

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**



**BÁO CÁO HỌC THUẬT
NĂM HỌC 2025-2026**

**TRAO ĐỔI NỘI DUNG BÀI GIẢNG CHƯƠNG 3+4 CỦA
HỌC PHẦN VẬT LIỆU VÀ CÔNG NGHỆ BÁN DẪN**

Người báo cáo: **Đỗ Thị Hồng Hải**

Đơn vị: **Bộ môn Vật lý, Khoa KHCB**

Hà Nội – 12/2025

MỞ ĐẦU

Học phần **Vật liệu và công nghệ bán dẫn** là một trong những học phần tự chọn nhưng đặc biệt quan trọng, là môn cơ sở nền cho sinh viên ngành Kỹ thuật vật liệu, tạo nền tảng kiến thức vững chắc cho sinh viên học tập các môn chuyên ngành về kỹ thuật vật liệu tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Trong nghiên cứu vật liệu, ngoài hiểu biết về cấu trúc, hình thái và tính chất của vật liệu thì người ta còn quan tâm đến việc phân loại vật liệu, từ đó xây dựng công nghệ chế tạo vật liệu có đặc tính mong muốn. Với ngành Kỹ thuật vật liệu mới mở tại trường Trường Đại học Mỏ - Địa chất, việc xây dựng đề cương chi tiết học phần, hoàn thiện đề cương chi tiết và nội dung bài giảng sao cho phù hợp với thời lượng và chương trình học tập thực tế của sinh viên là rất cần thiết.

Học thuật này trao đổi về nội dung bài giảng Chương 3 và 4 của học phần Vật liệu và công nghệ bán dẫn nhằm xây dựng được bài giảng một cách hiệu quả nhất, phù hợp với chương trình đào tạo ngành Kỹ thuật vật liệu, đảm bảo thuận lợi cho giảng viên và sinh viên trong quá trình dạy và học.

I. Thông tin sơ lược về học phần

1. Tên học phần:

Tiếng Việt: Vật liệu và công nghệ bán dẫn

Tiếng Anh: Semiconductor material and technology

Mã số học phần: 7010277

Số tín chỉ học phần: 3 (3-0-6)

Số tiết học phần:

Lý thuyết: 45; Bài tập: 0; Thực hành: 0.

Thực tập: 0; Đồ án: 0; Tự học: 90;

2. Môn học học trước: Vật lý chất rắn (7010232)

3. Mục tiêu của học phần

Học phần trang bị cho sinh viên các kiến thức cơ bản về vật liệu và công nghệ bán dẫn. Trong đó, học phần tập trung vào các khái niệm, tính chất đặc trưng cơ bản của vật liệu bán dẫn; công nghệ chế tạo và ứng dụng của vật liệu bán dẫn.

3.1 Kiến thức

3.1.1. Cấu trúc mạng tinh thể vật liệu rắn

3.1.2. Những khái niệm, tính chất, đặc trưng cơ bản của vật liệu bán dẫn.

3.1.3. Phân loại vật liệu bán dẫn và công nghệ chế tạo vật liệu bán dẫn.

3.1.4. Các phương pháp xác định thông số của vật liệu bán dẫn.

3.1.5. Ứng dụng của một số vật liệu bán dẫn.

3.2 Kỹ năng

3.2.1. Nhớ được các kiến thức cơ bản về cấu trúc mạng tinh thể, cấu trúc vùng năng lượng, các đặc trưng cơ bản, các tính chất động, tính chất quang của vật liệu bán dẫn.

3.2.2. Nhớ được các cách phân loại vật liệu bán dẫn và công nghệ chế tạo bán dẫn; ứng dụng của một số vật liệu bán dẫn.

3.2.3. Nhớ được cách xác định các thông số của vật liệu bán dẫn như: độ dẫn điện, nồng độ hạt dẫn và tạp chất, độ linh động của hạt dẫn

3.2.4. Hiểu và vận dụng lý thuyết để làm bài tập.

3.3 Chuẩn đầu ra học phần

Sau khi hoàn thành việc học học phần này, sinh viên có thể:

1. Kiến thức:

- Nhớ được các kiến thức cơ bản về vật liệu bán dẫn như: cấu trúc mạng tinh thể, cấu trúc vùng năng lượng, các đặc trưng cơ bản, các tính chất động, tính chất quang của vật liệu bán dẫn; phân loại được vật liệu bán dẫn.
- Nhớ được kiến thức về công nghệ chế tạo, xác định các thông số và ứng dụng của vật liệu bán dẫn.
- Hiểu và vận dụng được các kiến thức của các phần học để làm các bài tập cơ bản.

2. Kỹ năng:

- Có khả năng phân tích, độc lập giải quyết các bài toán định tính, định lượng cơ bản về vật liệu bán dẫn.

3. Năng lực:

- Có khả năng phân tích, giải thích được một số hiện tượng và ứng dụng trong thực tế liên quan đến vật liệu bán dẫn.

4. Phẩm chất:

- Có ý thức vận dụng kiến thức vào các môn khoa học chuyên ngành liên quan và vào đời sống.

4. Tóm tắt nội dung học phần

Nội dung học phần gồm 6 chương được chia thành 2 phần kiến thức:

Phần kiến thức chung về vật liệu bán dẫn như: cấu trúc mạng tinh thể vật liệu rắn; những khái niệm, tính chất, đặc trưng cơ bản của vật liệu; cách phân loại vật liệu bán dẫn, được giới thiệu từ chương 1 đến chương 3.

Phần kiến thức về công nghệ chế tạo, xác định các thông số và ứng dụng của vật liệu bán dẫn được giới thiệu từ chương 4 đến chương 6.

5. Cấu trúc nội dung học phần

Bảng 1. Nội dung học phần

Đề mục	Nội dung	Số tiết	Mục tiêu
Chương 1	Cấu trúc mạng tinh thể vật liệu rắn	5	
1.1	Đối xứng tinh thể	2	3.1.1
1.2	Liên kết trong tinh thể	2	3.2.1
1.3	Sai hỏng trong tinh thể	1	3.2.4
Chương 2	Những khái niệm, tính chất, đặc trưng cơ bản của vật liệu bán dẫn	10	

2.1	Cấu trúc vùng năng lượng	1	3.1.2 3.2.1 3.2.4
2.2	Nồng độ hạt dẫn cân bằng	2	
2.3	Các tính chất động	2	
2.4	Bán dẫn không cân bằng	2	
2.5	Những cấu trúc cơ bản trong linh kiện bán dẫn	2	
2.6	Tính chất quang	1	
Chương 3	Phân loại vật liệu bán dẫn	4	
3.1	Phân loại vật liệu bán dẫn theo thành phần hóa học	2	3.1.3 3.2.2
3.2	Phân loại theo thông số, tính chất vật liệu	2	3.2.4
Chương 4	Công nghệ nuôi đơn tinh thể chế tạo vật liệu bán dẫn	12	
4.1	Tổng quan về công nghệ chế tạo đơn tinh thể	1	3.1.3 3.2.2 3.2.4
4.2	Phương pháp kéo đơn tinh thể Czochralski	2	
4.3	Phương pháp kết tinh định hướng Bridgman	2	
4.4	Phương pháp nóng chảy vùng	2	
4.5	Phương pháp nuôi đơn tinh thể từ pha hơi	1	
4.6	Công nghệ epitaxy	1	
Chương 5	Các phương pháp xác định thông số của vật liệu bán dẫn	10	
5.1	Phân loại các thông số	2	3.1.4 3.2.3 3.2.4
5.2	Các phương pháp xác định độ dẫn điện	2	
5.3	Các phương pháp xác định nồng độ hạt dẫn và tạp chất	2	
5.4	Các phương pháp xác định độ linh động của hạt dẫn	2	
5.5	Các phương pháp đo thời gian sống của hạt dẫn	2	
Chương 6	Ứng dụng của một số vật liệu bán dẫn	4	
6.1	Ứng dụng của bán dẫn hữu cơ	1	3.1.5 3.2.2
6.2	Ứng dụng của bán dẫn vô định hình	1	
6.3	Ứng dụng của bán dẫn hai chiều	1	
6.4	Chấm lượng tử và ứng dụng	1	

6. Tài liệu học tập

Giáo trình:

[1] Phùng Hồ, Phan Quốc Phô, Giáo trình Vật liệu bán dẫn, NXB KH và KT, 2008.

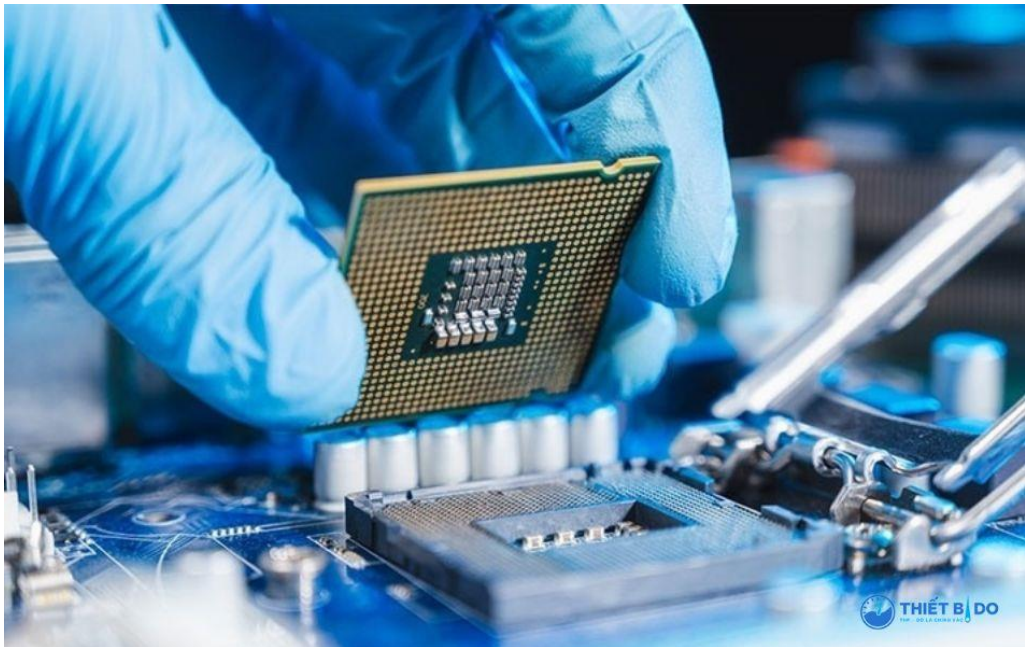
Tài liệu tham khảo:

[2] Phùng Hồ, Phan Quốc Phô, Giáo trình Vật lý bán dẫn, NXB KH và KT, 2001.

[3] Phùng Hồ, Giáo trình Vật lý điện tử, NXB KH và KT, 2001.

II. Nội dung bài giảng Chương 3: Phân loại vật liệu bán dẫn

Trong cuộc sống hiện đại ngày nay, chất bán dẫn đã trở thành một yếu tố quan trọng không thể thiếu trong thiết kế các linh kiện điện tử phục vụ đời sống con người, đóng một vai trò quan trọng trong việc cách mạng hóa thế giới công nghệ.



Bán dẫn là một nhóm vật liệu có tính dẫn điện nằm trung gian giữa kim loại và chất cách điện. Hai loại bán dẫn chung nhất là vật liệu bán dẫn cơ bản nằm ở nhóm IV của bảng tuần hoàn, và vật liệu bán dẫn hợp chất, đa số chúng được hình thành do sự kết hợp đặc biệt của những nguyên tố nhóm III và nhóm V. Bảng 1.1 biểu diễn một phần của bảng tuần hoàn trong đó có những bán dẫn phổ biến và bảng 1.2 liệt kê một vài vật liệu bán dẫn. (Bán dẫn cũng có thể được hình thành từ sự kết hợp của những nguyên tố nhóm II và VI, nhưng nói chung những vật liệu này không được xét trong tài liệu này.)

Bảng 1.1| Một phần của bảng tuần hoàn

III	IV	V
B	C	
Al	Si	P
Ga	Ge	As
In		Sb

Bảng 1.2| Bảng liệt kê vài chất bán dẫn

Bán dẫn cơ bản	
Si	Silic
Ge	Germani
Bán dẫn hợp chất	
AlP	Aluminum phosphide
AlAs	Aluminum arsenide
GaP	Gallium phosphide
GaAs	Gallium arsenide
InP	Indium phosphide

Những bán dẫn cơ bản là những bán dẫn mà trong thành phần cấu trúc của nó chỉ có một loại nguyên tử là silic hoặc germany. Hiện nay silic là bán dẫn phổ biến nhất được dùng trong mạch tích hợp.

Những hợp chất hai nguyên tố chẳng hạn như GaAs hoặc GaP được hình thành bằng sự kết hợp của những nguyên tố nhóm III và V. GaAs là một trong những bán dẫn hợp chất phổ biến hơn cả. Tính chất quang học tốt của nó làm cho nó hữu dụng trong những thiết bị quang học. GaAs cũng được dùng trong những ứng dụng đặc biệt chẳng hạn như những ứng dụng đòi hỏi vận tốc cao.

Bên cạnh đó cũng có những bán dẫn hợp chất 3 nguyên tố. Một ví dụ là $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, trong đó chỉ số dưới x chỉ định phần của nguyên tố có số nguyên tử nhỏ hơn. Những chất bán dẫn phức tạp hơn cũng có thể được hình thành cung cấp sự đa dạng khi chọn tính chất vật liệu.

Vật liệu bán dẫn rất đa dạng, chúng ta khó có thể mô tả một cách chi tiết, đầy đủ tất cả các loại vật liệu đó. Chương 3 trình bày tổng quan về các loại vật liệu bán dẫn đã được nghiên cứu, ứng dụng, phân loại chúng theo các tiêu chí khác nhau. Chương này phân loại vật liệu bán dẫn theo 3 tiêu chí: thành phần hóa học, thông số tính chất quan trọng và theo lĩnh vực ứng dụng. Nội dung của chương 3 được trình bày trong 2 bài.

3.1. Phân loại vật liệu bán dẫn theo thành phần hóa học

Các tính chất quan trọng của vật liệu nói chung và vật liệu bán dẫn nói riêng thường phụ thuộc rất nhiều vào thành phần hóa học của chúng. Theo thành phần hóa học, vật liệu bán dẫn được chia thành 4 nhóm chính

3.1.1. Bán dẫn nguyên tố

3.1.2. Bán dẫn hợp chất $A^{III}B^V$

3.1.3. Bán dẫn hợp chất $A^{II}B^{VI}$

3.1.4. Nhóm các hợp chất vô cơ khác

3.1.5. Các bán dẫn hợp chất hữu cơ

3.2. Phân loại theo thông số tính chất vật liệu

Với mỗi thông số tính chất của vật liệu có thể phân vật liệu ra thành nhiều loại khác nhau. Phần này sẽ phân loại bán dẫn theo cấu trúc của vật liệu và theo tính chất bề rộng vùng cấm.

3.2.1. Phân loại theo cấu trúc của vật liệu

Theo cấu trúc vật liệu thì bán dẫn có thể được chia thành 4 loại. Vì tính chất của vật liệu phụ thuộc nhiều vào cấu trúc của chúng nên các loại vật liệu này rất khác nhau về tính chất, quá trình nghiên cứu ứng dụng chúng cũng rất khác nhau.

1. Bán dẫn đơn tinh thể

2. Bán dẫn đa tinh thể

3. Bán dẫn dạng gốm

4. Bán dẫn vô định hình

3.2.2. Phân loại theo tính chất và bề rộng vùng cấm

Theo tính chất và bề rộng vùng cấm thì bán dẫn được chia thành 3 nhóm:

1. Bán dẫn vùng cấm hẹp

2. Bán dẫn vùng cấm rộng

3. Bán dẫn vùng cấm thẳng, bán dẫn vùng cấm xiên

Ngoài ra, có thể phân loại bán dẫn theo lĩnh vực ứng dụng. Bởi lẽ chất bán dẫn được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học, kỹ thuật và công nghiệp.

II. Nội dung bài giảng Chương IV: Công nghệ nuôi đơn tinh thể chế tạo vật liệu bán dẫn

Vật liệu điện tử dưới dạng đơn tinh thể thường là vật liệu bán dẫn và một số điện môi. Chương này sẽ giới thiệu về công nghệ chế tạo đơn tinh thể bán dẫn. Nội dung của chương 4 được trình bày trong 6 bài.

4.1. Tổng quan về công nghệ chế tạo đơn tinh thể

Vật liệu bán dẫn đơn tinh thể cần phải hoàn hảo về mặt cấu trúc tinh thể và

tinh khiết về mặt thành phần hóa học. Mặc dù người ta vẫn cần những đơn tinh thể có chứa một số tạp chất nhất định. Vì vậy công nghệ chế tạo đơn tinh thể bao gồm 3 công đoạn:

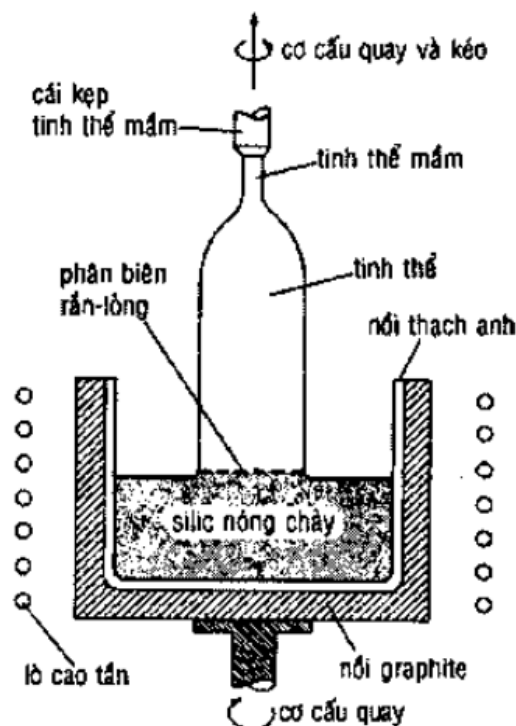
1. Chế tạo, làm sạch
2. Nuôi đơn tinh thể
3. Làm sạch, pha tạp chất

Với mỗi loại vật liệu khác nhau thì các công đoạn cũng khác nhau nhiều và thứ tự tiến hành các công đoạn cũng có thể khác nhau. Trong chương này, tập trung vào những nguyên lý cơ bản trong phương pháp nuôi đơn tinh thể từ pha nóng chảy và những vấn đề liên quan đến sự phân bố tạp chất trong quá trình kéo đơn tinh thể.

4.2. Phương pháp kéo đơn tinh thể Czochralski

Kéo đơn tinh thể Czochralski là một công nghệ đầu tiên trong 21 công nghệ được xem là kỹ thuật bán dẫn bản lề do Czochralski phát minh năm 1918. Nuôi đơn tinh thể bằng phương pháp Czochralski được thực hiện trong một thiết bị gọi là thiết bị kéo đơn tinh thể gồm 3 bộ phận chính.

Thiết bị kéo đơn tinh thể được trang bị một hệ điều khiển tự động để điều



Hình 4-1: Sơ đồ phương pháp kéo đơn tinh thể Czochralski.

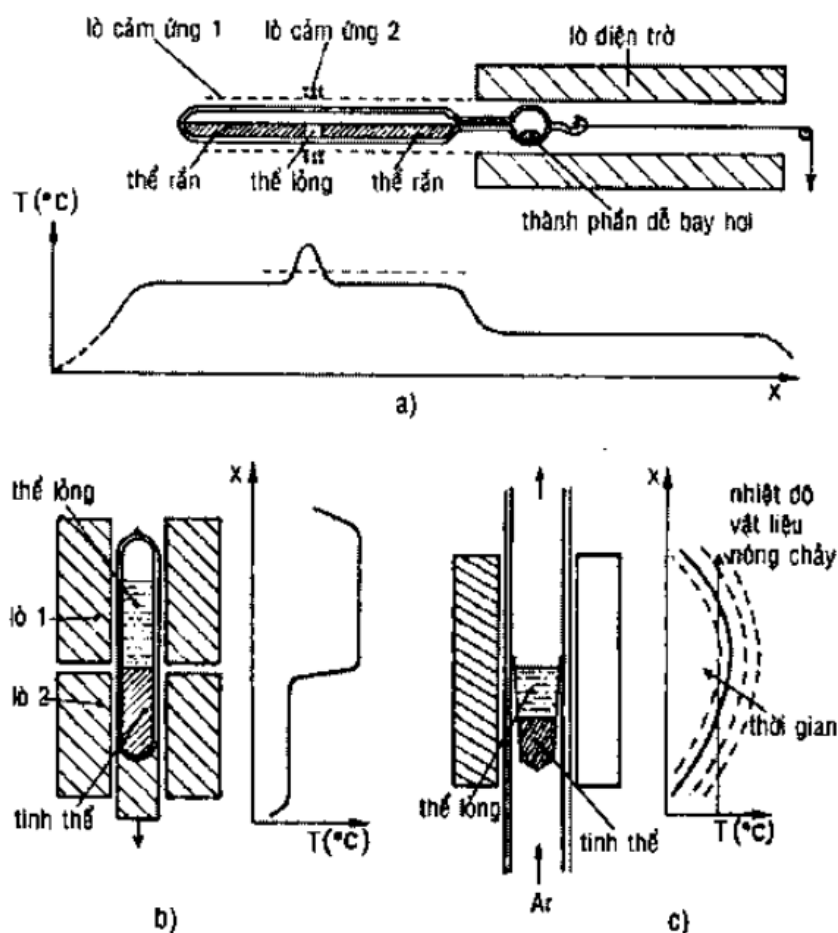
hiển và khống chế các thông số công nghệ như nhiệt độ, đường kính tinh thể, tốc độ kéo, tốc độ quay theo một chương trình tự động.

Ưu điểm của phương pháp kéo đơn tinh thể Czochralski là đơn giản và nuôi được những đơn tinh thể khá tinh khiết, hoàn hảo và có kích thước lớn.

4.3. Phương pháp kết tinh định hướng Bridgman

Phương pháp kết tinh định hướng Bridgman cũng được xếp là một công nghệ bán dẫn bản lề, được Bridgman phát minh năm 1925. Phương pháp này đã được dùng để nuôi đơn tinh thể GaAs và các bán dẫn hợp chất tương tự.

Nguyên lý của phương pháp kết tinh định hướng Bridgman là việc thực hiện kết tinh (làm đông đặc) tuần tự vật liệu nóng chảy đựng trong một chén nung. Chén nung phải sạch, không nhiễm bẩn và không tác dụng với vật liệu nóng chảy, thường bằng thạch anh hay graphit.



Hình 4-2: Ba sơ đồ kết tinh định hướng Bridgman.

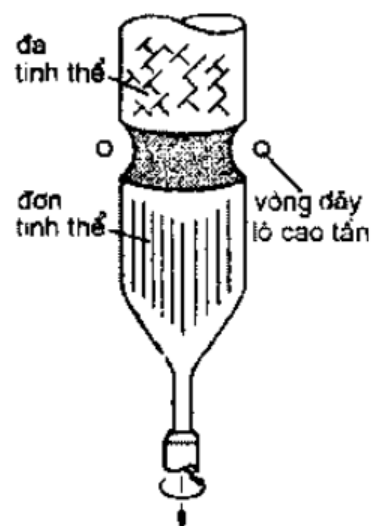
a- Sơ đồ ba vùng T^0 nằm ngang, có bù chất dễ bay hơi; b- Sơ đồ hai vùng T^0 thẳng đứng; c- Sơ đồ thẳng đứng nguội dần.

Phương pháp kết tinh định hướng Bridgman được tiến hành bằng những phương án kỹ thuật khác nhau đối với các vật liệu khác nhau; nhiều giải pháp kỹ thuật đã được sử dụng để đạt được những đơn tinh thể hoàn hảo có kích thước lớn và đúng thành phần hợp thức.

4.4. Phương pháp nóng chảy vùng

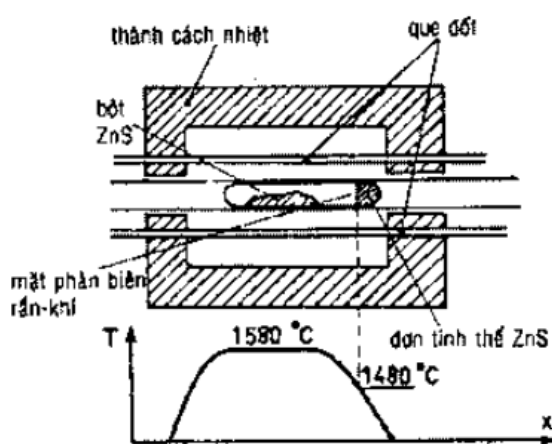
Phương pháp kết tinh định hướng Bridgman và phương pháp kéo đơn tinh thể Czochralski đều có chung nhược điểm là dễ làm nhiễm bẩn tinh thể từ nồi hoặc chén đựng vật liệu nóng chảy. Phương pháp nóng chảy vùng khắc phục được điều đó cho nên nó thường được dùng để chế tạo đơn tinh thể silic sạch dùng trong các linh kiện công suất cao, điện áp cao, cần silic điện trở cao.

Phương pháp nóng chảy vùng là một phương pháp nuôi đơn tinh thể nhưng đồng thời cũng là một phương pháp làm sạch tinh thể có hiệu quả nhất.



Hình 4-3: Sơ đồ phương pháp nóng chảy vùng.

4.5. Phương pháp nuôi đơn tinh thể từ pha hơi



Hình 4-4: Sơ đồ phương pháp nuôi đơn tinh thể từ pha hơi.

Năm 1946 Frerichs lần đầu tiên nuôi được đơn tinh thể CdS từ pha hơi bằng phương pháp động học: đốt nóng Cd đến 900°C trong luồng hỗn hợp khí H_2S và H_2 .

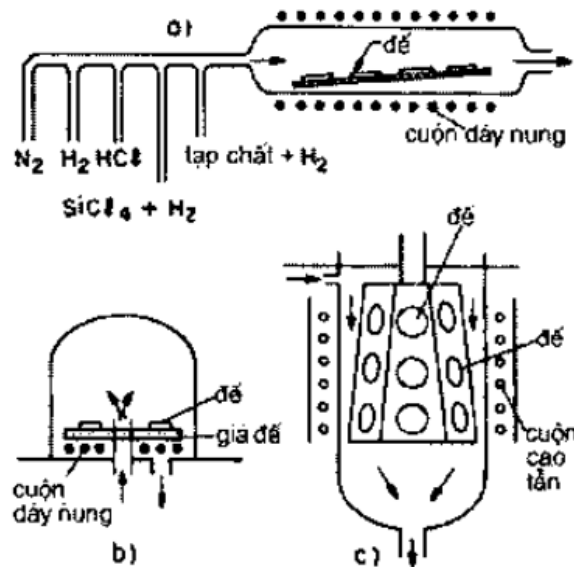
4.6. Công nghệ epitaxy

Công nghệ epitaxy là công nghệ nuôi những lớp đơn tinh thể trên một đế đơn tinh thể (nuôi ghép). Có thể nói rằng trong quá trình epitaxy đế đơn tinh thể đóng vai trò như tinh thể mầm trong các quá trình nuôi đơn tinh thể khác. Điều khác biệt giữa epitaxy và nuôi đơn tinh thể từ pha nóng chảy là lớp epitaxy có thể phát triển ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy.

Các lớp epitaxy có thể được chế tạo bằng 3 phương pháp:

4.6.1. Phương pháp epitaxy từ pha hơi (lắng đọng pha hơi)

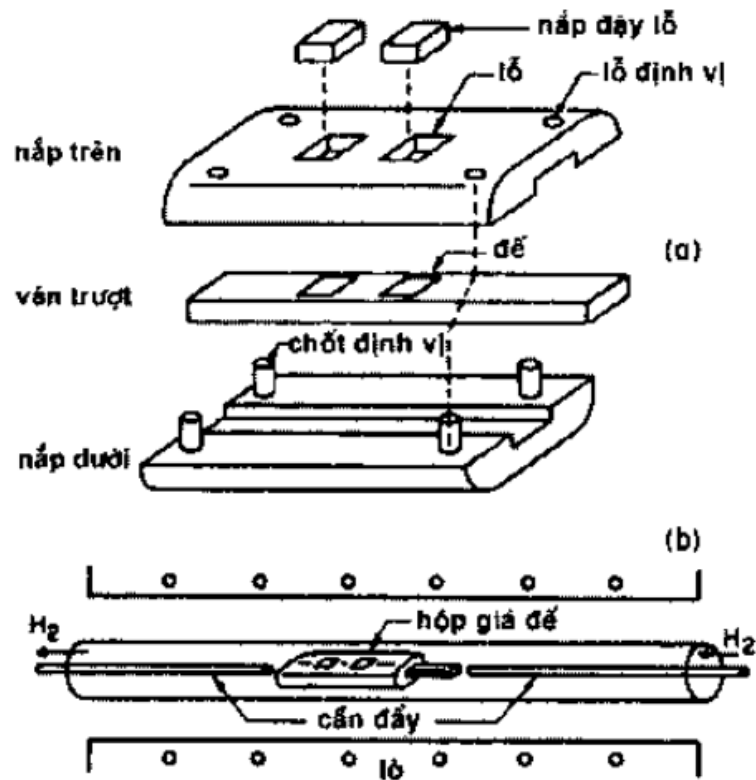
Quá trình epitaxy từ pha hơi bao gồm 4 bước với bộ phận chính của thiết bị epitaxy pha hơi là buồng phản ứng. Trong buồng phản ứng có giá đế, trên có các phiến đế. Giá đế chính là bộ phận cảm thụ năng lượng nhiệt và truyền nhiệt đó cho đế để đốt nóng đế, duy trì và khống chế nhiệt độ đế thích hợp.



Hình 4-12: Ba dạng giá đế thường dùng:
a- Dạng giá đế nằm ngang; b- Dạng đĩa (bánh_dẹt - pancake); c- Dạng chớp cắt (hình thùng - barred).

4.6.2. Phương pháp epitaxy pha lỏng

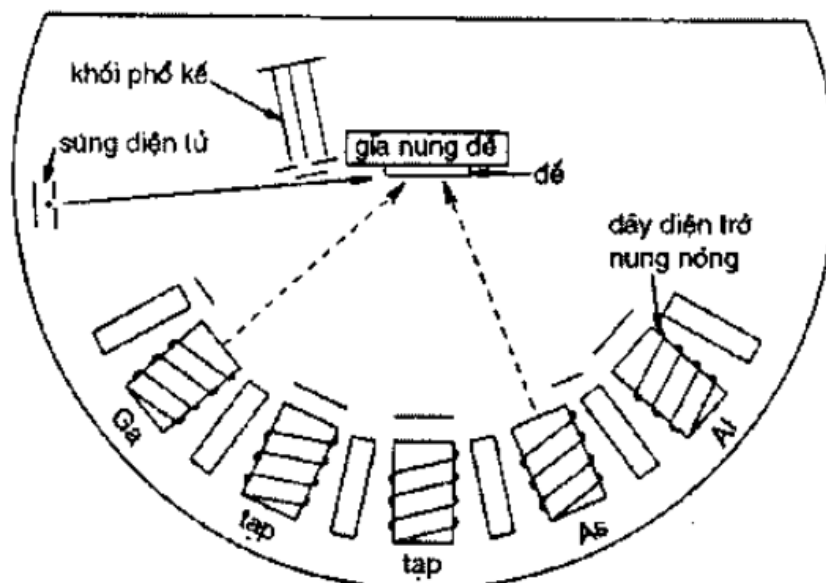
Phương pháp epitaxy pha lỏng cho phép tạo ra những lớp đơn tinh thể trên bề mặt đế đơn tinh thể bằng cách cho trực tiếp kết tinh từ vật liệu nóng chảy.



Hình 4-14: Sơ đồ thiết bị epitaxy pha lỏng:
a- Cấu tạo hộp giả đế; b- Cấu tạo lò nung.

4.6.2. Phương pháp epitaxy bằng chùm phân tử

Epitaxy bằng chùm phân tử là phương pháp dựa vào tương tác của chùm nguyên tử hay phân tử với bề mặt đơn tinh thể trong chân không siêu cao.



Hình 4-15: Sơ đồ hệ epitaxy bằng chùm phân tử MBE.

KẾT LUẬN

Trong công tác mở ngành đào tạo mới tại trường Đại học, việc xây dựng và hoàn thiện đề cương chi tiết của các học phần là một trong số những nhiệm vụ quan trọng, đảm bảo chương trình đào tạo đúng chuẩn theo quy định của Bộ Giáo dục và Đào tạo. Học thuật này trao đổi về nội dung bài giảng Chương 3 và 4 của học phần Vật liệu và công nghệ bán dẫn nhằm xây dựng được nội dung bài giảng một cách hiệu quả nhất, đảm bảo thuận lợi cho giảng viên và sinh viên trong quá trình dạy và học.

Để phát triển đất nước nói chung và phát triển của nền kinh tế, phát triển các doanh nghiệp sản xuất nói riêng, việc đào tạo nguồn nhân lực, đặc biệt là nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực vật liệu là tất yếu. Việc xây dựng chương trình đào tạo kỹ sư Kỹ thuật vật liệu với những kiến thức và kỹ năng vững chắc về các lĩnh vực này của Nhà trường chính là để đáp ứng nguồn nhân lực có trình độ phù hợp cho sự phát triển ngành công nghiệp vật liệu của Việt Nam. Với thời lượng lên lớp không nhiều, việc giao nội dung cho sinh viên tự nghiên cứu, tìm tòi kiến thức, nhất là những kiến thức liên quan đến đời sống hàng ngày, công nghệ đang được sử dụng và phát triển trong tương lai, giúp sinh viên có thái độ tích cực, tự giác trong học tập, cũng như mở rộng tầm hiểu biết của sinh viên.