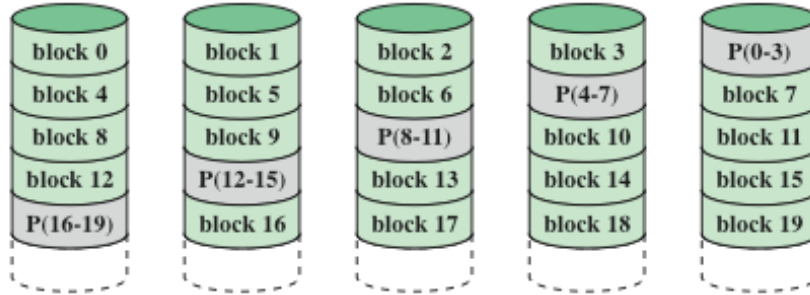
Figure 6.8 RAID Levels (page 1 of 2)



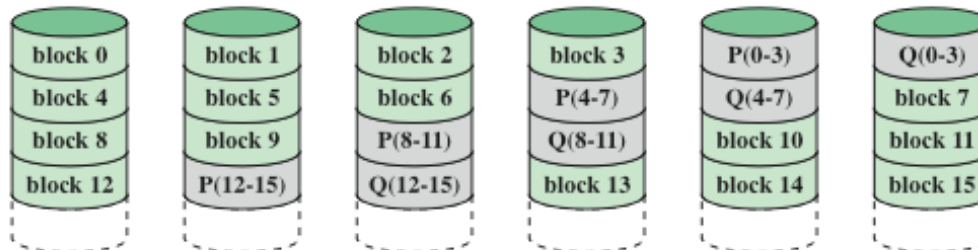
(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)



(e) RAID 4 (block-level parity)



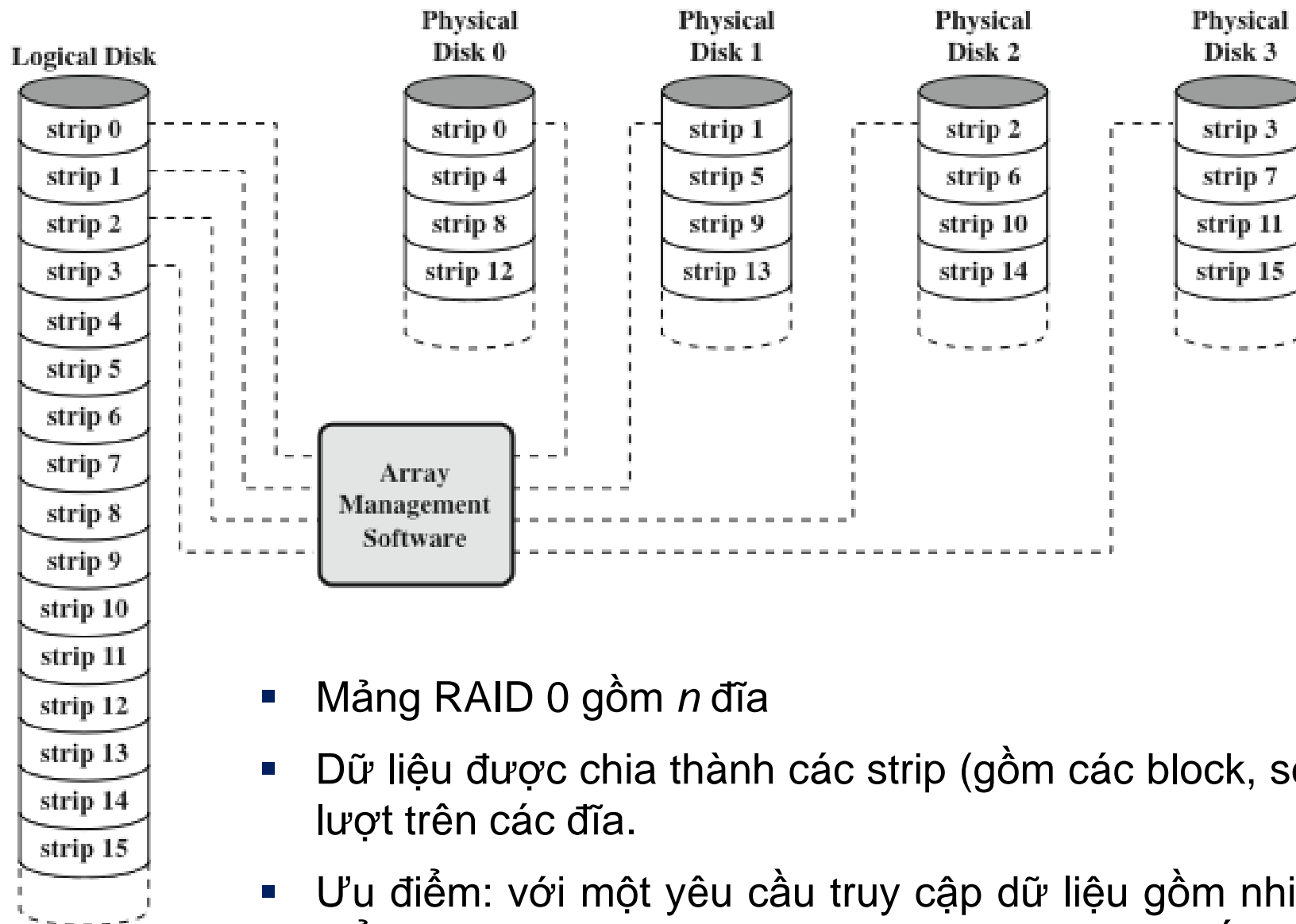
(f) RAID 5 (block-level distributed parity)



(g) RAID 6 (dual redundancy)

# RAID Levels 3, 4, 5, 6

## a. RAID 0



- Mảng RAID 0 gồm  $n$  đĩa
- Dữ liệu được chia thành các strip (gồm các block, sector hoặc unit) phân bố lần lượt trên các đĩa.
- Ưu điểm: với một yêu cầu truy cập dữ liệu gồm nhiều strip, có tối đa  $n$  strip có thể được xử lý song song, giảm thời gian giao tiếp I/O khá lớn.

# RAID

## Level 0

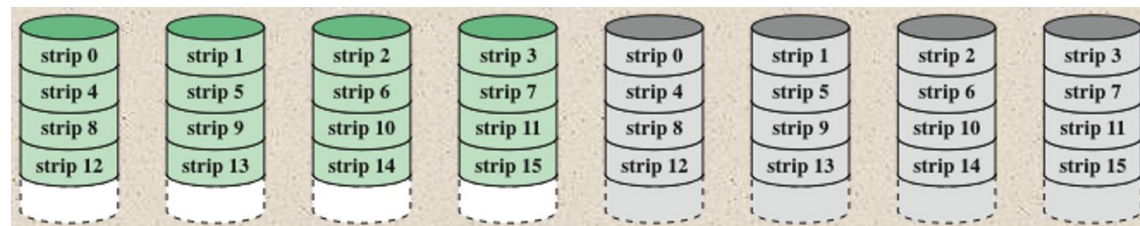
### RAID 0 cho Dung lượng truyền dữ liệu cao

- Các ứng dụng muốn có tốc độ truyền tải cao, phải đáp ứng hai yêu cầu:
  1. Phải có dung lượng truyền tải cao trên toàn bộ đường dẫn giữa bộ nhớ máy chủ và các ổ đĩa riêng lẻ
  2. Ứng dụng phải tạo ra các yêu cầu I/O để điều khiển mảng đĩa một cách hiệu quả

### RAID 0 cho Tốc độ yêu cầu I/O cao

- Đối với yêu cầu I/O riêng lẻ yêu cầu lượng nhỏ dữ liệu, thời gian I/O phụ thuộc vào thời gian tìm kiếm và độ trễ quay
- Mảng đĩa có thể cung cấp tốc độ thực thi I/O cao bằng cách cân bằng tải I/O trên nhiều đĩa
- Nếu kích thước strip lớn, có thể xử lý song song nhiều yêu cầu I/O đợi, để giảm thời gian xếp hàng cho mỗi yêu cầu

## b. RAID Level 1



### Đặc điểm

- RAID 1 khác với RAID 2 đến 6 trong cách thức dự phòng
- Khả năng dự phòng đạt được bằng cách đơn giản sao chép tất cả dữ liệu
- Data striping được sử dụng nhưng mỗi dải logic được ánh xạ tới hai đĩa vật lý riêng biệt sao cho mỗi đĩa trong mảng đều có một đĩa nhân bản có chứa cùng một dữ liệu
- RAID 1 có thể được thực hiện mà không cần data striping (không phổ biến)

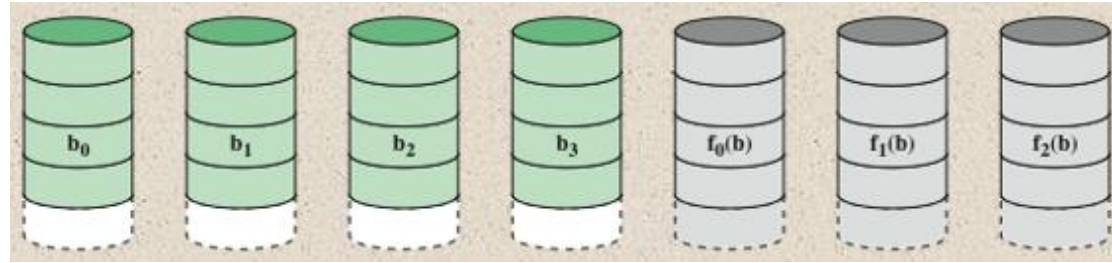
**Dự phòng (redundancy):** dữ liệu thêm vào để đảm bảo việc lưu trữ tin cậy trong bộ nhớ (có khả năng phát hiện, sửa lỗi, khôi phục dữ liệu khi bị lỗi)

### Hiệu quả

- Một yêu cầu đọc có thể được phục vụ bởi một trong hai đĩa có chứa dữ liệu yêu cầu
- Không có “write penalty”
- Dễ khắc phục sai sót. Khi một ổ đĩa hỏng, dữ liệu có thể được truy cập từ ổ đĩa thứ hai
- Cung cấp bản sao thời gian thực của tất cả dữ liệu
- Có thể đạt được tốc độ yêu cầu I/O cao nếu hầu hết các yêu cầu là Đọc
- Nhược điểm chủ yếu là chi phí



## c. RAID Level 2



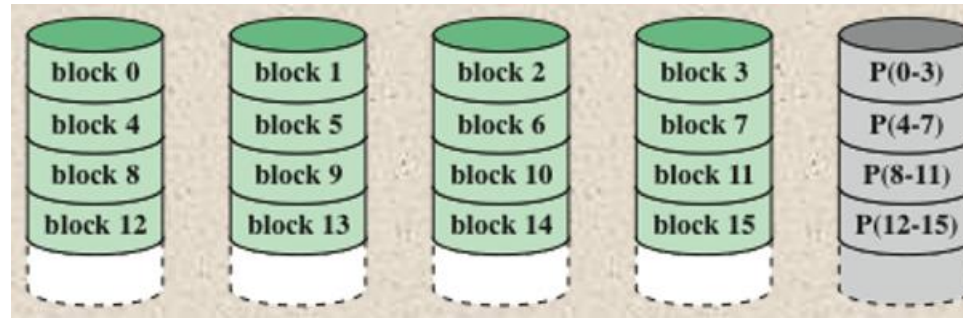
### Đặc điểm

- Sử dụng kỹ thuật truy nhập song song: tất cả các đĩa đều cùng tham gia vào việc xử lý một yêu cầu đọc/ghi.
- Trục của các ổ đĩa được đồng bộ sao cho các đầu đĩa ở vị trí như nhau trên đĩa vào bất kỳ thời điểm nào
- Sử dụng data striping
  - Strip rất nhỏ, thường bằng 1 byte hoặc 1 word

### Hiệu quả

- Trên các bit tương ứng trên mỗi đĩa dữ liệu và các bit Mã sửa lỗi được tính mã được lưu trữ trong các vị trí bit tương ứng trên các đĩa parity
- Sử dụng Hamming SEC-DEC
- Số lượng đĩa dự phòng tỷ lệ thuận với log của số đĩa dữ liệu
- Khi đọc/ghi dữ liệu, các mã CRC được tính toán – ghi cùng lúc với dữ liệu
- Chỉ hiệu quả trong môi trường xảy ra nhiều lỗi đĩa

## d. RAID Level 3



### Đặc điểm

- Chỉ cần 1 đĩa dự phòng, không cần quan tâm độ lớn mảng đĩa
- Sử dụng truy cập song song, kỹ thuật strip, tuy nhiên kích thước strip nhỏ
- Thay vì dùng mã sửa lỗi, một bit chẵn lẻ đơn giản được tính toán cho một tập các bit riêng ở cùng vị trí trên tất cả các đĩa dữ liệu

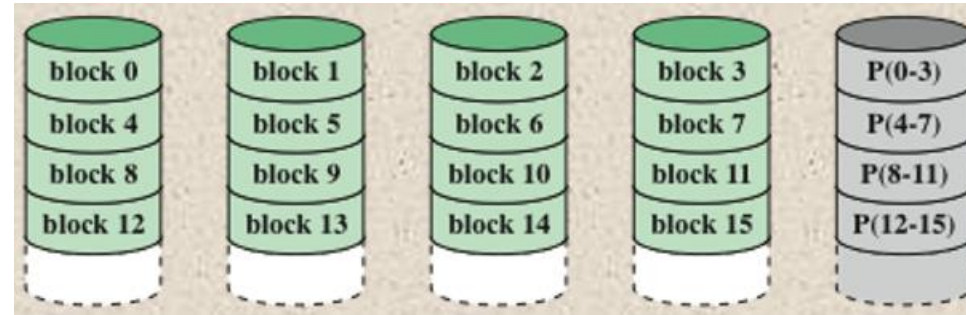
- Trong trường hợp ổ đĩa bị hỏng, toàn bộ mảng đc thiết lập chế độ reduced mode, ổ đĩa dự phòng được truy cập để phục hồi dữ liệu.
- Đĩa hỏng đc thay thế và được ghi dữ liệu đã phục hồi lên đó

### Hiệu năng

- Có thể đạt được tốc độ truyền dữ liệu rất cao
- Một yêu cầu truy cập vào/ra có thể được đáp ứng bằng việc truyền dữ liệu song song
- Trong một môi trường định hướng giao dịch, hiệu suất bị ảnh hưởng

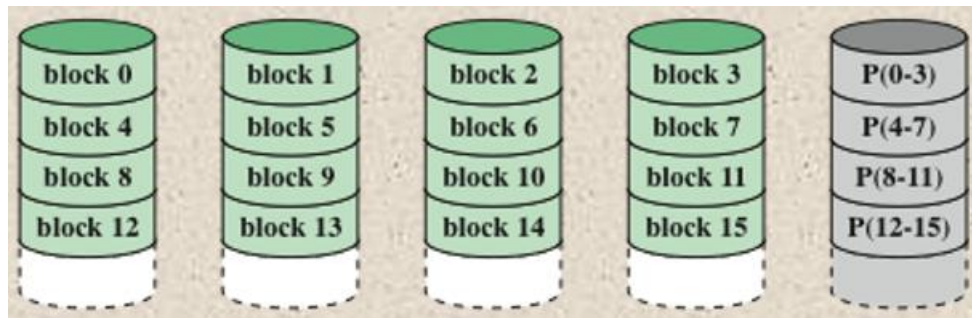


## e. RAID Level 4



- Sử dụng kỹ thuật **truy cập độc lập**: cho phép nhiều yêu cầu I/O riêng biệt có thể được đáp ứng song song
- Sử dụng data striping
  - Strip có kích thước khá lớn
- Dự phòng: **Dải chẵn lẻ - parity strip** tương tự cách tính RAID 3 → đặt trên đĩa dự phòng.

# RAID Level 4

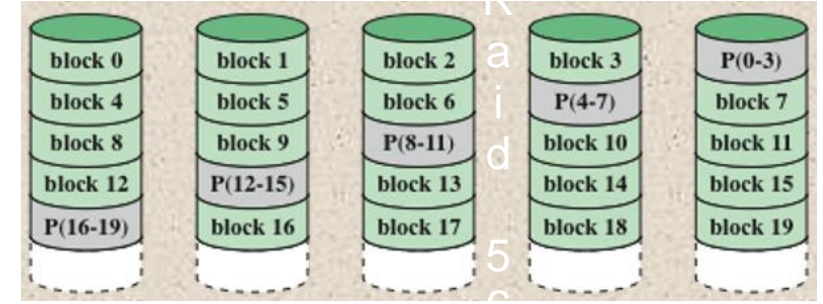


- RAID 4 liên quan đến “a write penalty” khi yêu cầu ghi I/O có kích thước nhỏ được thực hiện.
  - Mỗi lần ghi xảy ra, phần mềm quản lý mảng phải cập nhật không chỉ dữ liệu người dùng mà còn cả các bit chẵn lẻ tương ứng > Do đó, mỗi lần ghi dải bao gồm hai lần đọc và hai lần ghi
- Trường hợp yêu cầu ghi I/O lớn phải thực hiện trên nhiều đĩa, **Dải chẵn lẻ** sẽ được tính toán lại toàn bộ.
- Do các hoạt động ghi đĩa đều cần phải ghi lại trên đĩa dự phòng → dễ gây hiện tượng nút cổ chai

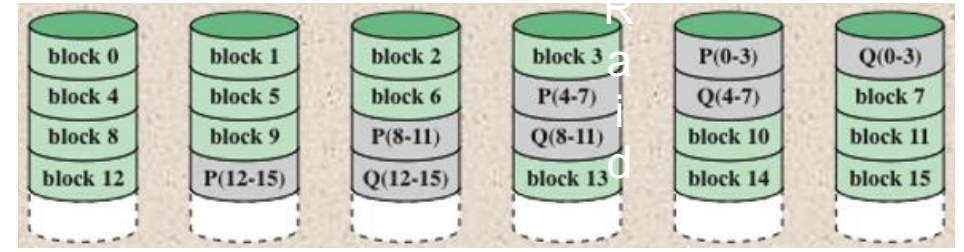
## f. RAID Level 5

### Đặc điểm

- Được tổ chức theo cách tương tự như RAID 4
- Chỉ khác ở sự phân bố **Dải chặn lẻ** trên tất cả các đĩa
- Một phân bố điển hình là cơ chế điều phối xoay vòng round-robin
- Việc phân phối **Dải chặn lẻ** trên tất cả các ổ đĩa tránh được khả năng nút cổ chai I/O của RAID 4



## g. RAID Level 6



### Đặc điểm

- Hai thuật toán tính **Dải chắn lẻ** (P và Q) riêng được thực hiện và được lưu trữ trong các khối riêng biệt trên các đĩa khác nhau
- Ưu điểm: tính sẵn sàng dữ liệu cực cao (khả năng khôi phục lại dữ liệu cao)
- Dữ liệu chỉ bị mất nếu ba ổ đĩa bị hỏng cùng lúc trong khoảng thời gian cần thiết để sửa chữa (MTTR - mean time to repair)
- Chịu một write penalty đáng kể do mỗi lần ghi đều tính toán và ghi lại hai **Dải chắn lẻ**

So sánh RAID			
Level	Ưu điểm	Nhược điểm	Ứng dụng
0	Cải thiện hiệu suất truy cập I/O bằng cách phân phối tải I/O ra nhiều kênh và đĩa Không tính parity (không có Dự phòng) Thiết kế đơn giản Dễ thực hiện	Nếu dữ liệu trên 1 ổ đĩa hỏng --> toàn bộ dữ liệu sẽ hỏng hết	Sản xuất và biên tập video Chỉnh sửa ảnh Các ứng dụng yêu cầu băng thông cao
1	Dữ liệu được dự phòng 100%: không cần phải tính toán lại dữ liệu trong trường hợp lỗi, chỉ cần sao lưu từ đĩa dự phòng Chịu được nhiều lỗi ổ đĩa Thiết kế hệ thống đơn giản	Số lượng đĩa dự phòng nhiều nhất	Kế toán Tính toán lương Tài chính Bất kỳ ứng dụng nào yêu cầu tính sẵn sàng dữ liệu rất cao
2	Tốc độ truyền dữ liệu cực kỳ cao Tốc độ truyền dữ liệu càng cao thì tỷ lệ giữa số lượng đĩa dữ liệu/số lượng đĩa mã sửa lỗi càng lớn Thiết kế bộ điều khiển tương đối đơn giản so với mức RAID 3, 4, và 5	Nếu kích thước strip nhỏ --> tỷ lệ số đĩa mã sửa lỗi/số đĩa dữ liệu cao --> không hiệu quả	Không còn được sử dụng do không hiệu quả về mặt thương mại

## So sánh RAID

Level	Ưu điểm	Nhược điểm	Ứng dụng
3	Tốc độ đọc /ghi rất cao Tỷ lệ số đĩa mã sửa lỗi /số đĩa dữ liệu thấp --> Hiệu quả cao	Tốc độ tối đa của một transaction bằng tốc độ của một ổ đĩa đơn (nếu trực đĩa được đồng bộ) Thiết kế bộ điều khiển khá phức tạp	Sản xuất video và live streaming Chỉnh sửa hình ảnh Chỉnh sửa video Ứng dụng chế bản in (Illustrator, ...) Bất kỳ ứng dụng nào yêu cầu băng thông cao
4	Tốc độ đọc rất cao Tỷ lệ số đĩa mã sửa lỗi /số đĩa dữ liệu thấp --> Hiệu quả cao	Thiết kế bộ điều khiển phức tạp Tốc độ ghi thấp nhất và số lần ghi (write penalty) cao Phục hồi dữ liệu khó khăn và không hiệu quả trong trường hợp đĩa lỗi	Không còn được sử dụng do không hiệu quả về mặt thương mại

So sánh RAID			
Level	Ưu điểm	Nhược điểm	Ứng dụng
5	Tốc độ đọc rất cao Tỷ lệ số đĩa mã sửa lỗi /số đĩa dữ liệu thấp --> Hiệu quả cao Tốc độ đường truyền cao	Thiết kế bộ điều khiển phức tạp nhất Khó khăn để khôi phục dữ liệu trong trường hợp đĩa lỗi (so với mức RAID 1)	File and application servers Database servers Web, e-mail, and news servers Intranet servers Most versatile RAID level
6	Khả năng sửa lỗi và phục hồi dữ liệu rất cao, có thể phục hồi trong trường hợp nhiều đĩa bị lỗi (chỉ không phục hồi được nếu có 3 đĩa lỗi cùng một thời điểm)	Thiết kế bộ điều khiển phức tạp nhất Việc tính toán parity phức tạp	Giải pháp hoàn hảo cho các ứng dụng quan trọng

# Chương 6. Bộ nhớ ngoài

6.1. Đĩa từ

6.2. RAID

**6.3. Ổ cứng trạng thái rắn**

6.4. Bộ nhớ quang

6.5. Băng từ



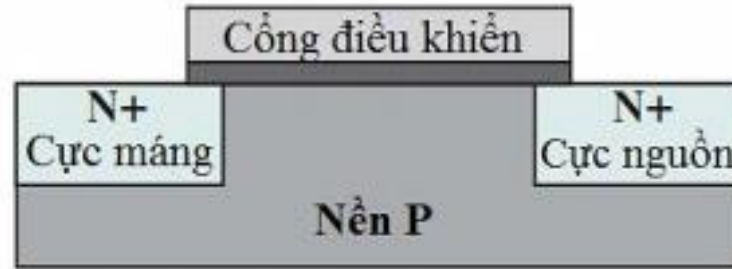
## 6.3 Ổ cứng trạng thái rắn (SSD)

### ■ SSD - Solid State Drives

- Thuật ngữ “solid state” chỉ mạch điện tử được chế tạo bằng chất bán dẫn.
- Ổ đĩa bán dẫn là thiết bị nhớ được chế tạo bằng các linh kiện bán dẫn có thể được sử dụng thay thế cho ổ đĩa cứng.
- Các ổ SSD hiện đang có mặt trên thị trường sử dụng một loại bộ nhớ bán dẫn được gọi là bộ nhớ NAND flash.

### Flash memory

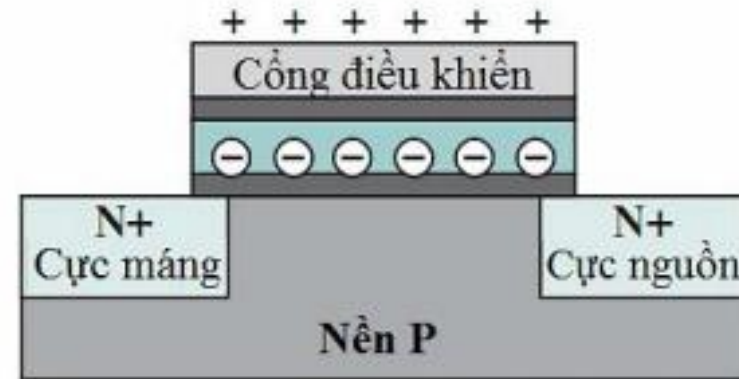
- Được sử dụng trong điện thoại thông minh, thiết bị GPS, máy nghe nhạc MP3, máy ảnh kỹ thuật số và thiết bị USB
- Gần đây, dung lượng, tốc độ ngày càng cao với giá thành rẻ → thay thế HDD.



(a) Cấu trúc transistor



(b) Ô nhớ flash ở trạng thái 1



(c) Ô nhớ flash ở trạng thái 0

Hình 6.9 Hoạt động của bộ nhớ flash

# Flash memory (tiếp)

- Có hai loại: NOR và NAND
- NOR
  - Đơn vị truy cập cơ bản là bit.
  - Cho phép truy cập ngẫu nhiên tốc độ cao.
  - Sử dụng để lưu trữ HĐH của smart phone và chương trình BIOS để khởi động máy tính Window
- NAND:
  - Đơn vị cơ bản là 16 hoặc 32 bit.
  - Đọc/ghi theo khối.
  - Sử dụng để sản xuất USB, thẻ nhớ, ổ cứng SSD,...
  - Không cho phép truy cập ngẫu nhiên theo đ/c bus
  - Sử dụng cơ chế truy cập trang (page access)

# SSD so sánh với HDD

## SSD có các ưu điểm hơn HDD như sau:

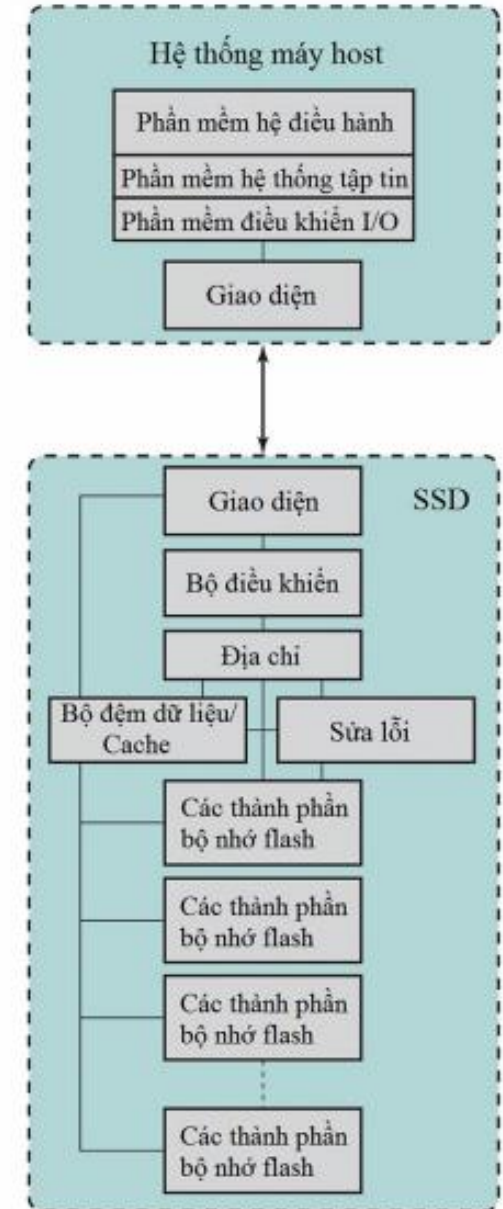
- Số thao tác đọc/ghi trong một giây (IOPS) cao hơn
- Độ bền: ít chịu ảnh hưởng khi va đập vật lý
- Tuổi thọ dài hơn
- Tiêu thụ ít năng lượng hơn
- Khả năng chạy êm và mát hơn
- Thời gian truy cập ngắn hơn, thời gian khởi động ít hơn

**Table 6.5** Comparison of Solid State Drives and Disk Drives

	<b>NAND Flash Drives</b>	<b>Seagate Laptop Internal HDD</b>
File copy/write speed	200–550 Mbps	50–120 Mbps
Power draw/battery life	Less power draw, averages 2–3 watts, resulting in 30+ minute battery boost	More power draw, averages 6–7 watts and therefore uses more battery
Storage capacity	Typically not larger than 512 GB for notebook size drives; 1 TB max for desktops	Typically around 500 GB and 2 TB max for notebook size drives; 4 TB max for desktops
Cost	Approx. \$0.50 per GB for a 1-TB drive	Approx. \$0.15 per GB for a 4-TB drive

# Tổ chức SSD

- Tổ chức hệ thống SSD:
  - Trên host, hệ điều hành khi có yêu cầu truy cập dữ liệu sử dụng một driver I/O của SSD: (driver: chương trình điều khiển các thiết bị ngoại vi)
  - Nếu SSD là ổ cứng gắn trong: sử dụng kết nối PCIe.
  - Nếu SSD thiết bị ngoại vi: giao tiếp theo chuẩn USB.
- SSD có chứa các thành phần sau:
  - Bộ điều khiển (Controller): điều khiển kết nối bên ngoài và hoạt động bên trong SSD
  - Bộ địa chỉ (Addressing): Logic lựa chọn các Flash memory component
  - Bộ đệm dữ liệu (Data buffer/Cache): chế tạo từ SRAM đệm dữ liệu và tăng tốc độ.
  - Sửa lỗi (Error Correction): cơ chế sửa lỗi.
  - Các thành phần bộ nhớ (Flash memory component): các chip NAND.



Hình 6.10 Kiến trúc ổ đĩa SSD 46

# Vấn đề thực tế

Có hai vấn đề thực tế xảy ra đối với SSD mà không xảy ra với HDDs

## 1. **Hiệu năng SSD có xu hướng giảm dần khi thiết bị được sử dụng. Nguyên nhân:**

- Các file được lưu trữ dưới dạng các page 4KB, thường không được sắp xếp liên tục trong BN
- **Truy cập (thao tác đọc/ghi dữ liệu)** bộ nhớ flash được thực hiện theo các block 512 KB (vậy 1 block có 128 page)
- Cơ chế **Ghi** vào dữ liệu vào một page:
  - Cả block (chứa page) phải được đọc từ BN ra bộ đệm RAM. Việc **ghi dữ liệu** vào page đó được thực hiện tại đây
  - Trước khi block được ghi lại vào bộ nhớ flash, toàn bộ nội dung block đó trong bộ nhớ flash phải được xóa
  - Khi đó dữ liệu từ bộ đệm mới được ghi vào flash memory

*Chính vì cơ chế này gây ra một hiện tượng phân mảnh bộ nhớ: do quá trình sử dụng lâu, ghi đi ghi lại nhiều lần các page của một file được ghi rải rác ở nhiều block khác nhau → việc đọc/ghi bộ nhớ trở nên chậm*

# Vấn đề thực tế (tiếp)

## 2. Flash memory không thể sử dụng được sau một số lần ghi (thông thường là 100.000 lần)

- Kỹ thuật kéo dài tuổi thọ:
  - Sử dụng cache để giữ chậm và gộp các hoạt động ghi
  - Dùng thuật toán wear-leveling: phân bố đều các lần ghi lên các block
  - Quản lý các bad-block
- Hầu hết các thiết bị flash có cơ chế ước tính thời gian hoạt động còn lại của chúng để hệ thống có thể dự đoán lỗi và có cơ chế dự phòng

# Chương 6. Bộ nhớ ngoài

6.1. Đĩa từ

6.2. RAID

6.3. Ổ cứng trạng thái rắn

**6.4. Bộ nhớ quang**

6.5. Băng từ

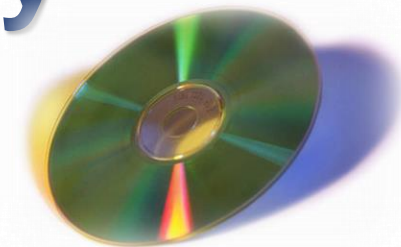


## 6.4 Đĩa quang

- Ra đời năm 1983
- Là sản phẩm tiêu dùng thành công nhất mọi thời đại
- Đĩa CD không thể xóa, lưu trữ 60 phút âm thanh một mặt
- Cách mạng trong công nghệ lưu trữ quang giá thành thấp

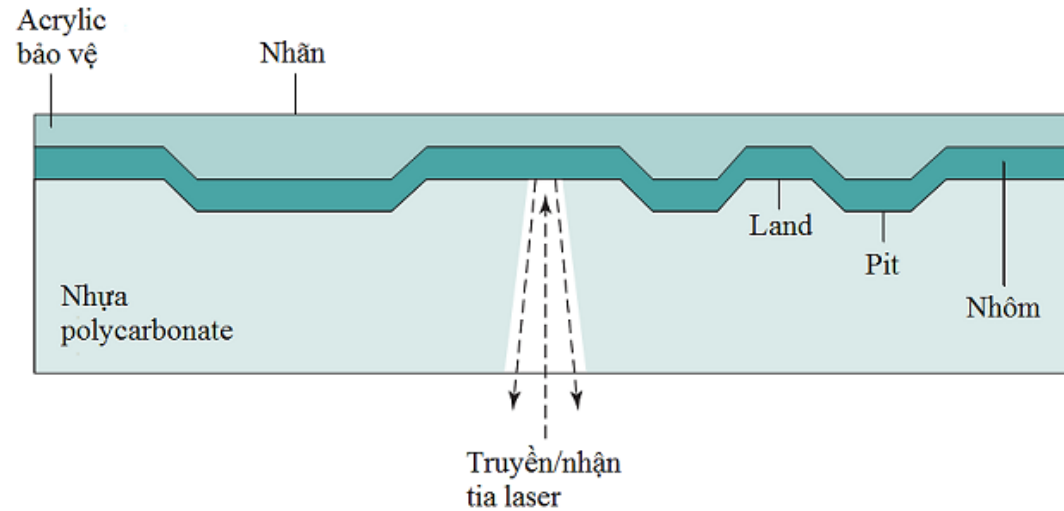
- **CD – Compact Disk:** đĩa không thể xóa lưu trữ file âm thanh số. Kích thước tiêu chuẩn: 12 cm và có thể ghi hơn 60 phút không bị gián đoạn thời gian phát.
- **CD-ROM – Đĩa CD chỉ đọc:** đĩa không thể xóa lưu trữ dữ liệu máy tính. Kích thước tiêu chuẩn: 12 cm và có thể chứa hơn 650 Mbytes.
- **CD-R – Đĩa CD có thể ghi:** tương tự như đĩa CD-ROM, người dùng chỉ có thể ghi vào đĩa một lần.
- **CD-RW – Đĩa CD ghi lại được:** tương tự như đĩa CD-ROM nhưng người dùng có thể xóa và ghi đè lên đĩa nhiều lần.
- **DVD – Đĩa đa năng kỹ thuật số:** một công nghệ lưu trữ dữ liệu video nén, số hóa cũng như các dữ liệu số khác. Kích thước: 8 hoặc 12 cm đều được sử dụng, lưu trữ dữ liệu cả hai mặt lên đến 17GB. DVD-ROM – DVD chỉ đọc
- **DVD-R – Đĩa DVD có thể ghi:** tương tự như đĩa DVD-ROM. Người dùng có thể ghi vào đĩa chỉ một lần. Chỉ có thể sử dụng đĩa một mặt.
- **DVD-RW – Đĩa DVD ghi lại được:** tương tự như đĩa DVD-ROM, tuy nhiên người dùng có thể xóa và ghi đè lên đĩa nhiều lần. Chỉ có thể sử dụng đĩa một mặt.
- **Blu-ray DVD – Đĩa video độ nét cao:** cung cấp mật độ lưu trữ dữ liệu lớn hơn nhiều so với đĩa DVD, sử dụng laser 405 nm (xanh tím). Một lớp duy nhất trên một mặt có thể lưu trữ 25 Gbytes.

# Compact Disk Read-Only Memory (CD-ROM)



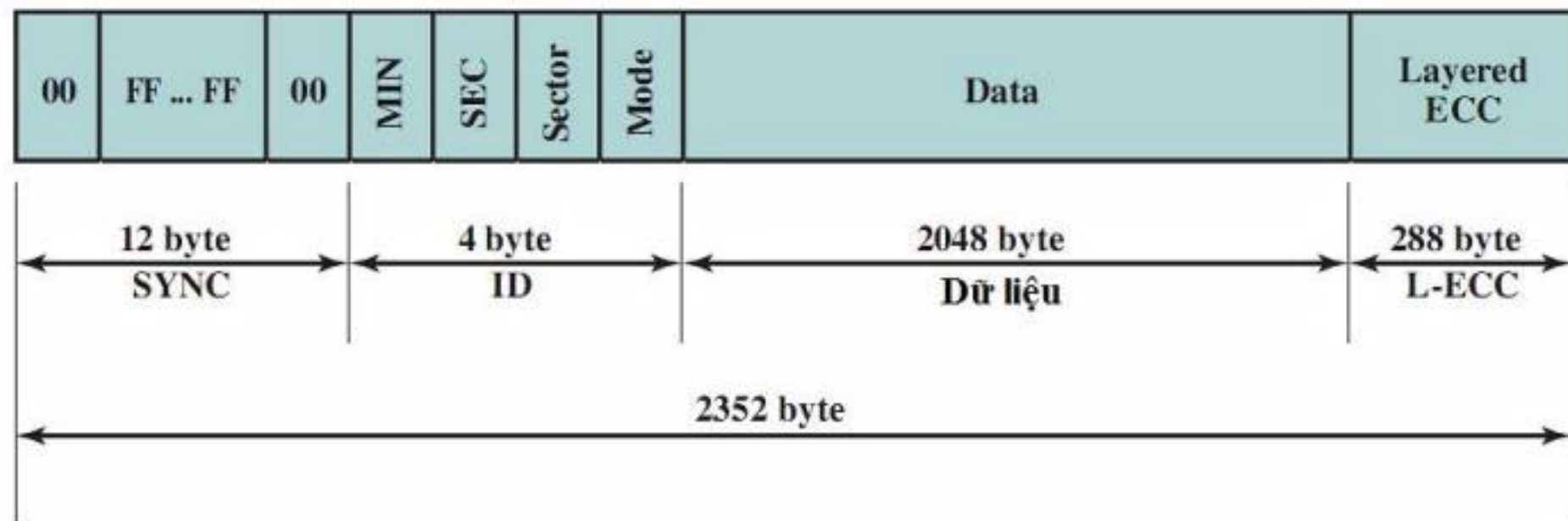
- Audio CD và CD-ROM dùng công nghệ tương tự nhau
  - Điểm khác biệt chính: đầu đọc CD-ROM có độ gồ ghề hơn và có thiết bị sửa lỗi để đảm bảo cho dữ liệu được truyền đúng
- Quá trình sản xuất:
  - Đĩa được chế tạo từ nhựa polycarbonate
  - Thông tin ghi lại bằng kỹ thuật số được in dưới dạng một chuỗi các lỗ cực nhỏ trên bề mặt polycarbonate
    - Được thực hiện bằng laser cường độ cao tập trung tạo ra đĩa master
  - Đĩa master được dùng làm khuôn để tạo ra các bản sao trên polycarbonate
  - Bề mặt lỗ sau đó được phủ 1 lớp phản xạ tốt, thường là nhôm/vàng
  - Tiếp tục phủ lên 1 lớp sơn acrylic trong suốt để chống bụi và trầy xước
  - Cuối cùng có thể dùng kỹ thuật in lụa để in nhãn hiệu lên bề mặt acrylic

# Hoạt động của CD



Hình 6.11 Hoạt động của CD

- Tổ chức thông tin theo đường xoắn ốc
- Thông tin được ghi dưới dạng các pit và land:
  - 0: khoảng không thay đổi độ cao
  - 1: khoảng có thay đổi độ cao
- Khác với đĩa từ, trục quay quay theo vận tốc góc không đổi (CAV), **CD quay với vận tốc tuyến tính không đổi (CLV)**: Thông tin được quét cùng tốc độ bằng cách quay đĩa ở tốc độ khác nhau

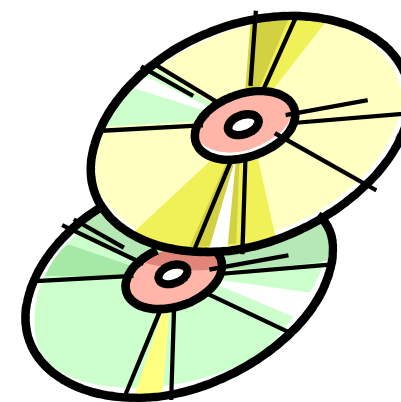


Hình 6.12 Định dạng block CD-ROM



- Phù hợp để phân phối số lượng lớn dữ liệu cho một số lượng lớn người dùng
- Không phù hợp cho các ứng dụng cá nhân do chi phí lớn cho quá trình ghi ban đầu
- 2 ưu điểm:
  - Đĩa quang chứa thông tin có thể được nhân bản rộng rãi một cách không tốn kém
  - Đĩa quang tháo ra được, cho phép đĩa được sử dụng để lưu trữ
- Nhược điểm:
  - Chỉ đọc, không updated được
  - Thời gian truy cập lâu hơn so với ổ đĩa từ

## CD-ROM



# CD Recordable (CD-R)

- Ghi 1 lần đọc nhiều lần
- Thích hợp với các ứng dụng chỉ cần một hoặc một số ít bản sao của một bộ dữ liệu
- Đĩa được chuẩn bị để có thể được ghi một lần bằng một tia laser có cường độ vừa phải
- Medium bao gồm 1 lớp khuôn được dùng để thay đổi độ phản xạ và được kích hoạt bởi 1 tia laser cường độ cao
- Cung cấp một bản ghi vĩnh viễn của khối lượng lớn dữ liệu người dùng

# CD Rewritable (CD-RW)

- Có thể ghi lại nhiều lần
- Đĩa thay đổi pha sử dụng vật liệu có hai độ phản xạ khác nhau ở hai trạng thái pha khác nhau
- Trạng thái vô định hình
  - Các phân tử có hướng ngẫu nhiên phản xạ ánh sáng kém
- Trạng thái tinh thể
  - Có bề mặt nhẵn phản xạ ánh sáng tốt
- Một chùm tia laser có thể thay đổi vật liệu từ pha này sang pha kia
- Nhược điểm: cuối cùng vật liệu mất đi đặc tính mong muốn vĩnh viễn
- Ưu điểm: có thể ghi lại được

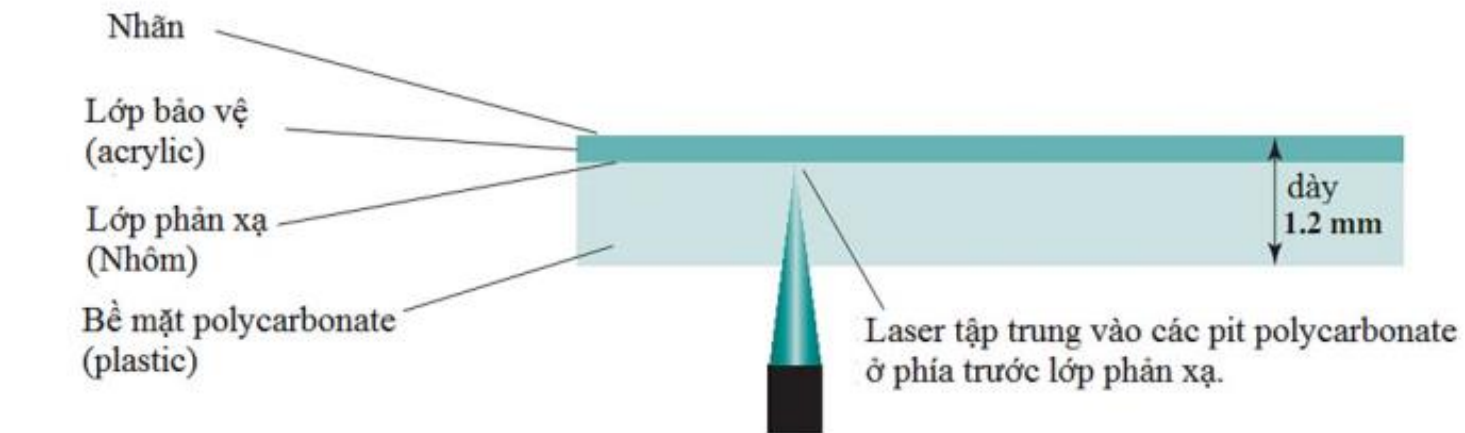
# Digital Versatile Disk (DVD)

Là đĩa đa năng kỹ thuật số, có một số ưu điểm sau:

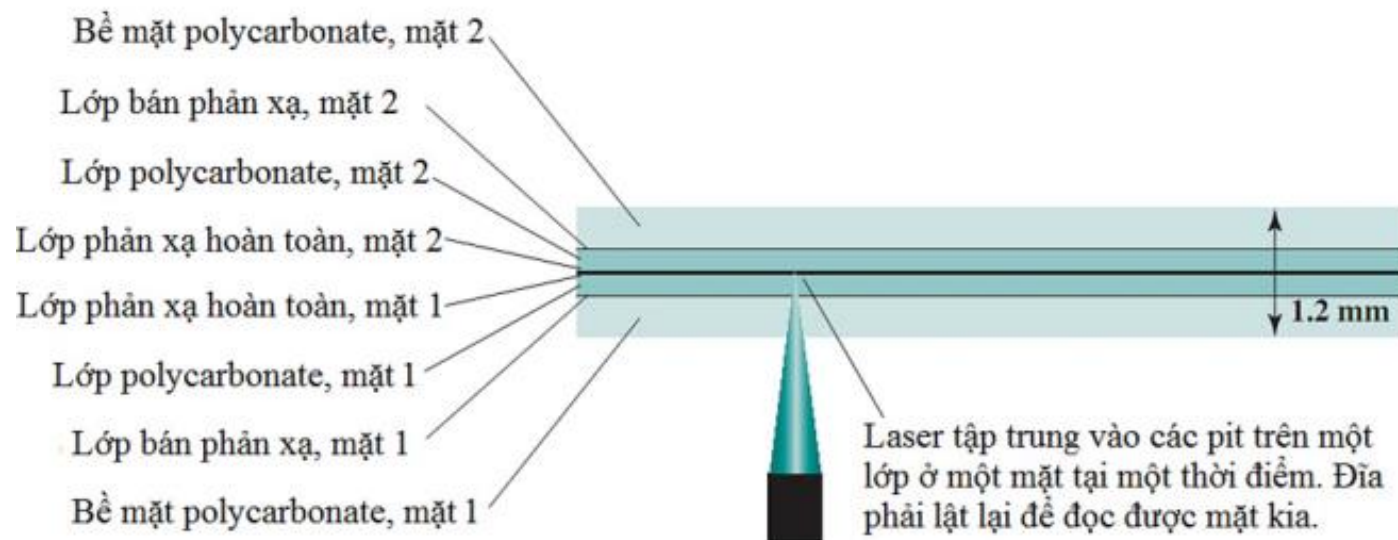
- Chất lượng hình ảnh ấn tượng
- Dung lượng rất cao (4.7G mỗi lớp), có thể ghi 2 lớp, 2 mặt (17GB)
- Trộn 1 bộ phim dài trên 1 đĩa đơn
- Sử dụng ghi video nén theo chuẩn MPEG



# Digital Versatile Disk (DVD)



(a) CD-ROM dung lượng 682 MB



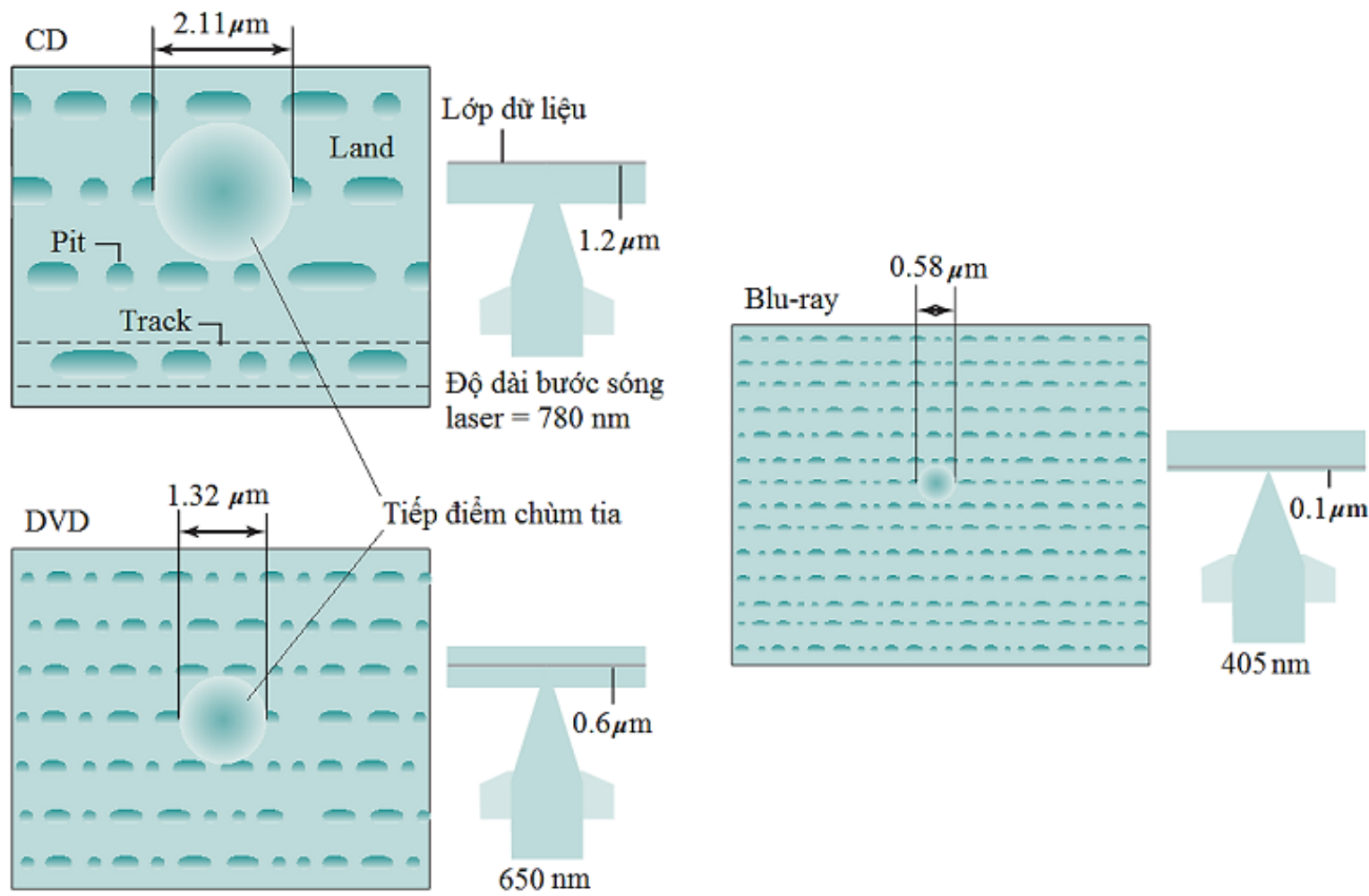
(b) DVD-ROM, hai mặt, hai lớp - dung lượng 17 GB

Hình 6.13 CD-ROM và DVD-ROM

# Đĩa quang độ phân giải cao – HD-DVD, Blue-ray

- Được thiết kế cho video độ nét cao
- Dung lượng lớn hơn nhiều so với DVD
  - Laser dải màu xanh tím có bước sóng ngắn hơn:
  - Pit nhỏ hơn
- HD-DVD: 15GB 1 lớp 1 mặt
- Blue-ray:
  - Lớp dữ liệu gần với laser hơn: Tập trung cao, ít biến dạng hơn, pit nhỏ hơn
  - 25GB trên một lớp

# Đĩa quang độ phân giải cao



Hình 6.14 Đặc tính bộ nhớ quang

# Chương 6. Bộ nhớ ngoài

6.1. Đĩa từ

6.2. RAID

6.3. Ổ cứng trạng thái rắn

6.4. Bộ nhớ quang

**6.5. Băng từ**

## 6.5. Băng từ

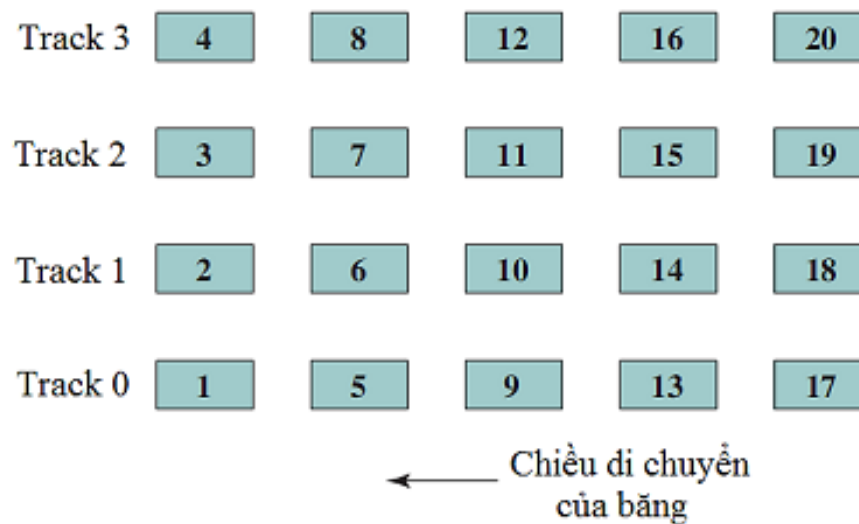


- Hệ thống băng sử dụng kỹ thuật đọc và ghi giống như các hệ thống đĩa
- Vật liệu là băng polyester mềm dẻo được phủ bởi chất liệu từ hoá
- Lớp phủ có thể bao gồm lượng nhỏ kim loại tinh khiết trong binders đặc biệt hoặc cuộn phim kim loại mạ hơi
- Dữ liệu trên băng được cấu trúc theo các track song song chạy dọc
- Ghi nối tiếp
  - Dữ liệu được trải ra theo một dãy bit dọc trên mỗi track
- Dữ liệu được đọc và ghi trong các block liên kề được gọi là bản ghi vật lý *physical records*
- Các block trên băng được phân cách bằng các khoảng trống được gọi là khoảng trống giữa các bản ghi *inter-record gaps*

# Đặc tính băng từ



(a) Đọc và ghi kiểu lượn sóng



(b) Bố trí block trong hệ thống đọc-ghi 4 track đồng thời

Hình 6.15 Đặc tính điển hình của băng từ

# Tổng kết

## Chương 6: Bộ nhớ ngoài

- **Đĩa từ**
  - Cơ chế đọc và ghi từ
  - Tổ chức và định dạng dữ liệu
  - Đặc tính vật lý
  - Tham số hiệu suất đĩa
- **Solid state drives**
  - Flash memory
  - SSD so với HDD
  - Tổ chức SSD
  - Vấn đề thực tế
- **RAID**
  - RAID level 0
  - RAID level 1
  - RAID level 2
  - RAID level 3
  - RAID level 4
  - RAID level 5
  - RAID level 6
- **Bộ nhớ quang**
  - Đĩa Compact
  - Đĩa DVD
  - High-definition optical disks
- **Băng từ**

# Câu hỏi ôn tập

1. Ưu điểm của việc sử dụng chất nền thủy tinh trong sản xuất đĩa từ là gì?
2. Dữ liệu được ghi lên đĩa từ như thế nào?
3. Dữ liệu được đọc ra từ đĩa từ như thế nào?
4. So sánh hai kỹ thuật CAV vận tốc góc không đổi và ghi nhiều vùng.
5. Định nghĩa track, cylinder và sector.
6. Kích thước điển hình của sector là bao nhiêu?
7. Định nghĩa các thuật ngữ: thời gian tìm kiếm, trễ quay, thời gian truy cập và thời gian truyền?
8. Những đặc điểm chung của các cấp độ RAID là gì?
9. Đặc điểm của các loại đĩa quang.



Hình ảnh và nội dung trong bài giảng này tham khảo từ cuốn sách và slide bài giảng “Computer Organization and Architecture”, 10th Edition, của tác giả William Stallings.