

HƯỚNG DẪN THÍ NGHIỆM BÀI 6

1. Tên bài: Khảo sát đặc tính của Diode và Transistor

2. Nhận xét:

- Trong các bài thí nghiệm vật lý 3 thì có lẽ bài thí nghiệm này là “imba” nhất bởi không những lý thuyết thì dài (có nghĩa là câu hỏi rất nhiều và đa dạng → ko nắm vững thì xác định đi) mà mạch mắc thì lại phức tạp (có nghĩa là rất dễ mắc sai, hoặc rơi vào tình trạng confusion sau khi nhìn thấy mạch → khá nhiều nhóm đã phải dừng chân tại bài này). Có lẽ một điều an ủi nằm ở khâu xử lý số liệu khá là cơ bản → may mắn nhất trong đợt này có lẽ là các bạn thuộc nhóm nào mà được miễn bài này ☺.

- Để xử lý gọn bài này đề nghị các bạn đọc kỹ phần hướng dẫn tới đây → nó sẽ cung cấp cho các bạn những kiến thức cơ bản nhất để trả lời những câu hỏi kiểm tra ban đầu (trả lời gần hết chứ gặp hỏi xoay thì chỉ có giáo sư xoay mới trả lời được thôi ☺).

3. Giải quyết:

3.1. Kiến thức cần nắm vững:

- Bài này liên quan tới những kiến thức cơ bản của chất bán dẫn → ta sẽ phải tìm hiểu xem liệu chất bán dẫn là gì và nó có ý nghĩa gì khiến cho chúng ta phải nghiên cứu. Câu trả lời quá đơn giản: “Chất bán dẫn là những chất mà vừa dẫn điện vừa không dẫn điện” (tóm lại là nửa nạc nửa mỡ, xằng pha nhót → very simple ☺).

- Vậy khi nào nó dẫn điện khi nào nó không dẫn điện? Ở điều kiện bình thường thì đa phần các chất bán dẫn đều không dẫn điện. Tuy nhiên, khi các điện tử trong chất bán dẫn nhận được năng lượng (thường dưới dạng nhiệt năng) thì các điện tử có thể bứt ra khỏi liên kết các nguyên tử và trở thành electron tự do (dẫn điện) → đến đây lại xuất hiện một khái niệm mới là lỗ trống → cái này thì cũng dễ tưởng tượng nếu giả sử các bạn xúc một xẻng đất (điện tử) thì các bạn sẽ để lại trên nền một cái hố → cái hố này chính là lỗ trống.

- Như vậy các bạn đã hiểu thế nào là lỗ trống → có lẽ cảm nhận của các bạn là lỗ trống này có vẻ là cố định chẳng di chuyển được vì thực tế làm sao mà nó di chuyển được ☺ → tuy nhiên chúng ta có thể xem như nó di chuyển được bằng cách tưởng tượng bạn lấp lỗ trống đầy bằng một xẻng đất bên cạnh → lỗ trống ban đầu đã mất đi trong khi lỗ trống mới xuất hiện ở xẻng đất vừa xúc lên → có thể coi như lỗ trống di chuyển từ vị trí đầu sang vị trí hai. Tóm lại là nếu giáo viên có hỏi hạt mang điện nào gây ra tính dẫn điện trong bán dẫn thì nhắm mắt mà trả lời: “Điện tử và lỗ trống”. Lỗ trống có di chuyển được không? → 100% là có.

- Phân loại bán dẫn → để phân loại bán dẫn người ta thường chia làm hai loại:

- *Bán dẫn tinh khiết*: nghe tên cũng đã biết đây là loại bán dẫn không có tạp chất tức là nếu chất bán dẫn tinh khiết là Si thì trong đây không được tồn tại những nguyên tử khác (trong thực tế thì không bao giờ có bán dẫn hoàn toàn tinh khiết 100% → làm gì có cái gì hoàn hảo đâu o.o)
- Bán dẫn tạp chất: gồm có hai loại n và p → phụ thuộc vào loại tạp chất pha vào → nếu tạp chất là nguyên tử thuộc nhóm 5 (thừa điện tử) ta sẽ thu được bán dẫn loại n và nếu tạp chất là nguyên tử thuộc nhóm 3 (thiếu điện tử tức là thừa lỗ trống) ta sẽ thu được bán dẫn loại p. Trong mỗi loại bán dẫn trên thì hạt điện (điện tử hoặc lỗ trống) chiếm đa số thì hạt đó gọi là hạt cơ bản và hạt còn lại là hạt không cơ bản. Tóm lại:

○ Bán dẫn loại n: $n_e \gg n_p$ (điện tử là hạt cơ bản)

○ Bán dẫn loại p: $n_p \gg n_e$ (lỗ trống là hạt cơ bản)

- Ứng dụng của bán dẫn khá đa dạng, nhưng hai ứng dụng phổ biến nhất chính là chế tạo diode và transistor. Đó chính là lý do mà tại sao bài thí nghiệm này tập trung nghiên cứu hai đặc tính cơ bản của hai thiết bị này.

a. Diode

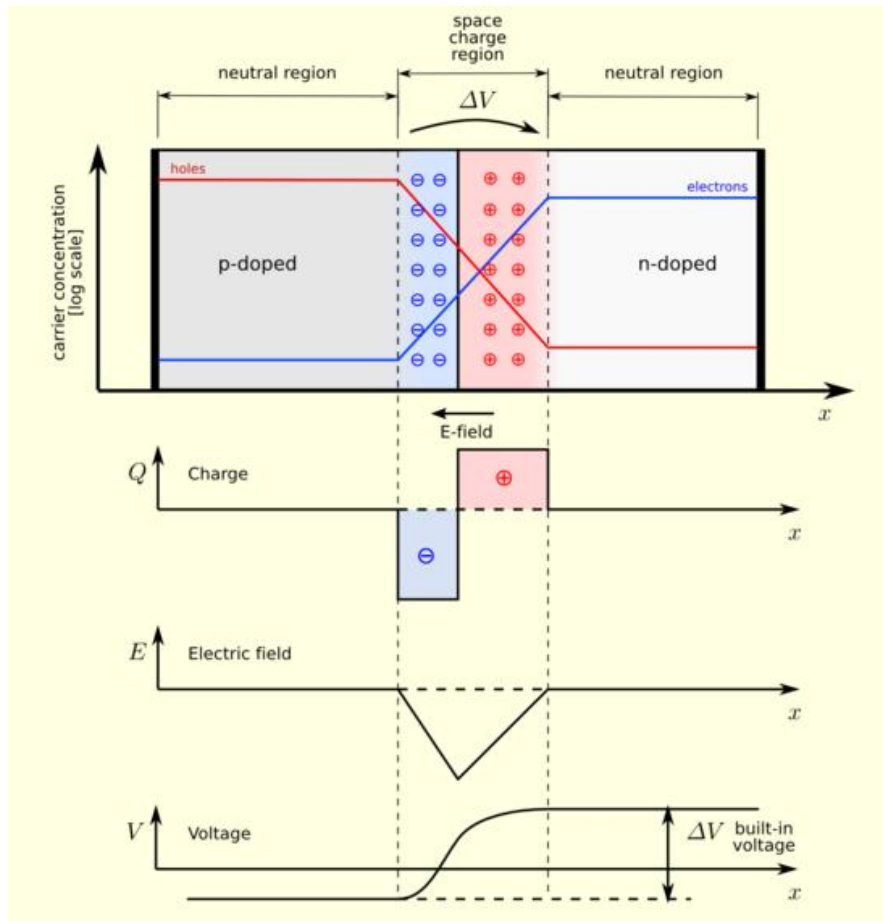
- Diode được tạo thành khi cho hai bán dẫn loại p và bán dẫn loại n tiếp xúc với nhau → khi tiếp xúc với nhau thì điều gì sẽ xảy ra? Chắc ai trong chúng ta cũng đều biết đến hiện tượng khuếch tán khí từ khu vực có nồng độ cao sang khu vực có nồng độ thấp. Đối với các hạt điện cũng tương tự, khi cho bán dẫn loại n tiếp xúc với bán dẫn loại p thì do chênh lệch nồng độ hạt điện mà lỗ trống sẽ khuếch tán từ miền p (**miền có nồng độ lỗ trống tự do cao**) sang miền n (**miền có nồng độ lỗ trống tự do thấp**) trong khi điện tử sẽ khuếch tán từ miền n (**miền có nồng độ điện tử tự do cao**) sang miền p (**miền có nồng độ điện tử tự do thấp**).

- Tuy nhiên quá trình khuếch tán này không xảy ra được lâu. Sau một thời gian khuếch tán khu vực n phát hiện mình mất điện tử nhiều quá trong khi khu vực p phát hiện ra là lỗ trống của mình cứ chạy đi đâu mất → **và thế là một hàng rào được thiết lập**: điện tử bỏ đi để lại một miền mang điện dương (vì mất điện tử) trong khi lỗ trống bỏ đi để lại miền mang điện âm (vì mất lỗ trống) → một điện trường sẽ được hình thành để ngăn cản dòng khuếch tán → xuất hiện thêm dòng mới là dòng trôi của các điện tích không cơ bản dưới tác dụng của điện trường → dòng trôi sẽ ngược chiều với dòng khuếch tán → ở trạng thái cân bằng động thì $I_{kt} = I_{tr}$ (miền điện tích âm và miền điện tích dương kết hợp với nhau và tạo thành

vùng điện tích không gian hay vùng nghèo → do ít hạt điện trong vùng này nên gọi là vùng nghèo thôi ☺).

- Chú ý: có rất nhiều bạn nghĩ bán dẫn loại n có nhiều điện tử tự do thì bình thường nó sẽ mang điện âm, còn bán dẫn loại p sẽ mang điện dương. Chúng ta phải hiểu là điện tử và lỗ trống ở đây là điện tử và lỗ trống tự do (tức là có thể di chuyển trong khối bán dẫn) chứ tổng điện tích của khối bán dẫn luôn trung hòa (vì các nguyên tử cấu thành lên chất bán dẫn đều ở trạng thái trung hòa mà chẳng nhẽ sự ghép nối của các phân tử trung hòa lại thành một phân tử mang điện → very sai lầm) ☺.

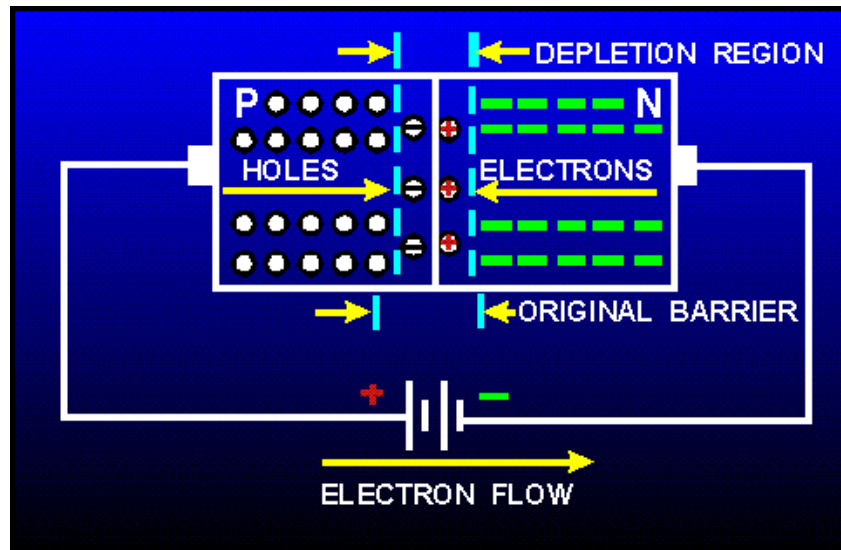
- Hình 1 mô tả cơ chế khuếch tán và hình thành vùng điện tích không gian. Đường màu đỏ là đường biểu diễn nồng độ lỗ trống và đường màu xanh là đường biểu diễn nồng độ điện tử. Dễ thấy là nồng độ lỗ trống sẽ giảm dần khi sang miền n và nồng độ điện tử giảm dần khi sang miền p. Ta thấy tồn tại một hiệu điện thế nội (ΔV built-in) giữa hai miền p và n.



Hình 1. Tiếp giáp p-n

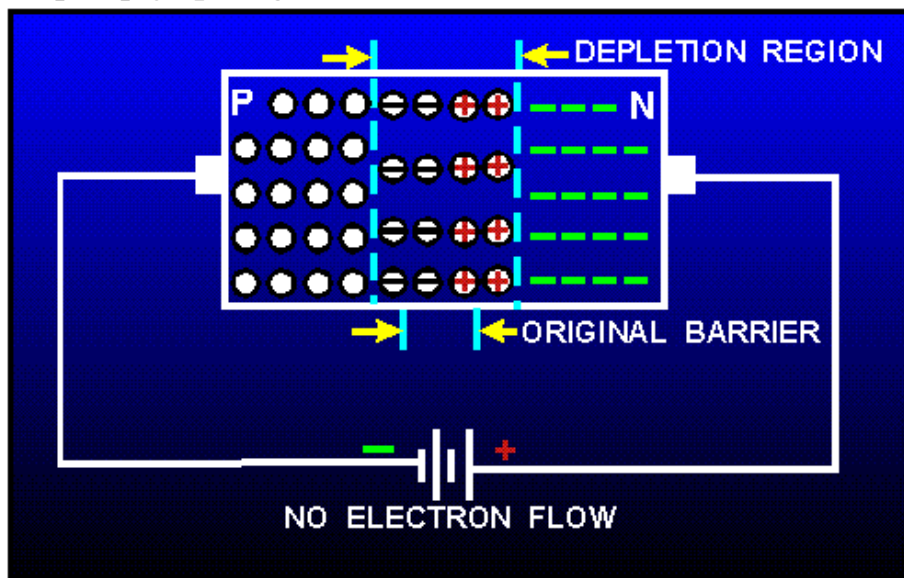
- Bây giờ nếu đặt hiệu điện thế vào tiếp giáp p-n thì điều gì sẽ xảy ra? → dễ thấy có hai trường hợp xảy ra là:

- Phân cực thuận: miền p nối với cực +, miền n nối với cực –
- Phân cực ngược: miền p nối với cực –, miền n nối với cực +



Hình 2. Phân cực thuận

Quá trình phân cực thuận có nghĩa là ta đặt vào một điện trường lớn và ngược chiều với điện trường tiếp xúc (điện trường trong vùng nghèo) → dòng khuếch tán sẽ lớn → có nghĩa là vùng nghèo điện tích bị co lại (giống như ta thu hẹp khoảng cách hai bức tường thì lượng người nhảy qua được bức tường đó sẽ tăng lên) → điện trở của lớp tiếp giáp pn giảm



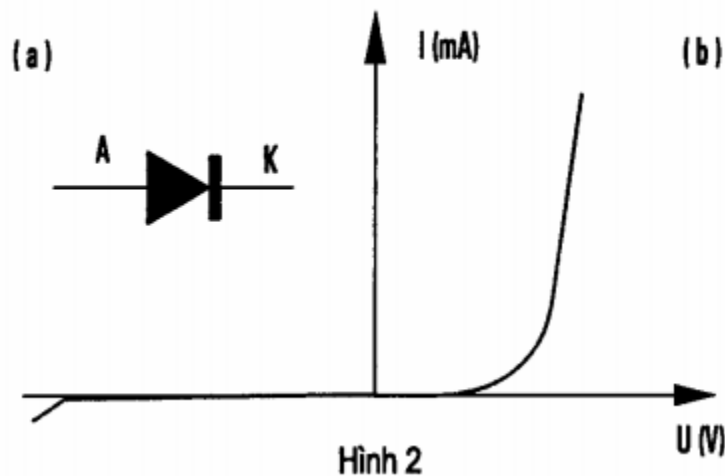
Hình 3. Phân cực ngược

Quá trình phân cực thuận có nghĩa là ta đặt vào một điện trường lớn và cùng chiều với điện trường tiếp xúc (điện trường trong vùng nghèo) → vùng nghèo sẽ được mở rộng → khiến cho các hạt mang điện rất khó có thể di chuyển qua được → điện

trở tiếp giáp p-n lớn

Như vậy ta thấy trong trường hợp phân cực thuận thì có dòng điện chạy qua diode trong khi phân cực ngược thì do điện trở lớn nên không có dòng chạy qua diode → chỉ cho dòng chạy theo một chiều → đây chính là tính chỉnh lưu của diode (chỉnh lưu có nghĩa là chỉ cho chạy qua theo một chiều).

- Đối với Diode chúng ta quan tâm tới đường đặc trưng Vôn – Ampe → thông qua đường đặc trưng Vôn – Ampe mà chúng ta có thể biết được chất lượng của Diode → cái này thì các kỹ sư điện tử hay vật lý sau này nếu muốn học lên cao nữa thì đều phải nắm vững. Nửa trái là ở chế độ phân cực ngược và nửa bên phải trục I là chế độ phân cực thuận. Chú ý trong vùng phân cực ngược tồn tại một hiệu điện thế gọi là hiệu điện thế đánh thủng → đây gọi là kiểu tức nước vỡ bờ, con giun xéo lắm cũng quằn. Nếu mà ta cứ tiếp tục tăng hiệu điện thế phân cực ngược quá lớn (vận cho sướng tay) thì diode sẽ bị hỏng củ tỏi ngay ☺.



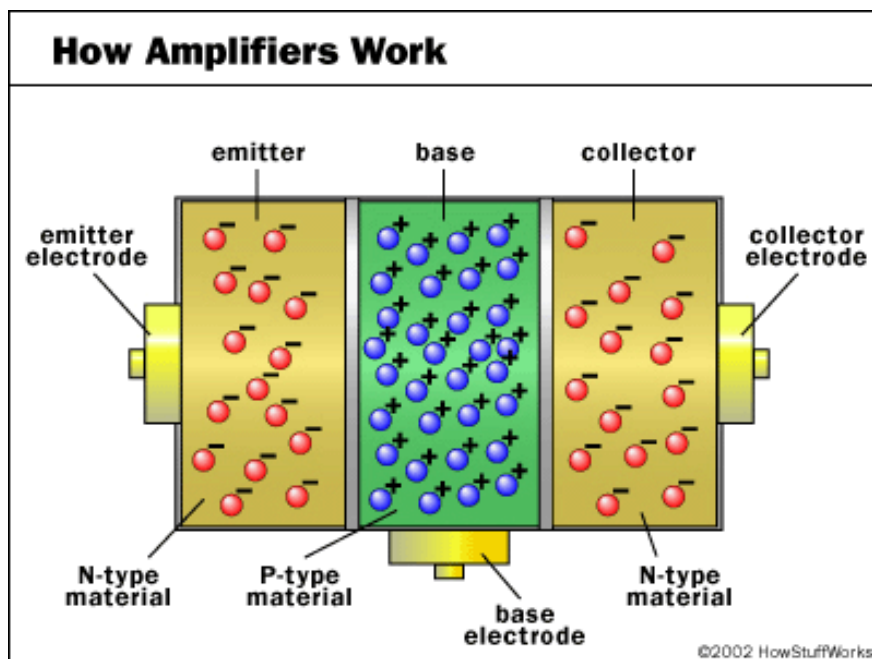
Hình 4. Đường đặc trưng V-A của Diode

b. Transistor:

- Transistor là dụng cụ bán dẫn được tổ hợp từ 3 miền bán dẫn có độ dẫn điện khác nhau, trong đó miền ở giữa có độ dày rất nhỏ (cỡ vài micro mét) → có hai loại là *npn* và *pnp*

- Transistor thường có ba miền ứng với mỗi miền là ba cực

- Miền Base (miền ở giữa) – cực base (cực gốc)
- Miền Emitter – cực Emitter (cực phát)
- Miền Collector – Cực Collector (cực góp)



Hình 5. Sơ đồ cấu tạo của transistor npn

→ Dễ thấy có hai tiếp giáp pn trong mỗi một transistor.

- Cấu tạo thì đơn giản như vậy, nhưng hoạt động của transistor như thế nào thì nhiều bạn vẫn còn mơ hồ (mặc dù đã học qua từ thời phổ thông, chắc học ít chơi nhiều nên kiến thức cũng rơi rụng khá nhiều ☺). Để transistor hoạt động thì theo sách hướng dẫn là lớp tiếp xúc BE phải phân cực thuận, còn CB phải phân cực ngược → nhưng nhiều khi các bạn lại không nhớ là cái nào phân cực thuận cái nào phân cực ngược nhất là khi bị giáo viên hỏi liên tục → làm thế nào bị گیر? Chẳng nhẽ lựa chọn phương án 50% 50% → khá may rủi. Cách nhớ dễ nhất là gắn với một câu nói nào đó. Để nhớ hoạt động của transistor tôi thường nhớ khẩu quyết sau: **Bé Tý Chưa Biết Nghịch** → BETCBN (BE: tiếp giáp BE, T: thuận, CB: tiếp xúc CB, N: ngược → quá dễ nhớ và không bao giờ nhầm).

- Nhưng đến đây nếu giáo viên hỏi tại sao BE phân cực thuận còn CB phân cực ngược thì rất rất nhiều bạn mắt chớp chớp miệng đớp đớp và hi vọng sự trợ giúp của đồng đội. Nhìn sang đồng đội thì cũng chả sáng sủa hơn mình là mấy. Chẳng nhẽ lại bảo sách bảo thế → trả lời kiểu đấy thì xác định là về vườn. Các bạn phải nhớ bản chất của hai quá trình phân cực thuận và ngược.

- Phân cực thuận: làm tăng dòng khuếch tán.
- Phân cực ngược: làm tăng dòng trôi

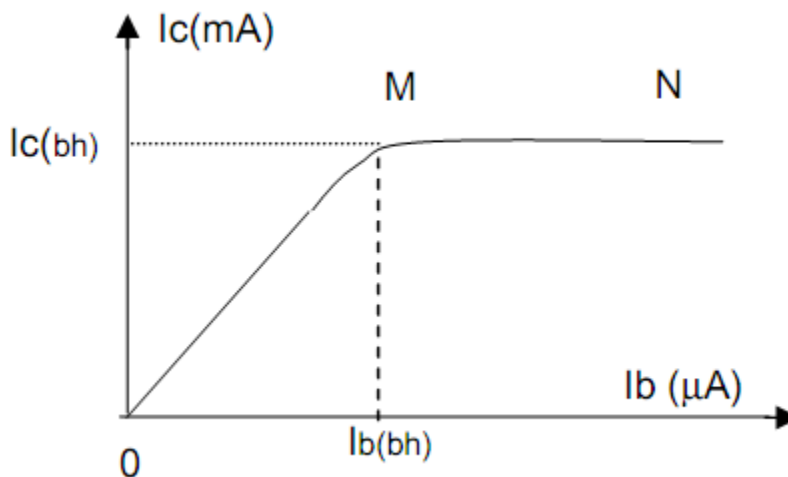
Khi BE phân cực thuận sẽ có một dòng điện tử phun từ miền E sang miền B (đây chính là lý do mà người ta gọi là miền E – tiếng anh có nghĩa là phát, phun). Khi

các điện tử đến tập trung tại miền B thì vấn đề bắt đầu xuất hiện, miền B thì chật hẹp, điện trở suất lại lớn nên các điện tử rất khó khăn trong việc di chuyển tới cực B \rightarrow dòng I_B khá nhỏ. Tình hình đang rất là căng thẳng, điện tử dồn về miền B khá nhiều trong khi qua cực B lại rất ít \rightarrow làm sao để giải quyết tình trạng tắc nghẽn này \rightarrow lúc này cánh cửa C sẽ được mở bằng cách phân cực ngược lớp tiếp xúc CB (chú ý là phân cực ngược chứ lỡ tay mà phân cực thuận thì điện tử từ miền C lại dồn về tiếp miền B \rightarrow đã đông lại càng đông hơn). Đang tắc nghẽn thì xuất hiện của thoát hiểm thế là các điện tử ồ ạt kéo nhau qua cánh cổng C chứ không cố chen vào cổng B như trước nữa. Kết quả là $I_C \gg I_B$ và người ta đã xây dựng công thức thể hiện mối quan hệ giữa sự thay đổi của I_C và I_B là:

$$\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \beta$$

Trong đó β là một số rất lớn, được gọi là hệ số khuếch đại \rightarrow dễ thấy là I_B thay đổi một lượng rất nhỏ cũng khiến cho I_C thay đổi một lượng lớn \rightarrow đây chính là đặc tính khuếch đại của transistor.

- Khi nghiên cứu transistor người ta thường quan tâm đến đường đặc trưng $I_C = f(I_B) \rightarrow$ gọi là đường đặc tính truyền đạt của transistor. Đường này có dạng:

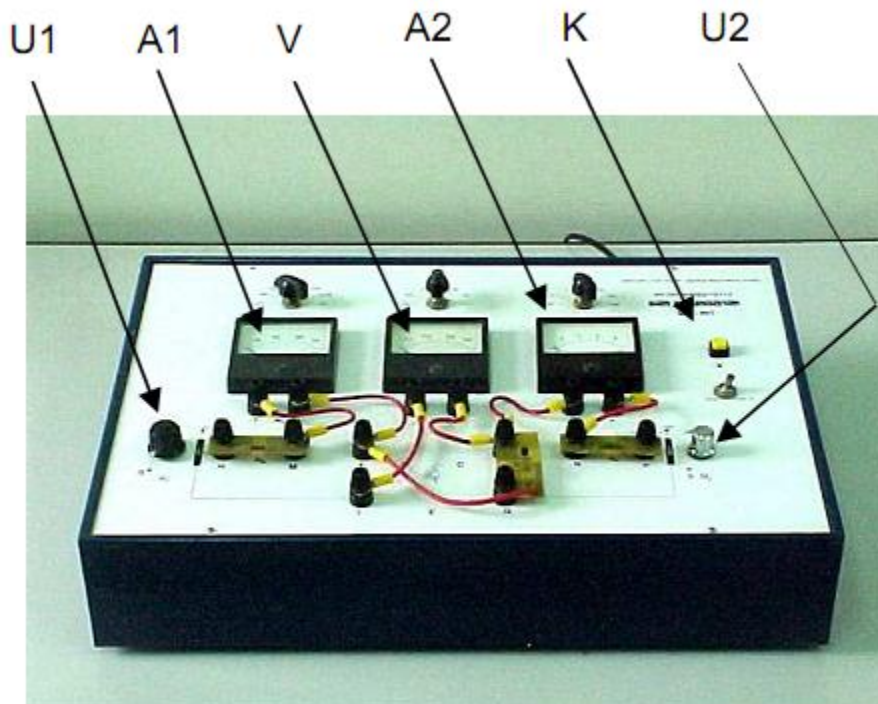


Hình 6. Đặc tính truyền đạt của transistor

Ta thấy đường này có hai miền chính là OM (khuếch đại tuyến tính \rightarrow do là đường thẳng dốc) và MN (chế độ bão hòa \rightarrow khi đó điện trở CE rất nhỏ) \rightarrow như vậy ranh giới giữa hai miền này chính là ở điểm M, tại M có sự thay đổi lớn về điện trở của CE nên ta có thể sử dụng transistor như một công tắc đóng ngắt điện.

3.2. Quá trình đo cần chú ý:

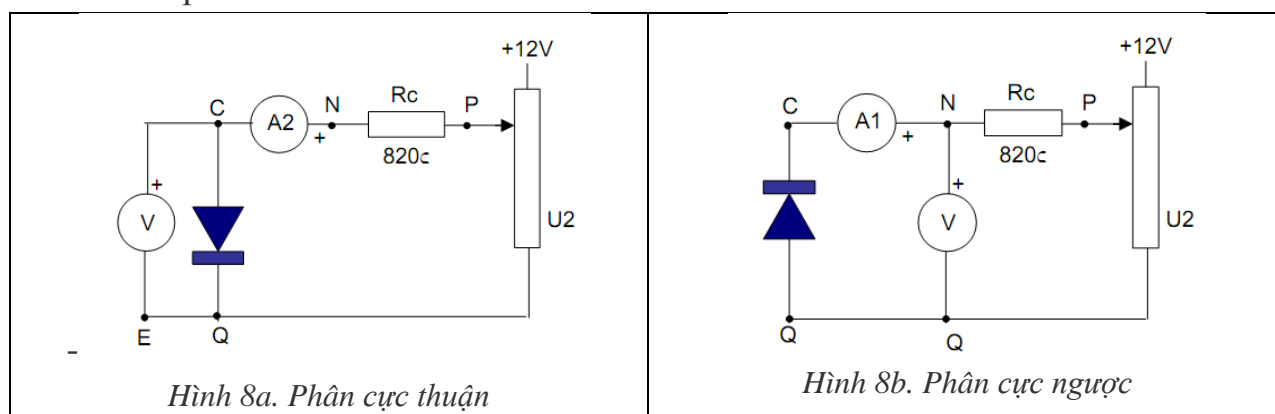
- Hình vẽ dưới đây là hệ máy mà chúng ta tiến hành thí nghiệm. Bộ thí nghiệm gồm có điện trở, dây nối, vôn kế, ampe kế và tất nhiên không thể thiếu được diode và transistor



Hình 7. Bộ thí nghiệm khảo sát tính chất diode và transistor

- Mọi thao tác lắp mạch, tháo mạch đều phải được tiến hành khi đầu đã tắt nguồn (không bao giờ được đầu điện sống)

a. Đối với phần diode



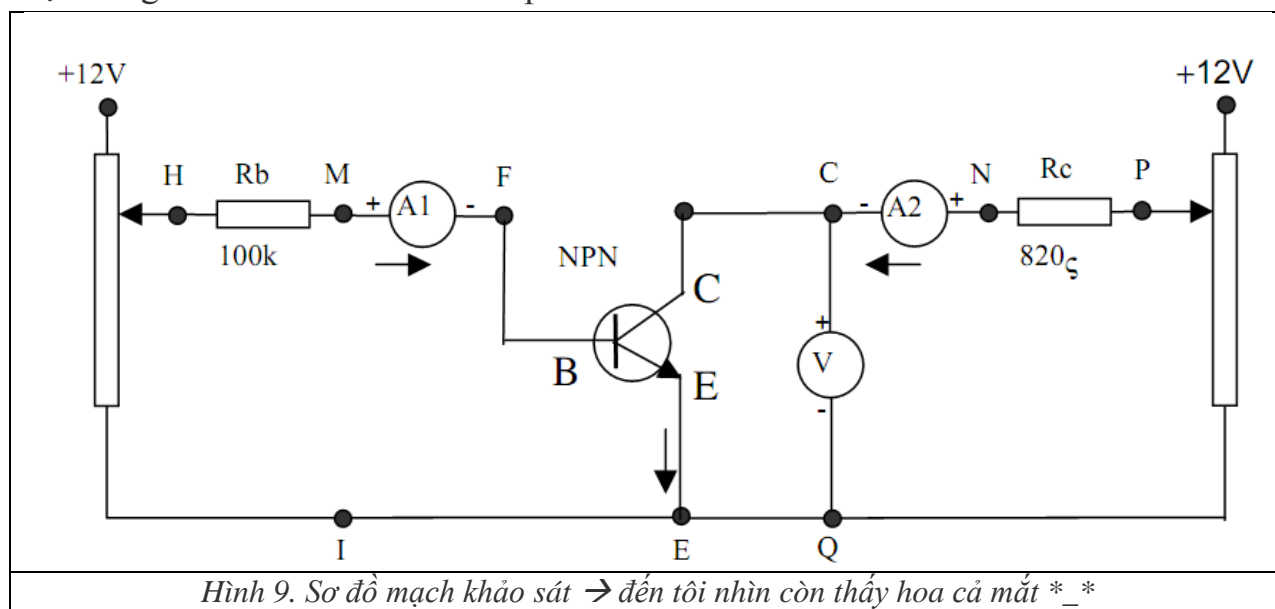
- Trong phần khảo sát đặc tính của diode các bạn sẽ phải làm hai phần là khảo sát diode khi phân cực thuận và khi phân cực ngược để vẽ đường đặc trưng VA. Mạch bài này thì cũng dễ mắc và cần chú ý là mắc phân cực thuận cho đúng (dựa vào kí hiệu trên diode để xác định đâu là miền p đâu là miền n (cái này hi vọng chắc ai

cũng biết). Ngoài ra nhớ đừng quên điện trở bảo vệ, chọn thang đo cho phù hợp (Vôn kế 10V, ampe kế A2 10mA).

- Khi mắc xong mạch nhớ mời giáo viên ra kiểm tra → ok thì đo tiếp
- Đối với mạch phân cực thuận các bạn sẽ thấy khi tăng U thì I cũng sẽ tăng. Còn khi phân cực ngược thì tăng U các bạn sẽ không thấy I tăng → thế mà lần nào tôi hướng dẫn cũng có bạn giờ tay phát biểu ý kiến rất hùng hồn là mạch có vấn đề em vặn mãi mà chẳng thấy kim ampe quay → lộ rõ kiến thức nắm chưa rõ → đây gọi là đã không biết lại còn tỏ ra nguy hiểm ☺

b. Transistor:

- Mạch bài này thì vô cùng phức tạp, mắc không cẩn thận là hi sinh. Ngoài ra các bạn cũng nên kiểm tra các chỗ tiếp xúc xem chắc chắn chưa.



Hình 9. Sơ đồ mạch khảo sát → đến tôi nhìn còn thấy hoa cả mắt *_*

- Tuy nhiên, không có việc gì khó chỉ sợ mình không liều. Chúng ta cứ mắc theo thứ tự sau:

- B1: Đấu thô trước → đấu điện trở và transistor vào trước. Chú ý khi đấu transistor phải để ý không là để E lên trên và C xuống dưới. Trên transistor đều ghi ký hiệu các cực rồi nên các bạn cứ thế mà lắp thôi.
 - B2: Bắt đầu đấu Ampe kế và vôn kế vào → chắc không đến nỗi quá khó. Nhớ là Vôn kế luôn đấu vào CE và để ý đến cực một chút.
 - B3: Đấu dây nguồn vào mạch → mời giáo viên kiểm tra → thế là xong
- ➔ Đừng bao giờ học hì học đầu từ phải sang trái, tất nhiên là đầu kiểu đây không sao nhưng nó sẽ khiến các bạn bị loạn khi mắc mạch phức tạp.

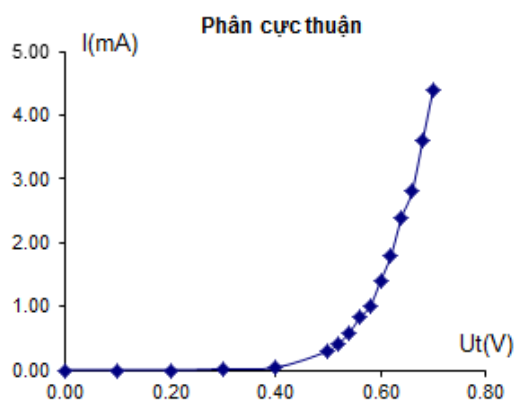
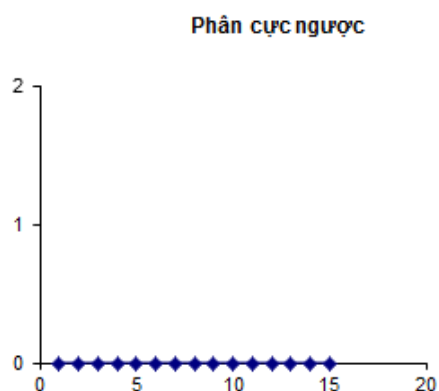
- Về số liệu \rightarrow để kiểm tra số liệu có chuẩn không thì các bạn phải để ý tới giá trị I_B và I_C của từng trường hợp đo. Thông thường I_B thường cách đều nhau \rightarrow kiểu gì thì I_C **bảo hòa cũng phải cách đều nhau**.

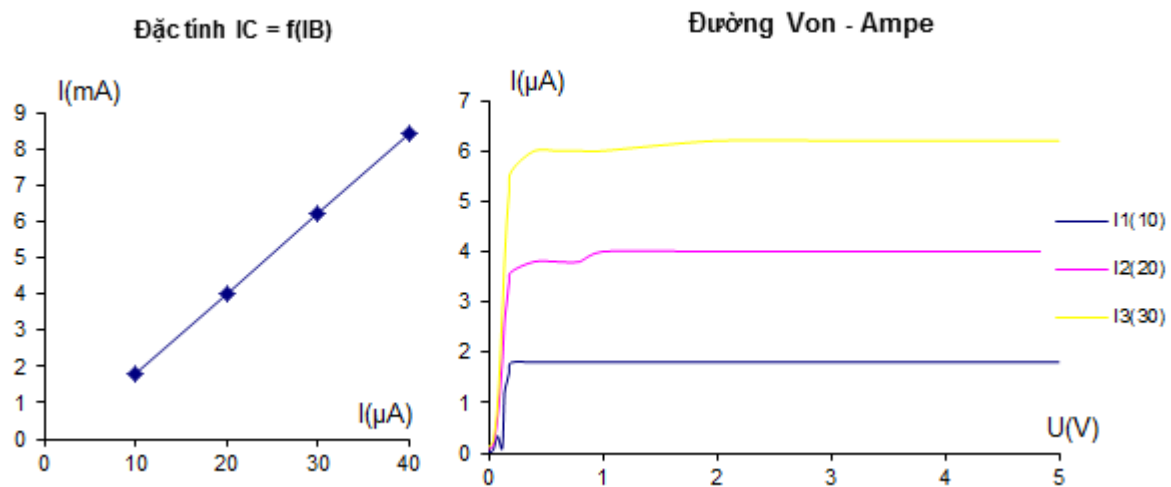
4. Xử lý số liệu:

- Bài thí nghiệm này có liên quan tới đồ thị \rightarrow xác định ô sai số \rightarrow vẽ đồ thị (nhớ chú thích kích thước và đơn vị của ô sai số, một cạnh của ô sai số có độ dài bằng $2 \times \Delta U$ và $2 \times \Delta I$ còn ΔU và ΔI bằng bao nhiêu thì *tự túc hạnh phúc* \rightarrow bài này lỗi ô sai số là rất nặng nên các bạn phải rất chú ý.

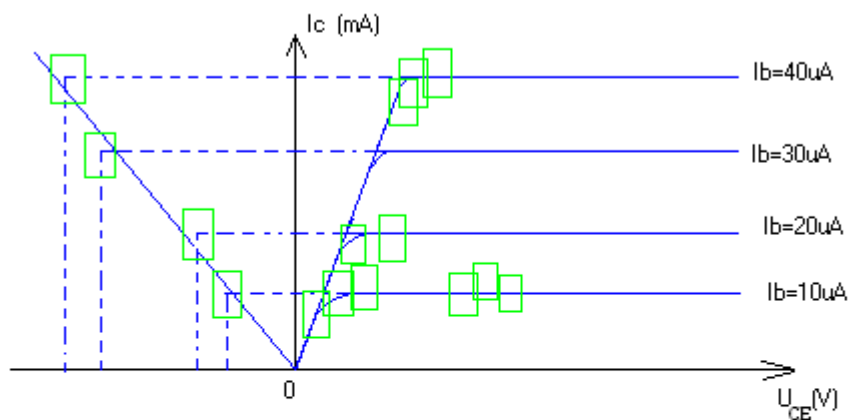
5. Báo cáo mẫu: (chú ý là số liệu chỉ mang tính chất tham khảo và đồ thị chỉ là dạng chứ không phải là đồ thị chuẩn \rightarrow nếu copy nguyên thì 100% bị trả lại bài)

A. Diode																	
Um =	1 - 10	V															
It =	1 - 10	mA															
In =	100	μA															
Chiều thuận	U(V)	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7
	I(mA)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.30	0.42	0.58	0.82	1.00	1.40	1.80	2.40	2.80	3.60	4.4
Chiều nghịch	U(V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
	I(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
B. Transistor																	
Um =	1	10	V														
It =	1	10	mA														
In =	100	μA															
IB	UCE(V)	0.00	0.04	0.08	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
10 μA	Ic(mA)	0.02	0.06	0.34	0.10	1.20	1.40	1.60	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
IB	UCE(V)	0.00	0.04	0.08	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
20 μA	Ic(mA)	0.08	0.16	0.72	1.80	2.60	3.00	3.40	3.60	3.80	3.80	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
IB	UCE(V)	0.00	0.04	0.08	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
30 μA	Ic(mA)	0.12	0.24	1.00	2.80	3.80	4.60	5.20	5.60	6.00	6.00	6.00	6.00	6.20	6.20	6.20	6.20



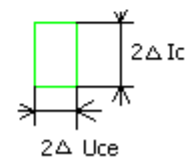


Dưới đây là đồ thị chuẩn của bài này với đầy đủ ô sai số.



Đường đặc trưng Volt - Ampere của Transistor
 Chú thích: Các ô sai số (! Các ô sai số có thể chồng lên nhau)
 (Trong hình chỉ vẽ biểu trưng một vài ô sai số)

HÌNH VẼ ĐÚNG



<http://svbk.org>

CHÚC MỌI NGƯỜI HỌC TỐT ^_^