

HƯỚNG DẪN ÔN TẬP KIỂM TRA GIỮA HỌC KỲ
Môn học: DỤNG CỤ BÁN DẪN – HK 1 – NH: 2014-2015

Chú ý:

- Đề kiểm tra trắc nghiệm gồm có 25 câu với thời gian làm bài là 50 phút.
- Đề kiểm tra không cho sử dụng tài liệu
- Nội dung: gồm các chương 1, 2, 3, và 4 (từ 4.1 đến 4.6).

Trọng tâm của các chương như sau:

Chương 1. Giới thiệu

- **Các khối xây dựng cơ bản của các dụng cụ bán dẫn:**

STT	Khối xây dựng cơ bản	Ứng dụng chính trong các dụng cụ bán dẫn
1	Chuyển tiếp kim loại-bán dẫn (M-S)	Diode Schottky, Transistor Schottky, MESFET
2	Chuyển tiếp P-N	Các loại diode bán dẫn, BJT, JFET
3	Chuyển tiếp dị thể	Các transistor đặc biệt và các dụng cụ quang ĐT
4	Cấu trúc MOS	MOSFET, cảm biến ảnh CCD và CMOS

Chú ý: Trong bảng trên ta chỉ chú ý đến thành phần chính tạo nên dụng cụ bán dẫn, mặc dù các chuyển tiếp khác vẫn có:

- o Chuyển tiếp M-S có 2 dạng:
 - **chuyển tiếp chỉnh lưu:** làm thành phần chính chế tạo dụng cụ bán dẫn (trong bảng trên)
 - **tiếp xúc Ohm:** để tạo kết nối các chân ra của dụng cụ bán dẫn.
- o Chuyển tiếp P-N ở miền S (Source) và D (Drain) của MOSFET.

- **Các xu hướng công nghệ vi mạch (IC) bán dẫn:**

Gồm 3 xu hướng chính: tăng mật độ tích hợp, tốc độ xử lý cao và tiêu thụ năng lượng thấp. Ngoài ra trong các sản phẩm dùng dụng cụ bán dẫn càng tăng thêm lượng bộ nhớ không bốc hơi.

Chương 2. Dải năng lượng và nồng độ hạt dẫn ở điều kiện cân bằng

1. Phân loại vật liệu theo điện dẫn suất (hay điện trở suất) và khe năng lượng.
2. Sự hình thành dải năng lượng. Khái niệm dải dẫn, dải hóa trị và dải cấm. Khe năng lượng E_G .
3. Phân biệt bán dẫn nguyên tố và bán dẫn hỗn hợp (phức hợp).
4. Chất bán dẫn dùng trong dụng cụ bán dẫn thường dùng loại bán dẫn có cấu trúc tinh thể gì?
5. Chất bán dẫn hỗn hợp thường dùng cho các dụng cụ gì?
6. Các nguyên tố bán dẫn thường nằm ở đâu trong bảng phân loại tuần hoàn (nhóm mấy)?
7. Thế nào gọi là bán dẫn trực tiếp, bán dẫn gián tiếp. Cho thí dụ loại bán dẫn nào là trực tiếp, gián tiếp?
8. Chất bán dẫn có (các) liên kết nào trong các liên kết sau: kim loại, ion, đồng hóa trị, và van der Waals?
9. Bán dẫn nội tại và bán dẫn có pha tạp chất.
10. Đặc tính của phân bố Fermi-Dirac. Khi nhiệt độ tăng thì đặc tính này thay đổi như thế nào?
11. Mức (năng lượng) Fermi E_F trong chất rắn: E_F nằm ở đâu trong chất dẫn điện, bán dẫn và cách điện?
12. Phân bố Boltzmann: nồng độ điện tử n và nồng độ lỗ p ở cân bằng nhiệt

$$n \approx N_C \cdot \exp(-(E_C - E_F)/kT) \quad \text{với } E_C - E_F \geq 2kT$$

$$p \approx N_V \cdot \exp(-(E_F - E_V)/kT) \quad \text{với } E_F - E_V \geq 2kT$$

13. Nồng độ hạt dẫn nội tại n_i

$$n_i = \sqrt{N_C N_V} \cdot \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$$

Khi nhiệt độ thay đổi thì n_i bị ảnh hưởng như thế nào?

- Khi nhiệt độ tăng ?
- Khi nhiệt độ là 0 K?

14. Thế nào chất donor, acceptor? Trong bảng phân loại tuần hoàn, nếu ta dùng bán dẫn thuộc nhóm IV thì các chất donor và acceptor thuộc các nhóm nào? Các mức năng lượng donor E_D và acceptor E_A nằm ở đâu trong giản đồ năng lượng của chất bán dẫn?
15. Sự hình thành bán dẫn loại N, loại P. Hạt dẫn đa số và hạt dẫn thiểu số. Định luật tác động khối lượng của chất bán dẫn (nội tại và có pha tạp chất) ở cân bằng nhiệt: $n \cdot p = n_i^2$
16. Vị trí mức Fermi E_F thay đổi như thế nào trong giản đồ dải năng lượng khi tăng nồng độ tạp chất trong bán dẫn loại N, và loại P? Bán dẫn suy biến là bán dẫn gì?
17. Nồng độ hạt dẫn trong bán dẫn loại N ở cân bằng nhiệt (nếu $N_D \gg n_i$) $n_n \approx N_D$ và $p_n = ?$
18. Nồng độ hạt dẫn trong bán dẫn loại P ở cân bằng nhiệt (nếu $N_A \gg n_i$) $p_p \approx N_A$ và $n_p = ?$
19. Bán dẫn có bổ chính (còn được gọi là bán dẫn bù) ở cân bằng nhiệt (**xét nồng độ tạp chất $\gg n_i$**):
(Ký hiệu N_A là nồng độ tạp chất acceptor và N_D là nồng độ tạp chất Donor.)

- **Với bán dẫn loại N** ($N_D > N_A$), ta có nồng độ hạt dẫn đa số n_n và nồng độ hạt dẫn thiểu số p_n :

$$n_n = \frac{1}{2} \cdot \left[N_D - N_A + \sqrt{(N_D - N_A)^2 + 4n_i^2} \right] \quad \text{và} \quad p_n = \frac{n_i^2}{n_n}; \quad \text{nếu } N_D - N_A \gg n_i \Rightarrow n_n \approx N_D - N_A \quad \text{và} \quad p_n \approx \frac{n_i^2}{N_D - N_A}$$

- **Với bán dẫn loại P** ($N_A > N_D$), ta có nồng độ hạt dẫn đa số p_p và nồng độ hạt dẫn thiểu số n_p :

$$p_p = \frac{1}{2} \cdot \left[N_A - N_D + \sqrt{(N_A - N_D)^2 + 4n_i^2} \right] \quad \text{và} \quad n_p = \frac{n_i^2}{p_p}; \quad \text{nếu } N_A - N_D \gg n_i \Rightarrow p_p \approx N_A - N_D \quad \text{và} \quad n_p \approx \frac{n_i^2}{N_A - N_D}$$

Chương 3. Các hiện tượng vận chuyển hạt dẫn

1. Chuyển động trôi và khuếch tán trong bán dẫn. Vận tốc trôi của hạt dẫn. Quan hệ giữa độ linh động của điện tử và độ linh động của lỗ trong cùng chất bán dẫn?
2. Công thức vận tốc trôi chỉ đúng trong trường hợp nào?
3. Các cơ chế tán xạ nào ảnh hưởng đến độ linh động của hạt dẫn và sự phụ thuộc vào nhiệt độ của các cơ chế này như thế nào?
4. Hiệu ứng Hall là gì?
5. Quan hệ Einstein: cho thấy sự tương quan của hiện tượng khuếch tán và hiện tượng trôi của hạt dẫn

Hệ số khuếch tán điện tử	Hệ số khuếch tán lỗ	Dạng tổng quát
$D_n = \left(\frac{kT}{q} \right) \mu_n$	$D_p = \left(\frac{kT}{q} \right) \mu_p$	$\frac{D}{\mu} = V_T$

với V_T là điện áp nhiệt và $V_T = kT/q$

6. Định nghĩa của thế Fermi. Làm sao xác định được loại bán dẫn dựa trên thế Fermi?
7. Độ dẫn điện σ của bán dẫn (giả sử bán dẫn nếu có pha tạp chất thì được phân bố đều):

$$\sigma = \sigma_n + \sigma_p = qn\mu_n + qp\mu_p = 1/\rho$$

với độ dẫn điện do điện tử $\sigma_n (=qn\mu_n)$ và độ dẫn điện do lỗ $\sigma_p (=qp\mu_p)$.

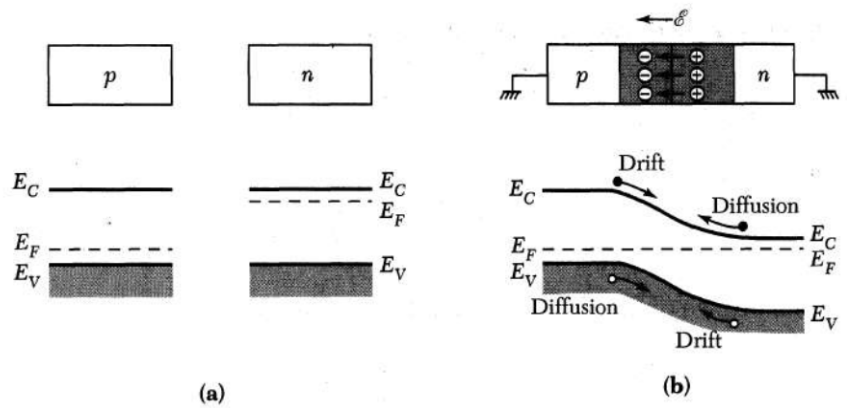
8. Ảnh hưởng của nồng độ tạp chất lên điện trở suất của bán dẫn như thế nào?
9. Sự sinh cặp điện tử-lỗ trong bán dẫn thường gặp do các tác động nào?
10. Tái hợp có bức xạ và tái hợp không có bức xạ thường gặp trong các loại bán dẫn nào? Trong dụng cụ quang điện tử người ta thường dùng loại bán dẫn có tái hợp nào?
11. Tái hợp trực tiếp thường xảy ra với bán dẫn loại nào? Thí dụ : Si và GaAs thì loại bán dẫn nào có xảy ra tái hợp trực tiếp?
12. Tái hợp nào có ảnh hưởng đến 3 hạt dẫn?
13. Ánh sáng phải có năng lượng bao nhiêu mới có thể tạo nên cặp điện tử-lỗ khi ta chiếu ánh sáng vào bán dẫn có khe năng lượng là E_g ?
14. Khi có hiện tượng tái hợp trong bán dẫn trực tiếp có khe năng lượng là E_g thì ánh sáng sinh ra có bước sóng bao nhiêu?
15. Ý nghĩa của phương trình liên tục?

Chương 4. Chuyển tiếp PN

1. Chuyển tiếp PN

- Kể tên 4 bước chính trong quá trình planar để chế tạo chuyển tiếp PN. Tác dụng của lớp SiO_2 là gì?
- Định nghĩa của chuyển tiếp PN loại bước (step), loại biến đổi đều (graded)
- Sự tạo thành chuyển tiếp PN:

Hình 4.1 (a) Các bán dẫn (được pha tạp chất đều) loại P và N trước khi tạo thành chuyển tiếp.
 (b) Điện trường trong miền nghèo (depletion region) và giản đồ dải năng lượng của chuyển tiếp p-n ở điều kiện cân bằng nhiệt



- **Chuyển tiếp PN chưa có phân cực** (với chuyển tiếp bước) (chuyển tiếp PN ở điều kiện cân bằng)
 - sự hình thành miền nghèo-chuyển động của hạt dẫn?
 - miền nghèo, miền trung hòa.

Thế nội khuếch tán V_{bi} (hay ϕ_B) hay rào thế

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_D N_A}{n_i^2} \right) = V_T \ln \left(\frac{n_{n0}}{n_{p0}} \right) = V_T \ln \left(\frac{p_{p0}}{p_{n0}} \right)$$

Chú ý: E_m là điện trường cực đại tại giao tiếp của P và N, W là bề rộng miền nghèo của chuyển tiếp PN, W_P (còn gọi là x_p) là bề rộng miền nghèo bên bán dẫn P và W_N (còn gọi là x_n) là bề rộng miền nghèo bên bán dẫn N, và ϵ_s là hằng số điện môi của bán dẫn.

Miền điện tích không gian (miền nghèo)

$$N_A W_P = N_D W_N$$

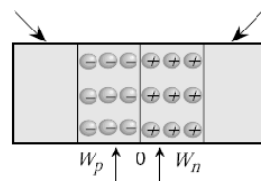
$$V_{bi} = \frac{1}{2} E_m W$$

$$W = W_P + W_N = \sqrt{\frac{2\epsilon_s V_{bi}}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

$$E_m = \frac{q N_D W_N}{\epsilon_s} = \frac{q N_A W_P}{\epsilon_s}$$

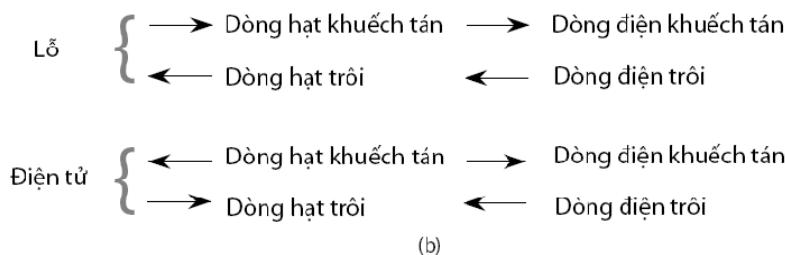
Miền P trung hòa

Miền N trung hòa



(a)

← E Hướng điện trường



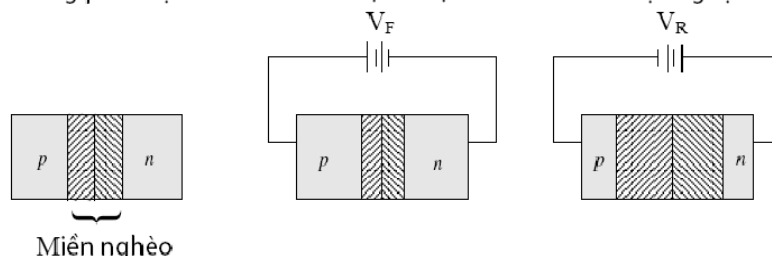
(b)

Hình 4.2 Chuyển tiếp PN chưa có phân cực

Không phân cực

Phân cực thuận

Phân cực ngược



Hình 4.3 Các phân cực có thể có ở chuyển tiếp PN

Làm sao nhận biết chuyển tiếp PN đang ở tình trạng: không phân cực, phân cực thuận, hay phân cực ngược?

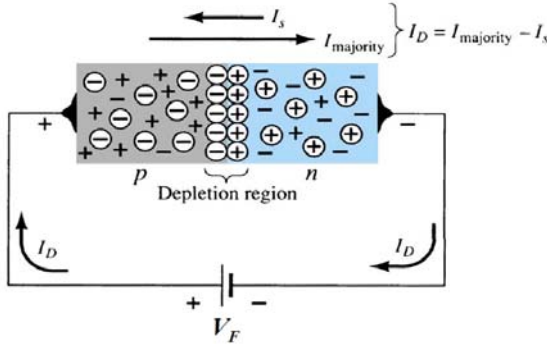
- **Chuyển tiếp PN được phân cực thuận (forward bias)** (với chuyển tiếp bước)
 - o Phân cực thuận? (thế tại P > thế tại N).
 - o Khi phân cực thuận tăng thì : miền nghèo giảm và điện trở miền nghèo giảm.

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s(V_{bi} - V_F)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)} \quad \text{với } V_{bi} > V_F > 0 \text{ là điện áp thuận trên diode}$$

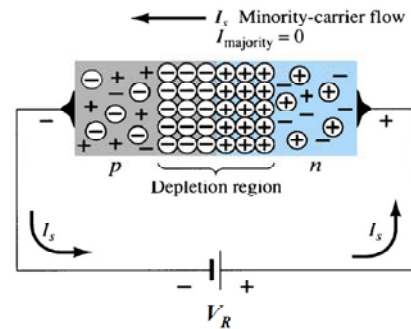
- o Dòng điện thuận do các thành phần hạt dẫn nào tạo thành, đa số hay thiểu số?
- o Phương trình dòng điện qua chuyển tiếp PN được phân cực thuận:

$$I_F = I_0 \left(e^{V_A/V_T} - 1 \right)$$

với I_0 (còn được gọi là I_S) là dòng điện bão hòa ngược và khi nhiệt độ tăng thì I_0 tăng.



(a) Chuyển tiếp PN với phân cực thuận



(b) Chuyển tiếp PN với phân cực ngược

- **Chuyển tiếp PN ở phân cực ngược (reverse bias)** (với chuyển tiếp bước)
 - o Phân cực ngược? (thế tại P < thế tại N).
 - o Dòng điện ngược: $I_R \approx I_0$ (khi nhiệt độ tăng thì I_0 tăng)
 - o Bề rộng miền nghèo tăng lên
(với điện áp ngược V_R : V_{BR} (điện áp đánh thủng) > $V_R > 0$, điện áp đặt vào diode là $V_A = -V_R$)

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s(V_{bi} + V_R)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

- **Dòng điện sinh tái hợp**

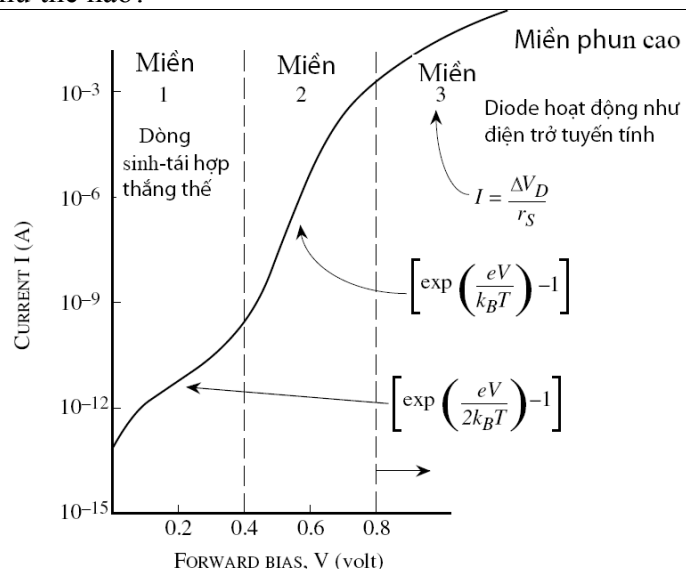
Dòng điện tái hợp thẳng thể ở phân cực thuận thấp và dòng điện khuếch tán thẳng thể ở phân cực thuận cao hơn.

$$I_F = I_0 \left(e^{V_A/\eta V_T} - 1 \right)$$

với η là hệ số lý tưởng (hệ số phát xạ) có trị từ 1 đến 2 tùy theo vật liệu chế tạo, thí dụ với Ge là 1, với Si là 1.1 hoặc từ 1.2 đến 2

- o xem hình 4.4 các độ dốc khác nhau do cái gì ảnh hưởng?
- o tác động của η đến đặc tuyến I-V như thế nào?

Hình 4.4 Dòng diode dạng semilog ($\ln I = f(V)$) ở phân cực thuận
(Với e =điện tích điện tử; k_B =hằng số Boltzmann; r_s = điện trở khối).



• **Điện trở vật liệu khối R_S**

$$I_F = I_0 \left(e^{(V_A - I_F R_S)/V_T} - 1 \right)$$

tác động của R_S đến đặc tuyến I-V như thế nào?

• **Điện dung miền nghèo của chuyển tiếp PN**

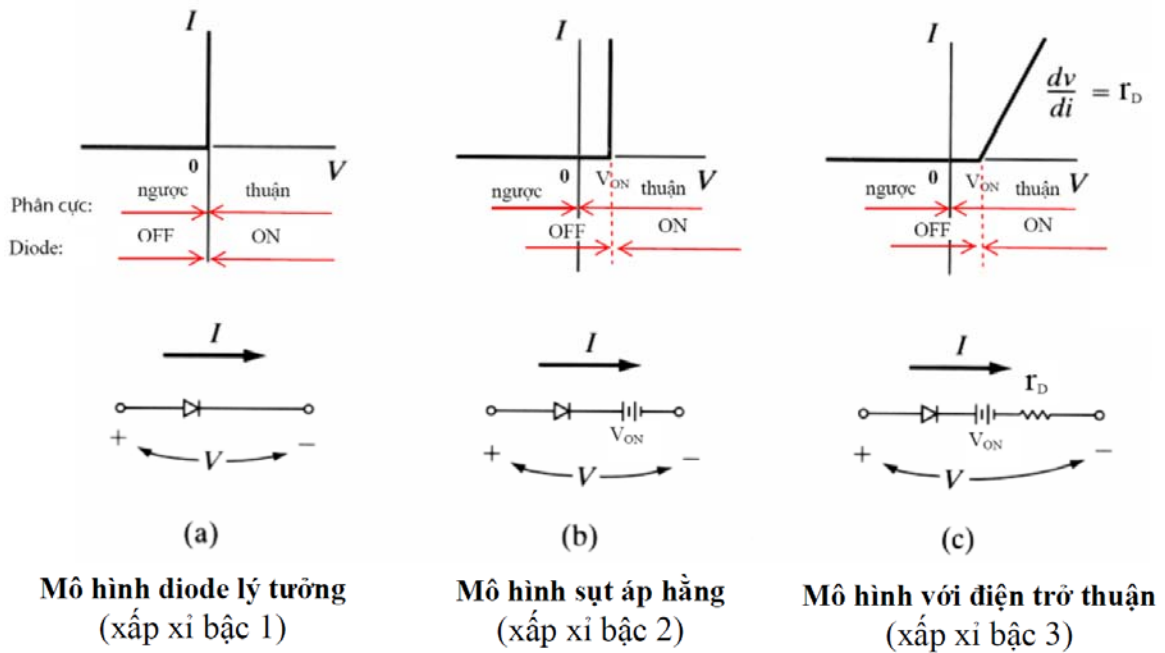
Xét chuyển tiếp PN với phân cực ngược ($V_A = -V_R < 0$): hình thành điện dung miền nghèo.

Điện dung miền nghèo trên một đơn vị diện tích mặt cắt ngang C_{dep} (F/cm²) (còn gọi là C_j):

$$C_{dep} = \frac{\epsilon_S}{W} \quad \text{với } W = \sqrt{\frac{2\epsilon_S(V_{bi} + V_R)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

khi áp ngược V_R tăng thì C_{dep} giảm và ngược lại. Người ta ứng dụng hiệu ứng này để chế tạo diode biến dung (varicap hay varactor).

• **Các mô hình diode:** (chưa kể đến vùng đánh thủng)



• $V_{ON} = 0.7V$ với Si (1 số TL khác gọi là V_γ)

• r_D là điện trở thuận $= dV/dI$ tại điểm Q (có $V_{DQ} > V_{ON}$) $= V_T/I_{DQ}$

• **Mô hình diode tín hiệu nhỏ với tần số thấp:**

Phân cực với	$V_{DQ} < V_{ON}$	$V_{DQ} \geq V_{ON}$
Mạch tương đương	 r_r điện trở ngược $> 10 \text{ M}\Omega$	 với r_d là điện trở AC của diode

Chú ý với tần số cao thì có thêm điện dung song song.

• **Điện trở động r_D và điện trở tĩnh R_D của diode**

o Điện trở động r_D hay r_d (còn gọi là điện trở AC)

$$r_D = \frac{dV_D}{dI_D} = \frac{V_T}{I_D} = \frac{V_T}{I_Q} = \frac{kT}{qI_Q} \quad (\text{ở } T=300^\circ\text{K thì } r_D \approx 0.025V/I_D)$$

với V_D , I_D là áp và dòng qua diode, I_Q là I_D ở điểm làm việc Q.

o Điện trở tĩnh R_D (còn gọi là điện trở DC): $R_D = V_D/I_D = V_Q/I_Q$