

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC



LÊ XUÂN HIẾU

**CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT ĐIỆN,  
QUANG CỦA MÀNG MỎNG SiGe ỨNG DỤNG  
TRONG PIN MẶT TRỜI THỂ HỆ HAI**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ**

**THÁI NGUYÊN - 2019**

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC



LÊ XUÂN HIẾU

**CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT ĐIỆN,  
QUANG CỦA MÀNG MỎNG SiGe ỨNG DỤNG  
TRONG PIN MẶT TRỜI THỂ HỆ HAI**

**Ngành: Quang học**

**Mã số: 8 44 01 10**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ**

*Cán bộ hướng dẫn khoa học:* 1. TS. VŨ VĂN THÚ  
2. PGS.TS. NGUYỄN VĂN ĐĂNG

**THÁI NGUYÊN - 2019**

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đề tài: *“Chế tạo và nghiên cứu tính chất điện, quang của màng mỏng SiGe ứng dụng trong pin mặt trời thế hệ hai”* là công trình nghiên cứu của tôi dưới sự hướng dẫn của TS. Vũ Văn Thù và PGS.TS. Nguyễn Văn Đăng. Các số liệu và kết quả đưa ra trong luận văn là hoàn toàn trung thực và chưa từng được công bố trong bất cứ công trình nào trước. Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm về lời cam đoan trên của mình.

*Thái Nguyên, tháng 11 năm 2019*

**Tác giả**

***Lê Xuân Hiếu***

## LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, tôi xin bày tỏ lòng kính trọng và gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy TS. Vũ Văn Thú và PGS.TS. Nguyễn Văn Đăng, các thầy đã hướng dẫn tôi hoàn thành luận văn này. Các thầy đã luôn chỉ bảo tận tình, động viên cũng như tạo mọi điều kiện tốt nhất cho tôi trong suốt thời gian thực hiện nghiên cứu.

Tôi xin cảm ơn tới Khoa Vật lí - Công nghệ - Trường Đại học Khoa học - Đại học Thái Nguyên, Viện ITIMS - Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã cho tôi cơ hội được học tập, nghiên cứu và làm thực nghiệm. Trong suốt thời gian làm luận văn, tôi đã luôn nhận được sự giúp đỡ trong công việc, sự động viên, khích lệ của các thầy, đặc biệt là thầy TS. Ngô Ngọc Hà, Viện ITIMS cùng các bạn sinh viên từng học tập và nghiên cứu tại đây. Tôi xin ghi nhận những tình cảm quý báu từ các thầy, các anh chị và các bạn đã giành cho tôi.

Tôi xin cảm ơn tới Ban giám hiệu, tổ bộ môn Vật lí và các thầy, cô giáo trong trường THPT Quảng Hà đã ủng hộ, tạo mọi điều kiện giúp tôi hoàn thành luận văn này.

Cuối cùng, tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn sâu sắc tới gia đình, anh em, bạn thân đã luôn tin tưởng và ủng hộ tôi, giúp tôi vượt qua tất cả những khó khăn trong quá trình học tập, nghiên cứu để có thể hoàn thành được luận văn này.

*Thái Nguyên, tháng 11 năm 2019*

**Tác giả**

*Lê Xuân Hiếu*

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
LỜI CAM ĐOAN .....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU .....	v
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	vi
DANH MỤC CÁC ĐỒ THỊ VÀ HÌNH VẼ .....	vii
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	<b>1</b>
1. Tính cấp thiết của đề tài .....	1
2. Mục tiêu của đề tài .....	3
3. Nội dung nghiên cứu .....	3
4. Phương pháp nghiên cứu.....	3
5. Bố cục của luận văn gồm .....	4
<b>Chương 1. TỔNG QUAN VỀ VẬT LIỆU BÁN DẪN Si và Ge.....</b>	<b>5</b>
1.1. Cấu trúc vùng năng lượng và quá trình tái hợp phát xạ của các hạt tải điện trong vật liệu bán dẫn.....	5
1.1.1. Đặc điểm cấu trúc vùng năng lượng của chất bán dẫn .....	5
1.1.2. Các quá trình phát quang xảy ra trong vật liệu bán dẫn .....	6
1.2. Vật liệu bán dẫn Ge.....	10
1.2.1. Vật liệu bán dẫn Ge tinh thể khối .....	10
1.2.2. Cấu trúc vùng năng lượng và tính chất quang của Ge tinh thể khối ....	12
1.3. Vật liệu bán dẫn Si .....	14
1.3.1. Vật liệu bán dẫn Si tinh thể khối.....	14
1.3.2. Cấu trúc vùng năng lượng và tính chất quang của Si tinh thể khối.....	15
1.4. Vật liệu Si cấu trúc nanô .....	17
1.4.1. Các cấu trúc thấp chiều của vật liệu Si .....	17
1.4.2. Tính chất quang của vật liệu Si cấu trúc nano .....	19
1.5. Sự lai hóa giữa vật liệu nano Si và Ge.....	21
1.6. Pin mặt trời trên cơ sở Si và Ge .....	23

<b>Chương 2. THỰC NGHIỆM</b> .....	26
2.1. Phương pháp phún xạ.....	26
2.1.1. Nguyên lý phương pháp phún xạ .....	26
2.1.2. Các kỹ thuật phún xạ.....	26
2.1.3. Bia phún xạ .....	29
2.2. Một số phương pháp nghiên cứu đặc trưng tính chất .....	30
2.2.1. Phương pháp nhiễu xạ tia X.....	30
2.2.2. Phương pháp tán xạ Raman .....	32
2.2.3. Phương pháp phổ tán sắc năng lượng tia X.....	33
2.2.4. Phương pháp hiển vi điện tử truyền qua phân giải cao.....	34
2.3. Quy trình chế tạo pin mặt trời trên cơ sở Si và Ge .....	37
2.3.1. Chế tạo màng mỏng chứa nano Si-Ge .....	37
2.3.2. Mô tả chi tiết các bước chế tạo .....	38
2.3.3. Quy trình chế tạo pin mặt trời trên cơ sở Si và Ge .....	40
<b>Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN</b> .....	43
3.1. Hình thái cấu trúc và một số tính chất quang của vật liệu hợp kim nano Si-Ge.....	43
3.1.1. Kết quả phân tích thành phần bằng phổ tán sắc năng lượng của vật liệu hợp kim nano Si-Ge trên nền vật liệu SiO <sub>2</sub> .....	43
3.1.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến sự hình thành pha tinh thể hợp kim Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> .....	44
3.1.3. Kết quả phân tích phổ tán xạ Raman của hợp kim Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> .....	46
3.1.4. Kết quả phân tích vi cấu trúc tinh thể của hợp kim Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> .....	47
3.2. Khảo sát đánh giá thông số pin mặt trời .....	49
3.3. Kết quả khảo sát đặc trưng thế dòng (I-V) của pin mặt trời đã chế tạo .....	52
<b>KẾT LUẬN</b> .....	55
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	56

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU

BZ	Vùng Brillouin
DFT	Lý thuyết phiếm hàm mật độ
EDX	Phổ tán sắc năng lượng tia X
E <sub>g</sub>	Độ rộng vùng cấm
FCC	Cấu trúc lập phương tâm mặt
FFT	Phép biến đổi nhanh Fourier
Ge	Nguyên tố Germani
HR-TEM	Hiển vi điện tử truyền qua phân giải cao
NC	Tinh thể nano
SAED	Nhiễu xạ lựa chọn vùng điện tử
Si	Nguyên tố Silic
TEM	Hiển vi điện tử truyền qua
XRD	Nhiễu xạ tia X

**DANH MỤC CÁC BẢNG**

	<i>Trang</i>
Bảng 1.1. Một số thông số vật lý của vật liệu Ge .....	11
Bảng 1.2. Một số thông số vật lý của vật liệu Si .....	14
Bảng 1.3. Sự tương đồng giữa vật liệu Si và Ge .....	16
Bảng 2.1. Bảng mẫu vật liệu $Si_{1-x}Ge_x$ được chế tạo bằng phương pháp đồng phún xạ catốt.....	39
Bảng 3.1. Thành phần các nguyên tố có trong hệ mẫu M1, M2, M3, M4.....	44



## DANH MỤC CÁC ĐỒ THỊ VÀ HÌNH VẼ

	<i>Trang</i>
Hình 1.1. Bán dẫn vùng cấm thẳng .....	6
Hình 1.2. Bán dẫn vùng cấm xiên .....	6
Hình 1.3. Mô hình tái hợp chuyển mức thẳng.....	7
Hình 1.4. Mô hình tái hợp chuyển mức xiên.....	8
Hình 1.5. Mô hình tái hợp thông qua các trạng thái exciton.....	9
Hình 1.6. Mô hình tái hợp Donor - Acceptor .....	10
Hình 1.7. (a) Mô hình cấu trúc tinh thể kiểu kim cương với hai mạng lập phương tâm mặt lồng vào nhau của Ge; (b) Mặt đẳng năng ở đáy vùng dẫn của chất bán dẫn Ge .....	12
Hình 1.8. Cấu trúc vùng năng lượng của Ge trong không gian k .....	13
Hình 1.9. Cấu trúc tinh thể Ge biểu diễn trong không gian 2 chiều.....	13
Hình 1.10. Mô tả cấu trúc tinh thể (a) và vùng Brillouin thứ nhất (b) của silíc .....	15
Hình 1.11. Cấu trúc vùng năng lượng của Si .....	16
Hình 1.12. Mô tả các cấu trúc thấp chiều của Si .....	18
Hình 1.13. Sự phụ thuộc huỳnh quang của các mẫu SiO <sub>2</sub> :Si theo nhiệt độ ủ mẫu và nồng độ Si trong mẫu.....	20
Hình 1.14. Sự phụ thuộc phổ huỳnh quang của mẫu màng SiO <sub>2</sub> :Si theo kích thước hạt nc-Si .....	21
Hình 1.15. Phổ ánh sáng mặt trời thu tại mặt đất A.M.1.5 và phần năng lượng ánh sáng có thể thu được từ các loại vật liệu chế tạo pin mặt trời khác nhau.....	25
Hình 2.1. Nguyên lý cơ bản của quá trình phun xạ .....	26
Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý của hệ phun xạ catôt một chiều .....	27
Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý của hệ phun xạ catôt xoay chiều RF .....	28
Hình 2.4. Sơ đồ minh họa một hệ phun xạ manhêtrôn phẳng.....	29
Hình 2.5. Ảnh chụp hệ máy phun xạ Alcatel SCM 400 sử dụng hai nguồn DC và RF .....	29

Hình 2.6.	Sơ đồ nguyên lý nhiễu xạ tia X trên tinh thể.....	31
Hình 2.7.	Nhiễu xạ kế D8-Advance .....	32
Hình 2.8.	Sơ đồ nguyên lý tán xạ Raman.....	33
Hình 2.10.	Mặt cắt pin mặt trời được chế tạo trong nghiên cứu .....	42
Hình 3.1.	Phổ tán sắc năng lượng tia X của mẫu M1, M2, M3, M4. ....	43
Hình 3.2.	Giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu M3 ủ tại nhiệt độ 600 <sup>0</sup> C, 800 <sup>0</sup> C và 1000 <sup>0</sup> C....	45
Hình 3.3.	Giản đồ nhiễu xạ tia X của tinh thể hợp kim Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> với x = 0,2; 0,4; 0,6 và 0,8 tại nhiệt độ ủ 1000 <sup>0</sup> C .....	46
Hình 3.4.	Phổ Raman của tinh thể hợp kim Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> với x = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 được xử lý nhiệt ở 1000 <sup>0</sup> C trong môi trường khí N <sub>2</sub> với thời gian 30 phút .....	47
Hình 3.5.	(a) Hình ảnh TEM của mẫu Si <sub>1-x</sub> Ge <sub>x</sub> với x = 0,8 sau khi ủ ở 1000 <sup>0</sup> C, các đốm đen có đường kính từ 3÷10 nm là đơn tinh thể hợp kim Si-Ge; (b) Hình ảnh HR-TEM của một hạt tinh thể (hình chèn thêm là ảnh FFT); (c) Hình ảnh nhiễu xạ điện tử lựa chọn vùng (SAED) .....	48
Hình 3.6.	Cấu trúc sơ đồ của pin mặt trời đã chuẩn bị với các tiếp điểm phía trước Ag và Al.....	49
Hình 3.7.	Ảnh SEM của Si (a) và Ge (b) phún xạ trên đế thạch anh tại công suất phún xạ 100 W trong thời gian 90 phút .....	51
Hình 3.8.	Đường cong hiệu chuẩn cho vật liệu Si và Ge phún xạ .....	52
Hình 3.9.	Thiết kế mask điện cực bạc cho pin mặt trời.....	52
Hình 3.10.	Pin mặt trời sau khi được chế tạo được kiểm tra đặc trưng I-V trên hệ Sun-simulator Oriel IV test station (Oriel instruments, Mỹ). ....	53
Hình 3.11.	Đặc trưng I-V của pin mặt trời đã chế tạo .....	53
Hình 3.12.	Mạch điện tương đương của pin mặt trời khi kiểm tra đặc trưng I-V ...	54