

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

Cao Việt Anh

**Nghiên cứu chế tạo và khảo sát đặc trưng
của vi thấu kính trên cơ sở mảng micro-nano
SU-8 ứng dụng trong hệ thống quang
MEMS/NEMS**

Chuyên ngành: Vật liệu và linh kiện Nano

Mã số: Chuyên ngành đào tạo thí điểm

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LIỆU VÀ
LINH KIỆN NANO**

HÀ NỘI - 2017

Chương 1 TỔNG QUAN

1.1. Khái niệm thấu kính

1.1.1. *Khái niệm cơ bản*

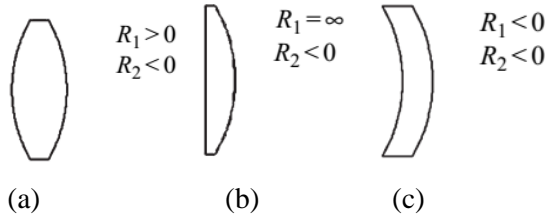
Thấu kính là tên gọi chung chỉ thành phần thủy tinh hoặc chất liệu plastic trong suốt, thường có dạng tròn, có hai bề mặt chính được mài nhẵn một cách đặc biệt (giới hạn bởi hai mặt cong hoặc bởi một mặt cong và một mặt phẳng) nhằm tạo ra sự hội tụ hoặc phân kì của ánh sáng truyền qua chất đó

1.1.2. *Phân loại thấu kính*

Thấu kính có thể là dương hoặc âm tùy thuộc vào chúng làm cho các tia sáng truyền qua hội tụ vào một tiêu điểm, hoặc phân kì ra xa trục chính và đi vào không gian.

1.1.2.a. *Thấu kính dương (hội tụ).*

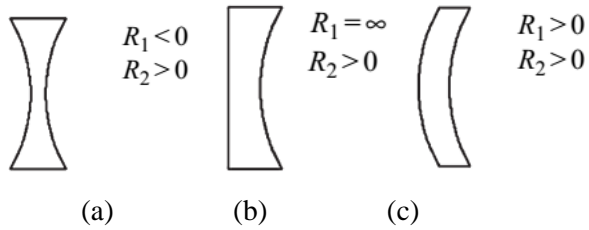
Các dạng hình học thấu kính cơ bản đối với thành phần thấu kính dương là hai mặt lồi và phẳng-lồi (có một bề mặt phẳng). Ngoài ra, thấu kính lồi-khum có cả mặt lồi và mặt lõm có độ cong tương đương, nhưng ở giữa dày hơn ngoài rìa. Thấu kính hai mặt lồi là thấu kính phóng đại đơn giản nhất, và có tiêu điểm và độ phóng đại phụ thuộc vào góc cong của bề mặt. Góc cong càng lớn thì tiêu cự càng ngắn, vì sóng ánh sáng bị khúc xạ ở góc lớn hơn so với trục chính của thấu kính. Bản chất đối xứng của thấu kính hai mặt lồi làm giảm tối thiểu quang sai cầu trong những ứng dụng trong đó ảnh và vật nằm đối xứng nhau. Khi một quang hệ hai mặt lồi hoàn toàn đối xứng (trong thực tế, độ phóng đại là 1:1), quang sai cầu có giá trị cực tiểu và coma và méo hình cũng đạt cực tiểu hoặc triệt tiêu



Hình 1-2: Các loại thấu kính dương

1.1.2.b. Thấu kính âm (phân kì).

Thành phần thấu kính âm gồm có hai mặt lõm, phẳng-lõm (có một bề mặt phẳng), và lõm-khum, cũng có các bề mặt lõm và lồi, nhưng ở giữa mỏng hơn ở rìa. Đối với cả thấu kính khum dương và khum âm, khoảng cách giữa hai bề mặt và tiêu diện của chúng là không bằng nhau, nhưng tiêu cự của chúng thì bằng nhau. Đường thẳng nối giữa tâm của các mặt cong thấu kính trong được gọi là trục chính của thấu kính. Thấu kính đơn giản có hình dạng đối xứng (hai mặt lồi hoặc hai mặt lõm) có các mặt phẳng chính cách đều nhau và cách đều hai bề mặt. Sự thiếu đối xứng ở những thấu kính khác, ví dụ như thấu kính khum và thấu kính phẳng âm và dương, làm cho vị trí của các mặt phẳng chính thay đổi theo hình học thấu kính. Thấu kính phẳng-lồi và phẳng-lõm có một mặt phẳng chính cắt trục chính, tại rìa của mặt cong, và mặt phẳng kia thì nằm sâu bên trong thấu kính. Các mặt phẳng chính đối với thấu kính khum nằm bên ngoài bề mặt thấu kính.



Hình 1-3: Các loại thấu kính âm

1.1.3. Thành phần cơ bản của thấu kính

Quang tâm O: là điểm chính giữa thấu kính, mọi tia sáng đi qua quang tâm O của thấu kính đều truyền thẳng.

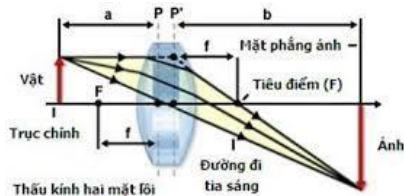
Trục chính của thấu kính: là đường thẳng đi qua quang tâm O và vuông góc với mặt thấu kính. Mọi đường thẳng khác đi qua quang tâm O là trục phụ. Mọi tia tới quang tâm của thấu kính đều truyền thẳng.

Tiêu điểm ảnh của thấu kính: là điểm hội tụ của chùm tia sáng đi qua thấu kính hoặc phần kéo dài của chúng.

Tiêu cự: là khoảng cách từ quang tâm đến tiêu điểm của thấu kính.

Tiêu diện: là mặt phẳng chứa tất cả các tiêu điểm của thấu kính.

1.1.4. Sự tạo ảnh trên thấu kính



Hình 1-4: Quang hình học thấu kính mỏng đơn giản

Có ba quy luật tổng quát áp dụng để lần theo các tia sáng đi qua một thấu kính đơn giản khiến cho công việc tương đối dễ.

- Thứ nhất, một tia sáng vẽ qua tâm thấu kính từ một điểm trên vật đến điểm tương ứng trên ảnh (đường nối các đầu mũi tên). Tia này không bị thấu kính làm lệch hướng.

- Thứ hai, một tia phát ra từ điểm trên cùng của vật vẽ song song với trục chính và, sau khi bị khúc xạ bởi thấu kính, sẽ cắt và đi qua tiêu điểm phía sau. Trong thực tế, tất cả các tia sáng truyền song song với trục chính sau khi bị khúc xạ bởi thấu kính sẽ truyền qua tiêu điểm sau.

- Thứ ba, một tia phát ra từ vật đi qua tiêu điểm phía trước sẽ bị thấu kính khúc xạ theo hướng song song với trục chính và trùng với một điểm giống hệt trên ảnh. Sự giao nhau của hai trong số bất kì các tia vừa mô tả, thường được gọi là tia tiêu biểu, sẽ xác định mặt phẳng ảnh của thấu kính.

1.1.5. Ứng dụng của thấu kính

Thấu kính đơn giản có khả năng tạo ảnh (giống như thấu kính hai mặt lồi) có ích trong những dụng cụ thiết kế dành cho các ứng dụng phóng đại đơn giản, như kính phóng to, kính đeo mắt, camera một thấu kính, kính lúp, ống nhòm và thấu kính tiếp xúc. Bộ đôi thấu kính đơn giản nhất có tên là hệ tiêu sắc, gồm hai nguyên tố thấu kính hàn với nhau nhằm hiệu chỉnh quang sai cầu trên trục và quang sai màu. Hệ tiêu sắc thường gồm một thấu kính hai mặt lồi ghép với một thấu kính khum dương hoặc âm, hoặc một thấu kính phẳng-lồi. Bộ ba thấu kính tiêu sắc được dùng làm bộ phóng đại công suất cao.

Được hiệu chỉnh quang sai tốt hơn bộ đôi, bộ ba thấu kính được đánh giá bằng kỹ thuật thiết kế máy tính nhằm loại trừ hầu hết sự méo hình. Những dụng cụ phức tạp hơn thường sử dụng kết hợp nhiều thành phần thấu kính để nâng cao độ phóng đại và khai thác những tính chất quang khác của ánh sáng. Trong số các dụng cụ sử dụng quang hệ ghép thuộc nhóm này có kính hiển vi, kính thiên văn, kính viễn vọng, camera.

1.2. Vai trò ứng dụng của vi thấu kính

1.2.1. Quy trình chế tạo công nghệ MEMS/NEMS

Quy trình chế tạo mỗi sản phẩm vi điện tử, MEMS/NEMS được thực hiện trong phòng sạch bao gồm hàng chục, hàng trăm thậm chí hàng ngàn bước công nghệ tùy thuộc độ phức tạp, tính năng và thiết bị. Quy trình công nghệ tổng quát được mô tả gồm các bước sau:

Xử lý bề mặt (wetbench – ủ hóa ướt)

Quá trình xử lý bề mặt nhằm làm sạch bề mặt phiến SOI hoặc phiến Si bằng dung dịch có tính oxi hóa và ăn mòn cao (thường là axit hoặc ba-sơ mạnh) đôi khi có gia nhiệt. Quá trình này cần được thực hiện tại các tủ hoá ướt, thường làm bằng inox hoặc Teflon, có khả năng chịu ăn mòn, bền trong môi trường axit và ba-zơ.

Oxi hóa (oxidation)

Oxi hóa là bước công nghệ để tạo ra lớp SiO_2 từ phản ứng oxi hóa silic ở điều kiện nhiệt độ cao. Lò oxi hóa dùng trong công nghệ vi điện tử, bán dẫn phục vụ chế tạo các linh kiện MEMS/NEMS có thể hoạt động ở nhiệt độ tới

1500°C. Nhiệt độ thường dùng để ô-xi hóa silic là $T = 1500^\circ\text{C}$, môi trường N_2 / H_2O (kỹ thuật oxy hóa ướt.), và $T = 1100^\circ\text{C}$ môi trường O_2 (kỹ thuật oxy hóa khô).

Khuếch tán (diffusion)

Khuếch tán là một trong những bước công nghệ bắt buộc dùng để chế tạo các chuyển tiếp trong diode, bóng bán dẫn hoặc pha tạp tạo ra điện trở trong cảm biến MEMS. Ở một số phòng thí nghiệm hoặc hãng sản xuất khuếch tán nhiệt được thay bằng kỹ thuật cấy ion với độ chính xác cao (điểm yếu lớn nhất của máy cấy ion là đắt tiền và chi phí hoạt động cao).

Quang khắc (photo - lithography)

Quang khắc (hay photolithography) là kỹ thuật hay được sử dụng nhất trong công nghệ bán dẫn, vi điện tử, MEMS. Kỹ thuật này được ứng dụng để đưa các chi tiết đã được thiết kế trên mặt nạ lên trên phiến silic với tỉ lệ 1:1 bằng cách sử dụng bức xạ ánh sáng làm biến đổi các chất cảm quang phủ trên bề mặt vật liệu. Do ảnh hưởng của nhiễu xạ ánh sáng nên phương pháp quang khắc không cho phép tạo các chi tiết nhỏ hơn micro mét, vì vậy phương pháp này còn được gọi là quang khắc micro (micro photolithography).

Ăn mòn khô (Dry etching)

Là một kỹ thuật mới trong nghiên cứu và sản xuất các sản phẩm MEMS. Trong kỹ thuật này, tác nhân ăn mòn, thay vì ở thể lỏng như hỗn hợp HF:NH₄F, HF, tồn tại ở thể khí. Trong một buồng chân không, các tác nhân ăn mòn sẽ phản ứng với vật liệu như Si, SiO₂... trên tấm nền (Si) sản xuất linh kiện. Sản phẩm phản ứng sẽ được bơm ra ngoài nhờ những bơm rút tốc độ cao.

Phún xạ/ Bốc bay nhiệt (sputtering/Evaporation)

Đây là hai kỹ thuật lắng đọng vật lý ở pha hơi. Các trung tâm nghiên cứu mạnh trên thế giới có thể sở hữu từ hai đến nhiều thiết bị phún xạ và bốc bay với mục đích chuyên biệt, tránh nhiễm chéo (cross contamination) trong quá trình chế tạo. Cả hai kỹ thuật đều được thực thi trong buồng chân không, do đó màng chế tạo được có chất lượng cao.

Kỹ thuật phún xạ cao tần quá trình tạo ra một màng mỏng (dẫn điện hoặc không dẫn điện) lên tấm nền. Dưới tác dụng của sóng cao tần, các nguyên tử khí trơ Ar bị ion hoá tạo thành các ion Ar⁺, các ion này được gia tốc dưới tác dụng của điện trường sẽ bay đến đập vào bia (catốt- chất cần phún xạ) làm bật ra các nguyên tử trên đó. Các nguyên tử của bia bị bắn phá sẽ trở nên dễ bay hơi và lắng đọng thành một màng mỏng trên đế. Với vật liệu dẫn điện, có thể dùng nguồn phún xạ một chiều. Các máy phún xạ đời mới thường có nhiều hơn 3 nguồn phún xạ trong buồng chân không.

Kỹ thuật bốc bay nhiệt dùng để tạo lớp kim loại tiếp xúc trong linh kiện. Vật liệu nguồn, dưới tác dụng của dòng điện trong chân không được chuyển thành thể hơi và lắng đọng trên tấm nền.

Cắt phiến (Dicing)

Được thiết kế và chế tạo hàng loạt, sau các quy trình công nghệ người ta cần cắt rời chip, cảm biến từ tấm nền bằng kỹ thuật cắt phiến (dicing). Bước công nghệ này được thực hiện nhờ việc quay lưỡi dao (thường là tấm vật liệu cứng ở lưỡi dao) ở tốc độ cao (có thể điều chỉnh được) theo định dạng được thiết kế (chiều ngang, chiều dọc).

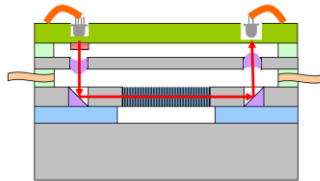
Đặc tính (characterization)

Mỗi khi hoàn thiện các bước quy trình công nghệ, người ta cần phải đảm bảo các chip hoạt động đúng theo những mô hình lý thuyết. Với thiết kế hiện nay, kích thước mỗi linh kiện thường rất nhỏ, nhiều khi chỉ vài trăm μm mỗi chiều. Do đó, để có thể cấp nguồn và lấy tín hiệu từ linh kiện người ta phải dùng một tổ hợp đặc biệt gọi là trạm kiểm tra linh kiện (probe station). Trạm này gồm một bộ gá chắc chắn, kết nối với những cánh tay đo với đầu đo có kích thước cỡ micro mét, được định vị nhờ kính hiển vi hoặc camera số. Trạm kiểm tra linh kiện cũng được kết nối với hệ đo đa năng cho phép đo một cách chính xác các thông số của linh kiện.

1.2.2. *Ứng dụng thấu kính trong MEMS/NEMS*

- Ghép ánh sáng giữa các thành phần có kích thước khác nhau trong truyền thông
- Đếm phần tử hạt trong hệ vi lưu
- Đầu đọc quang
- Tạo ảnh

Ở trong luận văn này các thấu kính sẽ được ứng dụng trong hệ thống cảm biến phát hiện Asen trong nước. Các thấu kính là các phần tử để hội tụ quang học. Nó có vai trò rất quang trọng vì đảm bảo cho các tia sáng truyền qua ít bị tổn hao nhất



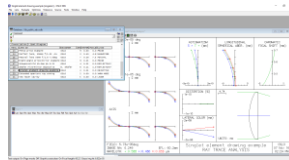
Hình 1-11 Mô hình cảm biến tích hợp các linh kiện quang sử dụng để phát hiện Asen

Ở hình 1-11 thì các thấu kính được chế tạo bằng vật liệu SU-8 được lắp ghép vào hệ thống quang. Trong hệ thống quang với các thấu kính, vị trí tương đối của các phần tử quang học quan trọng, đảm bảo tia sáng truyền ít bị tổn hao nhất. Các thiết bị kính hiển vi và bàn vi trượt cho phép căn chỉnh vị trí của các phần tử chính xác nhất có thể, cho phép giảm thiểu sai lệch căn chỉnh.

Chương 2 PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

2.1. Phần mềm mô phỏng

Ở luận văn này chúng tôi sử dụng phần mềm mô phỏng OSLO để mô phỏng hình học thấu kính. Phần mềm này được thiết kế bởi Lambda Research Company. Đây là một phần mềm thiết kế và tối ưu hóa chương trình quang. OSLO cho phép người dùng có thể tạo ra các thấu kính bằng cách nhập các thông số của thấu kính đó. Phần mềm cũng có thể tạo ra một hệ thống thấu kính hoàn toàn mới bằng cách tạo ra các kích thước và hình dạng cho mỗi phần tử trong hệ thống. Phần mềm này có thể phân tích hệ thống và đánh giá các đặc tính của thấu kính hoặc hệ thấu kính. Phần mềm OSLO cũng có thể tối ưu hóa thấu kính hoặc hệ thấu kính cho hiệu suất tốt nhất có thể. Đây là một phần mềm được thiết kế có thể cho bất cứ người nào có thể dùng mà không cần học về quang học.



Hình 2-1: Giao diện của phần mềm mô phỏng

Lựa chọn thông số mô phỏng :

Vật liệu BK7

Chiết suất của SU-8

Bước sóng của nguồn sáng

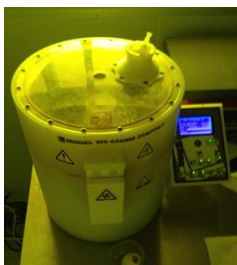
2.2. Hóa chất và trang thiết bị chế tạo

Photoresist SU-8

Photoresist SU-8 là một chất cản quang âm, tức là khi bị ánh sáng chiếu vào sẽ không bị hòa tan trong dung dịch tráng rửa trong khi các phần còn lại vẫn bị hòa tan trong dung dịch tráng rửa. Tên gọi của SU-8 có nguồn gốc từ sự có mặt của 8 nhóm epoxy

Quay phủ

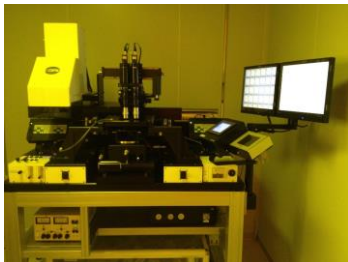
Khi thực hiện quy trình quay phủ, chúng tôi sử dụng thiết bị Máy quay phủ chất cảm quang: MODEL WS-650MZ 23 MPPB tại phòng sạch Trung tâm Nano và Năng lượng.



Hình 2-8: Máy quay phủ Suss MicroTech và bảng điều khiển

Quang khắc

Thiết bị quang khắc được sử dụng: OAI MDL 800 SERIES đặt tại phòng sạch thuộc Trung tâm Nano và Năng lượng, trường ĐHKHTN, ĐHQGHN.



Hình 2-10 Máy quang khắc

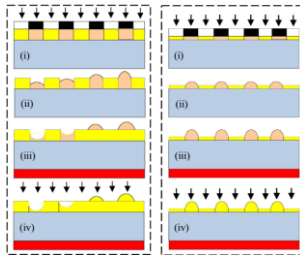
Hotplate

Dùng để sấy khô mẫu ở các nhiệt độ khác nhau. Ngoài ra còn có chức năng khuấy từ dùng để chế tạo hạt nano từ, nhưng trong quy trình quang khắc ta chỉ sử dụng tính chất nung nhiệt của nó. Các thông số có thể tùy chỉnh gồm nhiệt độ cần đạt, tốc độ gia nhiệt, tốc độ khuấy... Yêu cầu đối với hotplate trong quá trình nung mẫu là nhiệt độ luôn luôn phải giữ ổn định cho phép sai số $\pm 10C$ trong quá trình nung mẫu đã phủ màng cảm quang.



Hình 2-13 Hotplate

Quy trình chế tạo



Hình 2-14 Sơ đồ quy trình chế tạo

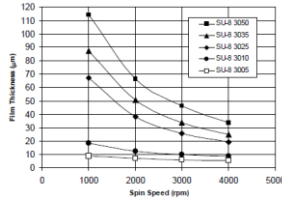
Sau khi đế thủy tinh được làm sạch, chúng tôi thực hiện quay phủ và quang khắc và chế tạo lens lần lượt theo các bước sau:

Bước 1: Quay phủ theo các bước

- Chu trình 1: Quay 500 vòng trong 8 giây.
- Chu trình 2: Tăng tốc lên 1000 vòng trong 32 giây sau đó dừng lại.

Sau đó ủ nhiệt ở 25°C, cứ 3 phút ta tăng lên 5°C. Khi hotplate đạt 95°C thì ta tiếp tục ủ trong vòng 15 phút. Chúng

tôi tăng nhiệt độ lên từ từ để tránh lớp SU-8 bị phá hỏng do tăng nhiệt độ đột ngột lên cao. Sau qua trình ủ sẽ tắt hotplate làm nguội tự nhiên.



Hình 2-15 Tốc độ quay và độ dày của màng photoresist SU-8

Bước 2: Quang khắc

Sau khi quay phủ theo các bước trên, ta sẽ được 1 lớp màng SU-8 với độ dày khoảng $18\mu\text{m}$. Đối chiếu với các thông số do nhà sản xuất đưa ra và thông số máy quang khắc hiện có, chúng tôi chiếu với thời gian chiếu sáng là 21 giây.

Độ dày màng microns	Năng lượng chiếu mJ/cm^2
4 - 10	100 - 200
8 - 15	125 - 200
20 - 50	150 - 250
30 - 80	150 - 250
40 - 100	150 - 250

Hình 2-16 Năng lượng chiếu sáng tương ứng với các độ dày màng khác nhau

Sau đó ta tiếp tục ủ nhiệt ở 65°C trong 1 phút và 95°C trong 5 phút.

Cuối cùng cho vào dung dịch develop để tẩy rửa trong vòng 7 – 8 phút loại bỏ những thành phần không được tia tử

ngoại chiếu vào, đó chính là các giếng để thực hiện chế tạo vi thấu kính.

Bước 3: Định hình tạo vi thấu kính

Chúng tôi nhỏ lần lượt các giọt dung dịch SU-8 vào các giếng đã được quang khắc chế tạo với các dung tích lần lượt là 0.6, 0.8, 1 μl để tạo thành các vi thấu kính. Sự tạo thành các vi thấu kính hội tụ hay phân kì phụ thuộc vào dung tích SU-8 nhỏ vào các giếng. Sau đó mẫu được ủ ở nhiệt độ 25°C, cứ 3 phút ta tăng lên 5°C. Khi hotplate đạt 95°C thì ta tiếp tục ủ trong vòng 12 phút. Do sức căng bề mặt và sự bốc bay do nhiệt độ nên các giọt dung dịch SU-8 sẽ thay đổi, từ đó hình thành các thấu kính lồi với các độ cao khác nhau.

Sau cùng chúng tôi quang khắc chiếu không mask với công suất gấp đôi khi chiếu có mask, tức là sẽ chiếu với thời gian là 42 giây. Sau quá trình đó, mẫu sẽ được đặt lên hotplate và ủ nhiệt ở 150°C trong 10 phút. Các vi thấu kính đã được chế tạo trở nên cứng và bám chắc vào bề mặt đế thủy tinh.

Thiết bị đo đạc khảo sát

Chúng tôi khảo sát đo độ dày màng và độ cao của thấu kính bằng thiết bị Alphastep dektak 150 đặt tại phòng thí nghiệm trọng điểm Micro-Nano, trường đại học Công Nghệ, đại học quốc gia Hà Nội.



Hình 2-18: Hệ đo độ dày màng mỏng Alpha-step

Chúng tôi khảo sát các tính chất quang bằng hệ đo tính chất quang học cơ bản được đặt tại phòng thí nghiệm trọng điểm Micro-Nano, trường đại học Công Nghệ, đại học quốc gia Hà Nội. Hệ đo sẽ đánh giá được các đặc trưng quang cơ bản của vi thấu kính như điểm sáng, tiêu cự Hệ đo sẽ bao gồm một nguồn sáng có bước sóng 650nm, Objectives, CCD và các máy phân tích cường độ và phân bố quang.

Chương 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả mô phỏng

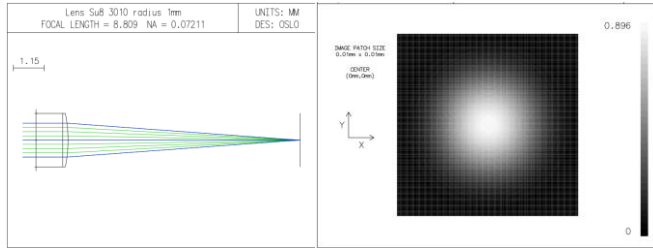
Mục tiêu mô phỏng

Do mục đích chế tạo thấu kính của chúng tôi để ứng dụng vào hệ thống quang MEMS/NEMS nên yêu cầu đặt ra cho thấu kính là nhỏ, gọn, dễ dàng lắp đặt. Vì vậy, chúng tôi mô phỏng các thấu kính với các thông số như sau để có thể phù hợp với yêu cầu đặt ra.

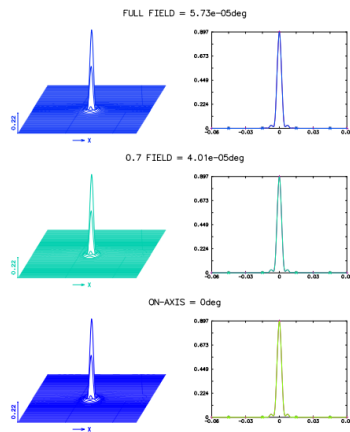
Bán kính đáy của thấu kính	Tiêu cự của thấu kính	Cường độ truyền qua
1 mm	< 10 mm	>80%
1,2 mm	< 10 mm	>80%
1,5 mm	< 10 mm	>80%

Kết quả mô phỏng

Mô phỏng các thấu kính có độ cong khác nhau ta sẽ chọn được thấu kính có bán kính đáy 1mm, độ cong thấu kính 5 mm phù hợp với mục tiêu mô phỏng



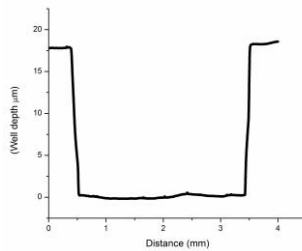
Hình 3-1 Mô phỏng thấu kính có bán kính đáy 1 mm với bán kính cong 5mm



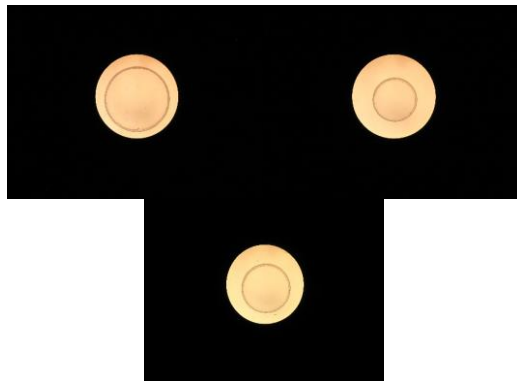
Hình 3-4 Hình ảnh biểu thị cường độ truyền qua thấu kính

3.2. Kết quả thực nghiệm chế tạo

Độ dày của một lớp màng SU-8 khi quay phủ là 18 μm



Hình 3-6 Độ cao của giếng quang khắc SU-8

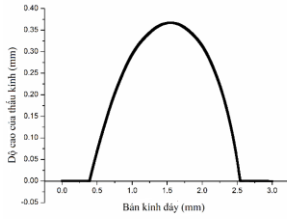


Hình 3-7 Hình ảnh các giếng SU-8 với bán kính lần lượt là 1,5mm, 1mm, 1,2mm được quang sát bằng kính hiển vi quang học (5x)

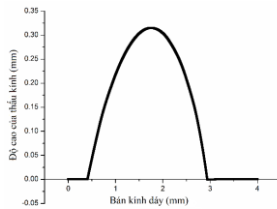
3.2.1. Khảo sát bề mặt hình thái của vi thấu kính

3.2.1.a. Thấu kính có kích thước đáy khác nhau

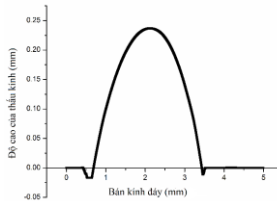
Chúng tôi chế tạo các thấu kính có các bán kính đáy lần lượt là 1, 1.2 và 1.5 mm. Khi cùng nhỏ cùng một khối lượng dung dịch SU-8 là 1 µl, chúng ta lần lượt nhận được các vi thấu kính có độ cao khác nhau



Hình 3-9 Thấu kính bán kính đáy 1 mm



Hình 3-10 Thấu kính bán kính đáy 1.2 mm



Hình 3-11 Thấu kính bán kính đáy 1.5 mm

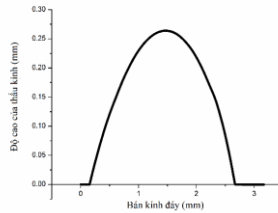
Vi thấu kính	1	2	3
Bán kính đáy (mm)	1	1,2	1,5
Khối lượng SU-8 (μl)	1	1	1

Độ cao thấu kính (mm)	0.375	0.32	0.23
-----------------------	-------	------	------

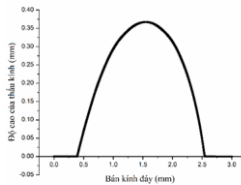
Bảng 3-3 So sánh các thấu kính có bán kính đáy khác nhau

3.2.1.b. Thấu kính có cùng kích thước đáy

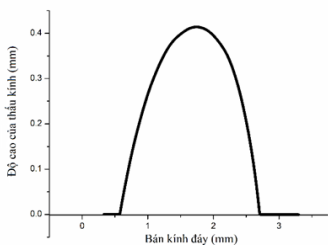
Cách thứ hai để thay đổi tiêu cự lần độ cao của thấu kính, chúng tôi chế tạo các thấu kính có cùng kích thước nhưng sẽ thay đổi dung tích dung dịch SU-8 nhỏ vào các giếng. Chúng tôi chọn chế tạo vi thấu kính có bán kính đáy là 1mm và sẽ lần lượt nhỏ khối lượng dung dịch là 0.6 μ l, 0.8 μ l và 1 μ l và thu được các kết quả như sau.



Hình 3-13 Thấu kính được hình thành từ giếng được nhỏ 0.6 μ l



Hình 3-14 Thấu kính được hình thành từ giếng được nhỏ 0.8 μ l



Hình 3-15 Thấu kính được hình thành từ giếng được nhỏ 1 μ l

Vi thấu kính	1	2	3
Bán kính đáy (mm)	1	1	1
Khối lượng SU-8	0,6	0,8	1
Độ cao thấu kính (mm)	0,25	0,35	0,4

Bảng 3-4 So sánh các thấu kính có khối lượng nhỏ SU-8 khác nhau

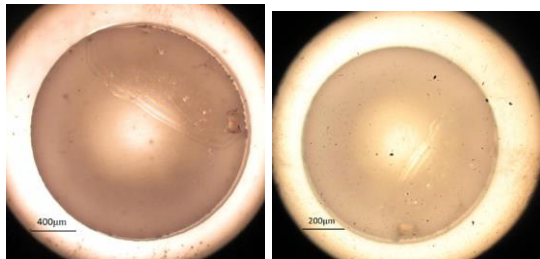
3.2.2. Khảo sát các đặc trưng quang học của thấu kính

Tổng hợp các kết quả thu được ta sẽ có được bảng sau:

Vi thấu kính	1	2	3	4	5
Bán kính đáy (mm)	1	1,2	1,5	1	1
Khối lượng	1	1	1	0,6	0,8

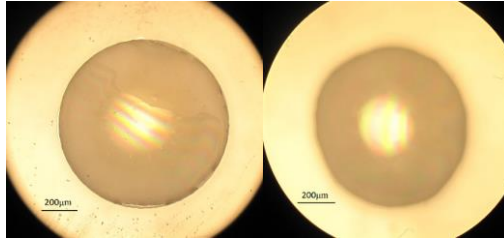
SU-8 nhỏ vào (μl)					
Tiêu cự (mm)	7.5	6,3	4.8	4.2	5.2
Kích thước điểm ảnh (μm)	400	179	142	196	220
Tỉ lệ truyền qua (%)	85%	78.5%	76.4%	79.1%	82%

Bảng 3-5 Tổng hợp các kết quả thu được



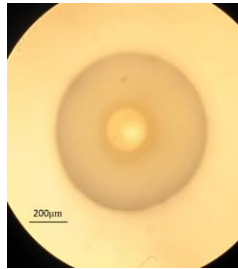
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Hình 3-17 Các điểm ảnh sau khi chiếu nguồn sáng qua các thấu kính chế tạo

- a) Thấu kính có bán kính đáy 1mm, nhỏ dung dịch SU-8 1 μ l*
- b) Thấu kính có bán kính đáy 1,2mm, nhỏ dung dịch SU-8 1 μ l*
- c) Thấu kính có bán kính đáy 1,5mm, nhỏ dung dịch SU-8 1 μ l*
- d) Thấu kính có bán kính đáy 1mm, nhỏ dung dịch SU-8 0,6 μ l*
- e) Thấu kính có bán kính đáy 1mm, nhỏ dung dịch SU-8 0,8 μ l*

Như vậy, với việc nhỏ các dung tích SU-8 khác nhau với các giềng có bán kính đáy khác nhau, chúng tôi có thể tạo ra các vi thấu kính có tiêu cự, kích thước khác nhau, đủ đáp

ứng được yêu cầu khi ghép vào hệ thống quang MEMS/NEMS. Các vi thấu kính đã chế tạo hoạt động tốt, có tính chất tương đồng với kết quả mô phỏng. Như vậy, sử dụng phương pháp mô phỏng bằng phần mềm OSLO đã giúp giảm thời gian và tăng tính hiệu quả trong chế tạo vi thấu kính MEMS. Đây là một phương pháp mới, dễ thực hiện, giá thành lại rẻ. Tuy nhiên phương pháp này vẫn còn một số điều cần khắc phục như cần kiểm soát được dung tích SU-8 cần nhỏ vào, nhiệt độ và thời gian ủ nhiệt, độ nhớt của SU-8 để sao cho các thấu kính nhận được sẽ cong đều hơn, tròn và cân bằng đối xứng nhau.

KẾT LUẬN

Với việc chế tạo các thấu kính nhò vào hệ thống thiết bị tại phòng thí nghiệm Micro-Nano, luận văn đã chế tạo thành công các thấu kính có đặc điểm quang học khác nhau phù hợp vào trong hệ thống quang MEMS/NEMS.

Luận văn đã thu được một số kết quả sau:

- Tìm hiểu về thấu kính, phân loại và cách vẽ ảnh qua các thấu kính đó.
- Tìm hiểu về MEMS/NEMS, các bước quy trình chế tạo và ứng dụng của MEMS/NEMS vào trong thực tế.
- Chế tạo thành công các thấu kính có bán kính đáy lần lượt là 1 mm, 1,2 mm và 1,5 mm có đặc điểm quang học khác nhau. Như vậy chúng ta có thể làm chủ động về công nghệ, chế tạo các thấu kính theo như cầu mong muốn bằng cách thay đổi bán kính đáy hoặc khối lượng dung tích SU-8 nhỏ vào các giếng. Việc tạo thành thấu kính ở đây do sức căng bề mặt, nhiệt độ thời gian ủ và độ nhớt của dung dịch SU-8.

Phương hướng phát triển tương lai : Đánh giá lắp ghép các thấu kính chế tạo được vào hệ thống cảm biến phát hiện Asen trong nước, kiểm tra sự lắp ghép của thấu kính đã chế tạo vào hệ thống quang MEMS/NEMS.