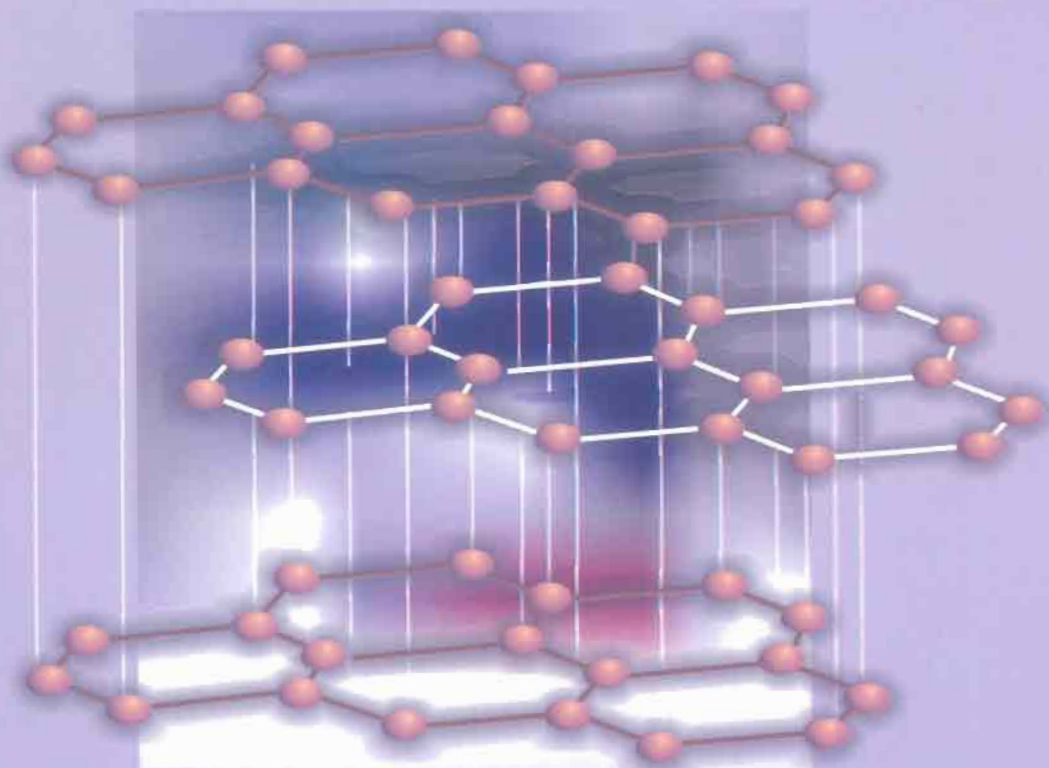




TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
**50** NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN  
VIỆN VẬT LÝ KỸ THUẬT

NGUYỄN CÔNG VÂN - TRẦN VĂN QUỲNH



# CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU ĐIỆN TỬ



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

VIỆN VẬT LÝ KỸ THUẬT  
NGUYỄN CÔNG VÂN, TRẦN VĂN QUỲNH

# CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU ĐIỆN TỬ



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI

## LỜI MỞ ĐẦU

Như ta đã biết, khoa học công nghệ trong giai đoạn cuối thế kỷ XX đầu thế kỷ XXI có tốc độ phát triển như vũ bão. Một trong những ngành khoa học đã góp phần đẩy nhanh tốc độ phát triển đó là ngành *khoa học công nghệ vật liệu*. Chính vì vậy mà không những Nhà nước ta mà các nước tư bản phát triển cũng như nhiều nước đang phát triển đã xem ngành khoa học công nghệ vật liệu là một trong năm ngành mũi nhọn trong lĩnh vực khoa học công nghệ của quốc gia

*Khoa học công nghệ vật liệu* nghiên cứu chế tạo ra các loại vật liệu có những tính chất đặc biệt như: *Siêu bền, siêu cứng, siêu mỏng, siêu sạch* và chịu được nhiệt độ *siêu cao v.v...* Công nghệ vật liệu vừa góp phần tác động thúc đẩy các ngành khoa học công nghệ khác phát triển lại vừa tiếp thu các thành tựu mới của các ngành khoa học công nghệ khác để phát triển không ngừng.

Tuy nhiên, nội dung của giáo trình này chỉ hạn chế trong giới hạn *công nghệ vật liệu điện tử*, trong đó cũng chỉ đề cập tới *công nghệ vật liệu kim loại (phần I)* và *công nghệ vật liệu phi kim loại: Gốm và vật liệu vô định hình (phần II)* là hai trong nhiều loại vật liệu được dùng trong ngành kỹ thuật điện tử và kỹ thuật thông tin.

Trong phần *vật liệu kim loại* do PGS.TS. Nguyễn Công Vân biên soạn sẽ giới thiệu một cách tổng quát lý thuyết kết tinh từ pha lỏng và từ pha khí; nguyên lý công nghệ chế tạo các loại vật liệu siêu sạch đa tinh và đơn tinh, công nghệ chế tạo màng mỏng đạt tới bề dày cỡ micromet bằng các phương pháp EPYTAXI từ thể lỏng, từ thể khí và bằng chùm phân tử. Trong phần *vật liệu kim loại* sinh viên cũng được trang bị một số kiến thức cơ bản về các phương pháp công nghệ chế tạo các loại vật liệu bán dẫn; nguyên tố Si và hợp chất bán dẫn GaAs từ nguyên liệu thô ban đầu thành đa tinh; vật liệu siêu tinh khiết; đơn tinh; các phương pháp pha tạp để tạo thành các loại bán dẫn n, p, cách điện... cũng như các ứng dụng của chúng.

Trong phần *vật liệu phi kim loại: vật liệu gốm và vô định hình* do TS. Trần Văn Quỳnh biên soạn. Gồm các nội dung: *Cấu trúc và tính chất vật lý của vật liệu gốm; công nghệ gốm; các loại gốm kỹ thuật điện tử; vật liệu vô định hình và các phương pháp thử nghiệm gốm.*

Do hạn chế về thời lượng của học trình (60 tiết) nên giáo trình này chỉ đề cập những phần cơ bản nhất về phương diện lý thuyết bản chất vật lý và nguyên lý công nghệ mà không thể đi sâu hơn.

Các tác giả rất cảm ơn GS. TSKH. Phùng Hồ và PGS. TS. Đỗ Ngọc Uẩn đã đọc và sửa chữa bản thảo đã có nhiều ý kiến đóng góp quý báu; cảm ơn Viện Vật lý kỹ thuật và Bộ môn Vật lý và Công nghệ vật liệu điện tử Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã tạo mọi điều kiện để thực hiện giáo trình này cho ngành kỹ sư vật lý và kỹ sư vật lý tài năng trong nhiều năm.

Mặc dù giáo trình này đã được dạy trong nhiều năm và đã được cập nhật, bổ sung nhiều lần cho phù hợp với yêu cầu đào tạo ngành kỹ sư vật lý của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, chắc chắn vẫn không tránh khỏi những sai sót trong quá trình biên soạn. Nếu có gì còn thiếu sót mong các bạn đọc đóng góp ý kiến để lần xuất bản sau được hoàn hảo hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

**Các tác giả**

## LỜI GIỚI THIỆU

Trong chương trình đào tạo kỹ sư vật lý của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, môn học "*công nghệ vật liệu điện tử*" đã được chọn là môn cơ sở chuyên ngành cho tất cả sinh viên thuộc chuyên ngành Vật lý kỹ thuật.

PGS. TS Nguyễn Công Vân và TS. Trần Văn Quỳnh đã giảng dạy môn học này trong nhiều năm. Để có tài liệu học tập cho sinh viên, PGS. TS. Nguyễn Công Vân và TS. Trần Văn Quỳnh đã được giao biên soạn "*Giáo trình Công nghệ vật liệu điện tử*" theo đề cương môn học đã được Hội đồng Khoa học và Đào tạo của Viện Vật lý kỹ thuật thông qua.

Giáo trình "*Công nghệ vật liệu điện tử*" gồm hai phần:

**Phần I:** *Vật liệu kim loại và hợp kim* do PGS. TS. Nguyễn Công Vân biên soạn, bao gồm 5 chương: Trong chương I tác giả trình bày về lý thuyết kết tinh từ thể lỏng và thể khí, đặc biệt về sự hình thành và phát triển mầm của tinh thể. Chương II cung cấp cho người đọc kiến thức về chuyển pha trong kim loại và hợp kim. Tác giả nhấn mạnh các nội dung trong việc nghiên cứu giản đồ pha của hợp kim hai nguyên. Trong chương III các nội dung về bản chất pha dung dịch rắn và các pha trung gian được trình bày kỹ lưỡng. Chương IV nói về công nghệ chế tạo các tinh thể bán dẫn dùng cho việc chế tạo các mạch vi điện tử. Chương V giới thiệu về công nghệ epytaxi từ pha hơi và pha lỏng.

**Phần II:** *Vật liệu gốm và vô định hình* do TS. Trần Văn Quỳnh biên soạn, bao gồm 5 chương (chương 6 đến chương 10): Chương VI giới thiệu về cấu trúc và tính chất vật lý của vật liệu gốm, cung cấp cho người đọc các khái niệm cơ bản và hiểu biết về các tính chất của điện môi. Trong chương VII tác giả trình bày về công nghệ gốm từ các công nghệ gốm truyền thống đến các công nghệ gốm điện tử hiện đại. Chương VIII là chương trình bày chi tiết về các loại gốm dùng trong kỹ thuật điện tử. Chương IX giới thiệu tính chất và công nghệ vật liệu vô định hình. Chương X trình bày về các phương pháp đo lường và thử nghiệm gốm.

Chúng tôi đã đọc kỹ nội dung của giáo trình và có những nhận xét sau đây:

1. Nội dung giáo trình đầy đủ, cập nhật, phù hợp với đề cương môn học đã được Hội đồng Khoa học và Giáo dục của Viện Vật lý kỹ thuật thông qua.

2. Bố cục của giáo trình mạch lạc, nội dung được phân bố theo các chương một cách hợp lý.

3. Giáo trình được viết một cách khoa học, rõ ràng, dễ hiểu, có tính sư phạm cao. Các hình vẽ, đồ thị trình bày tường minh, nghiêm túc.

4. Giáo trình là tài liệu học tập tốt, thích hợp cho sinh viên ngành vật lý kỹ thuật, đồng thời là tài liệu tham khảo cho sinh viên, nghiên cứu sinh cũng như các cán bộ nghiên cứu trong các ngành khoa học kỹ thuật có liên quan đến vật liệu nói chung và vật liệu điện tử nói riêng.

Chúng tôi nhất trí đề nghị sớm xuất bản giáo trình "*Công nghệ vật liệu điện tử*" do PGS. TS. Nguyễn Công Vân và TS. Trần Văn Quỳnh biên soạn, để sinh viên vật lý kỹ thuật cũng như các bạn đọc liên quan có tài liệu sử dụng.

*Hà Nội, ngày 20 tháng 8 năm 2005*

**Những người nhận xét:**

***GS. TS. Phùng Hồ***

***PGS. TS. Đỗ Ngọc Uẩn***

## GIẢI THÍCH Ý NGHĨA CÁC KÝ HIỆU

A	Nguyên tố; nguyên tử, phân tử, hợp chất hoá học...; diện tích; tiết diện; khối lượng bột đang ngâm nước trước khi sấy.
A'	Khối lượng bột sau khi sấy.
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	Tương ứng với kiểu mạng lập phương tâm mặt và lập phương tâm khối.
A <sub>i</sub>	Trọng lượng nguyên tử thứ i.
a <sub>n</sub>	Khoảng cách ngắn nhất giữa các nguyên tử trên bề mặt để với mầm tới hạn.
B	Bậc tự do; nguyên tố; nguyên tử, phân tử, hợp chất hoá học....
b	Khoảng cách giữa hai hố thế.
C, C <sub>S</sub> , c	Điện dung; nồng độ (thành phần)
C <sub>L</sub> , C <sub>S</sub> , C <sub>G</sub>	Nồng độ pha lỏng, pha rắn và pha khí tương ứng.
C <sub>(x,t)</sub>	Nồng độ tập ở vị trí x tại thời điểm t.
C <sub>p</sub>	Nhiệt dung riêng đẳng áp.
C <sub>l</sub>	Hằng số Lagrange.
C <sub>0</sub>	Trị số nồng độ điện tử
D	Đường kính; hệ số khuếch tán.
$\bar{D}$	Vectơ điện cảm (điện dịch).
d	Đường kính nguyên tử.
d <sub>ij</sub>	Tenxơ thành phần môđun áp điện.
E	Năng lượng liên kết giữa các nguyên tử; điện trường.
E <sub>AA</sub> , E <sub>BB</sub> , E <sub>AB</sub>	Năng lượng liên kết giữa các nguyên tử cùng loại và khác loại.
E <sub>g</sub>	Năng lượng vùng cấm.
$\vec{E}, \vec{E}_i$	Vectơ cường độ điện trường; điện trường nội.
E <sub>dh</sub>	Điện trường đánh thủng.
EGS	Viết tắt các từ Electronic- Grade- Silicon (Silic sạch ở mức độ điện tử)

e	Electron.
F	Pherit; lực tác dụng; hàm nhiệt động năng lượng tự do Helhom; chiều dày lớp biến dạng.
$F_A, F_B$	Hàm nhiệt động năng lượng tự do pha khí (theo Helhom) của nguyên A và B.
$F_{\text{ma sát}}, f_{\text{ma sát}}$	Lực ma sát.
f;	Tần số dao động; số lượng các pha trong hệ.
$f_a$	Tần số phản cộng hưởng.
$f_r$	Tần số cộng hưởng.
$f_c$	Tần số kết hợp.
f(v)	Hàm phân bố vận tốc Maxwell-Boltzmann.
G	Hàm nhiệt động năng lượng tự do Gibbs dùng cho dung dịch rắn và lỏng.
GĐTT	Giản đồ trạng thái.
$\Delta G$	Chênh lệch năng lượng giữa pha lỏng và pha rắn.
$\Delta G_l$	Chênh lệch năng lượng giữa pha lỏng và pha rắn trong một đơn vị thể tích.
$\Delta G_{th}$	Chênh lệch năng lượng tới hạn giữa pha lỏng và pha rắn.
g	Gia tốc trọng trường.
$g_A, g_B$	Phần trăm nguyên tử (A và B) tính theo khối lượng.
H	Hàm nhiệt động entanpy.
$\Delta H$	Chênh lệch entanpy giữa pha lỏng và pha rắn
h	Độ ngậm nước.
$h_g$	Hệ số tốc độ của luồng khí.
l	Cường độ dòng điện.
$l_0$	Cường độ dòng điện dò.
$l_v$	Tốc độ sinh mầm thể tích.
I	Các ion âm.
i	Số ảo; chỉ số thứ tự.
J	Mật độ dòng khuếch tán.
$J_a$	Mật độ dòng hấp thụ trên mặt đế.



$J_u$	Mật độ dòng hơi thoát từ pha lỏng.
$j$	Chỉ số thứ tự.
$K$	Nhiệt độ Kelvin; pha khí.
$k$	Hằng số Boltzmann; hệ số khác biệt giữa pha rắn và pha lỏng; hệ số liên kết điện-cơ.
$k_0, k_c$	Hệ số khác biệt cân bằng và hệ số khác biệt hiệu dụng.
$L$	Chiều dài; độ từ cảm; pha lỏng.
$L_{nc}$	Ẩn nhiệt nóng chảy.
LGXC	Kiểu mạng lục giác xếp chặt.
LED	Viết tắt các từ Light Emitting Devices
$M$	Pha Mactenxit; kim loại, khối lượng.
$M^+$	Các ion dương
MBE	Viết tắt các từ Molecular Beam Epytaxi.
MESFET	Viết tắt các từ: Metal Semiconductor Fiel-Efect Transitor.
MOCVD	Viết tắt các từ: Metalorganic Chemical Vapor Deposition
$m, m_0$	Khối lượng nguyên tử.
$m_A, m_B$	Khối lượng nguyên tử của nguyên A và nguyên B.
$m_u$	Khối lượng nguyên tử bốc hơi.
$N$	Số Avogadro; tổng số lượng nguyên tử trong hệ; số vòng quay trong một phút.
$N_{ic}$	Tốc độ sinh mầm hai chiều tới hạn.
$n$	Số thứ tự tự nhiên; mật độ phân tử.
$n_d$	Mật độ nguyên tử khí dư.
$n_0$	Mật độ nguyên tử ban đầu trên bề mặt để có khả năng hấp thụ nguyên tử bay đến.
$P_A, P_B$	Trọng lượng của nguyên A và nguyên B trong dung dịch rắn hoặc lỏng.
$P$	Bề dày mọc thêm trên mầm
$P_m$	Lực kéo đứt mẫu.
PZT	Loại gốm được tạo thành theo công thức $[(Pb(Ti,Zr)O_3)]$ .
PT	Loại gốm được tạo thành theo công thức $BaTiO_3$
$p$	Áp suất; lỗ trống dẫn điện ; pha peclit.

$p_a$	Poiseuille (Poado) (đơn vị đo độ nhớt).
ppma	Một trên một triệu nguyên tử.
ppba	Một trên một tỷ nguyên tử.
$\vec{p}$	Vectơ phân cực.
$P_A, P_B$	Thành phần nguyên tử tính theo trọng lượng.
$P_c$	Áp suất cân bằng trên bề mặt pha lỏng.
$P_1, P_2, P_3$	Xác suất sinh mầm tự sinh, mầm hai chiều và mầm tới hạn.
Q	Năng lượng hoạt; hệ số phẩm chất điện.
q	Điện tích.
R	Hằng số các chất khí lý tưởng; bán kính mầm ; bán kính đường bay của khí; điện trở.
$R_{Cd}$	Điện trở cách điện.
R-H	Hạt chất dẻo có tính axit
R-OH	Hạt chất dẻo có tính kiềm
$r, r^*$	Bán kính mầm và bán kính mầm tới hạn.
S	Hàm nhiệt động entropy; diện tích bề mặt; pha rắn, lượng tạp chất.
$S_{i,j}$	Tenxơ biến dạng.
$s_{11}^E$	Hệ số đàn hồi mềm khi điện trường $E=const$
T, $T_m, T_c$	Nhiệt độ; nhiệt độ tới hạn; nhiệt độ nóng chảy.
$T_{i,j}$	Thành phần tenxơ ứng suất.
t	Thời gian.
T.T.T, (T.N.C)	Viết tắt các từ: Time Temperature Transformation. tương ứng với Thời gian Nhiệt độ Chuyển pha.
$\Delta T$	Độ quá nguội- chênh lệch nhiệt độ giữa pha lỏng và pha rắn khi kết tinh.
U	Công thoát; nội năng của chất khí; điện thế.
$U_{dt}$	Điện thế đánh thủng.
V	Thể tích; tốc độ nguội.
$V_A, V_B$	Hoá trị của nguyên A và nguyên B trong dung dịch.
$V_s$	Năng lượng khuếch tán trên bề mặt đế.
$V_{kt}$	Tốc độ di chuyển của nguyên tử trên mặt đế.