

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO KÍNH LỌC GIAO THOA MÀNG MỎNG CHO BỘ GHÉP TÁCH KÊNH QUANG HỌC

Phạm Hồng Tuấn, Đặng Xuân Cự

Viện Ứng dụng Công nghệ, 25 Lê Thánh Tông- Hà Nội

Tóm tắt:

Kĩ thuật ghép tách kênh theo bước sóng quang học (WDM-Wavelength Division Multiplexing) đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Nó cho phép tăng dung lượng kênh thông tin trên một đường truyền sợi quang lên nhiều lần. Hiện nay trên thị trường có rất nhiều loại WDM hoạt động dựa trên các nguyên tắc khác nhau. Trong khuôn khổ đề tài KC01-13 chúng tôi tập trung nghiên cứu bộ WDM xây dựng dựa trên các kính lọc giao thoa màng mỏng.

Báo cáo trình bày tổng quan về các bộ ghép tách kênh kiểu ghép bước sóng quang, một số tính toán lí thuyết và kết quả bước đầu trong việc chế tạo các kính lọc nêu trên.

MỞ ĐẦU

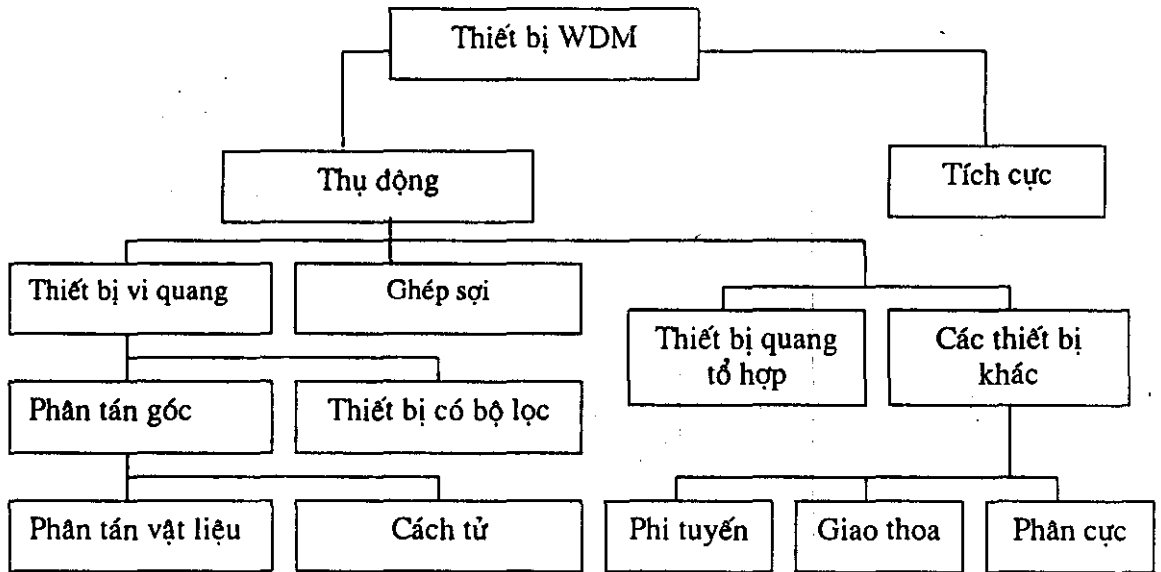
Thời gian gần đây công nghệ thông tin quang đã đạt được nhiều tiến bộ đáng kể. Trong số đó phải kể đến kĩ thuật ghép tách kênh quang học. Kĩ thuật này cho phép tăng dung lượng của kênh truyền dẫn, xây dựng các tuyến thông tin quang có tốc độ rất cao.

Trong tuyến thông tin quang điểm nối điểm thông thường, mỗi một sợi quang sẽ có một nguồn phát quang ở phía phát và một bộ tách sóng quang ở phía thu. Các nguồn phát quang khác nhau sẽ cho ra các luồng ánh sáng mang tín hiệu khác nhau và phát vào sợi dẫn quang xác định riêng biệt, bộ tách sóng quang tương ứng sẽ nhận tín hiệu từ sợi này. Thông thường muốn tăng dung lượng của hệ thống thì phải sử dụng thêm sợi quang.

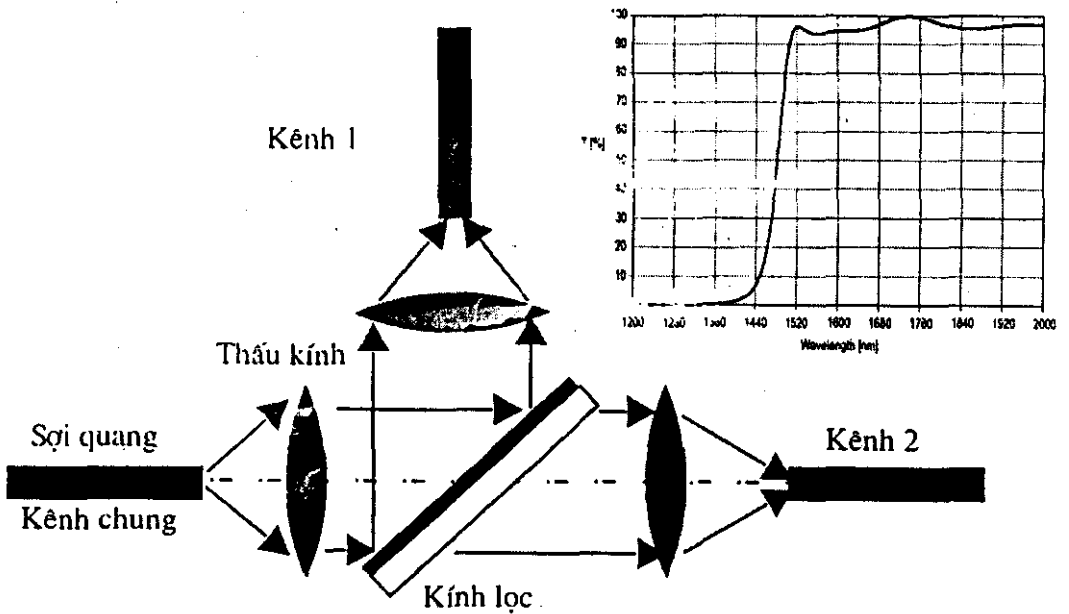
Kĩ thuật ghép tách kênh theo bước sóng quang học (WDM- Wavelength Division Multiplexing) sẽ cho phép tăng dung lượng kênh mà không cần tăng tốc độ bit đường truyền và cũng không dùng thêm sợi dẫn quang. Kĩ thuật này thực hiện truyền các luồng ánh sáng với các bước sóng khác nhau trên cùng một sợi. Sở dĩ có thể thực hiện như vậy là vì các nguồn phát có độ rộng phổ khá hẹp, trong khi đó phổ của sợi cáp quang lại rộng hơn nhiều. Các hệ thống thông tin quang thông thường chỉ sử dụng phần rất nhỏ băng tần truyền dẫn của sợi sẵn có. Như

vậy có thể truyền rất nhiều kênh trên một sợi quang bằng nhiều nguồn phát quang khác nhau hoạt động ở các bước sóng cách nhau một cách hợp lý. ở đầu thu có thể thực hiện thu các tín hiệu quang riêng biệt nhờ quá trình lọc các bước sóng khác nhau này.

Các thiết bị ghép tách kênh quang học rất đa dạng như phân loại trên hình 1. Trong khuôn khổ đề tài KC-01-13 chúng tôi tập trung nghiên cứu chế tạo thiết bị WDM hai kênh trên cơ sở bộ lọc giao thoa. Sơ đồ nguyên lí của thiết bị mô tả trên hình 2. Các thấu kính được sử dụng để tạo chùm sáng song song đi đến bộ lọc giao thoa, hoặc tập trung chùm sáng đi ra từ bộ lọc lên đầu sợi quang. Bộ lọc giao thoa được sử dụng phải cho truyền qua các bước sóng lớn hơn bước sóng chuyển đổi λ_{cd} và chặn lại (phản xạ) các bước sóng nhỏ hơn bước sóng đó. Như vậy nếu có hai kênh với bước sóng λ_1 và λ_2 sao cho $\lambda_1 < \lambda_{cd} < \lambda_2$ thì các tín hiệu λ_1 của kênh chung sẽ được bộ lọc phản xạ lên sợi quang kênh 1, đồng thời các tín hiệu λ_2 truyền qua bộ lọc để tới sợi quang kênh 2. Bộ lọc giao thoa là cấu trúc gồm nhiều lớp màng mỏng từ hai loại vật liệu có chiết suất cao/thấp nằm xen kẽ trên nhau.



Hình 1. Phân loại các thiết bị WDM



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý thiết bị WDM hai kênh

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BỘ LỌC

Bộ lọc giao thoa có đặc tính phổ như đã nêu ở phần trước được gọi là bộ lọc cạnh (edge filter). Phổ truyền qua của nó (hình 2) có sự thay đổi đột ngột theo bước sóng giữa vùng có độ truyền qua cao và vùng có độ truyền qua thấp (còn gọi là vùng chặn).

Số liệu đầu vào cho thiết kế của bộ lọc căn cứ vào thông số kỹ thuật của một bộ WDM điển hình WDM1513- công ty HOPECOM Optic communications Co., LTD :

- Vùng bước sóng hoạt động : 1510±30/1250-1400nm.
- Suy hao xen kênh pass-transmit : 0,35dB

- Suy hao xen kênh pass-reflect : 0,18dB

Các thông số trên được qui đổi ra các thông số quang học của bộ lọc:

- Bước sóng chuyển đổi: 1450nm
- Độ rộng vùng chuyển tiếp ~60nm
- Độ truyền qua ở vùng truyền qua: 92%
- Độ phản xạ ở vùng chặn: 95%

Một bộ lọc cạnh tiêu chuẩn [2] có cấu trúc như sau được sử dụng:

$$\text{Đế}(L/2,H, L/2)^n \text{ hoặc } \text{Đế}(H/2,L,H/2)^n$$

trong đó: H và L là lớp vật liệu có chiết suất cao và thấp tương ứng với chiều dày quang học là một phần tư bước sóng tại bước sóng trung tâm, n - số tổ hợp nối trên.

Việc lựa chọn giá trị chiết suất của các lớp vật liệu và số lượng tổ hợp cần xuất phát từ yêu cầu cụ thể về đặc trưng phổ của bộ lọc như: mức và độ rộng phổ vùng chặn, mức và độ rộng phổ vùng truyền qua, độ dốc sườn chuyển tiếp vùng chặn sang vùng truyền qua. Có hai tổ hợp vật liệu thường được sử dụng là $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ và $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$. Chiết suất của các vật liệu này thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1: Chiết suất của vật liệu chế tạo màng

Vật liệu	Ta_2O_5	TiO_2	SiO_2
Chiết suất trung bình	2.05	2.3	1.45

MacLeod [2] đã chỉ ra rằng khi so sánh hai bộ lọc có cùng số lượng lớp màng mỏng chế tạo bằng hai cặp vật liệu khác nhau, thì tỉ số chiết suất của cặp vật liệu được sử dụng càng lớn thì độ dốc của vùng chuyển tiếp và vùng chặn càng lớn. Để giảm bớt số lượng lớp màng mỏng cần bốc bay, chúng tôi chọn cặp vật liệu $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$.

Sử dụng chương trình thiết kế màng mỏng Spectrum, 3 hệ màng với số lượng lớp là 13, 17 và 21 lớp (vật liệu $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$) được phân tích để đánh giá ảnh hưởng của số lượng lớp đến 2 thông số: độ truyền qua vùng chặn và độ rộng vùng chuyển tiếp. Số liệu phân tích thể hiện trên bảng 2

Bảng 2: Kết quả phân tích

	13lớp	17lớp	21lớp
Độ truyền qua vùng chặn	3.4%	1,16%	0.03%
Độ rộng vùng chuyển tiếp	172nm	98nm	56nm

Trên cơ sở yêu cầu kỹ thuật đặt ra và các phân tích đã trình bày ở trên, bộ lọc cạnh được thiết kế như sau:

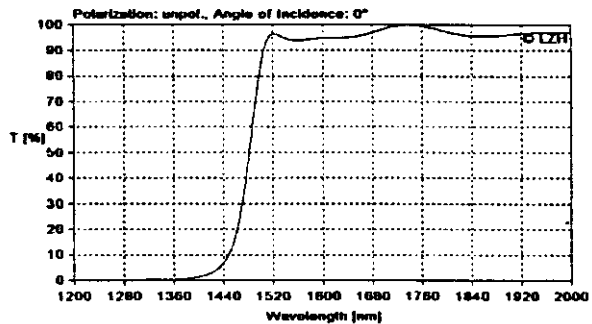
$$\text{Đế}/0.5H/L/H/...L/0.5H/\text{Không khí}$$

H và L là lớp vật liệu TiO_2 và SiO_2 tương ứng với chiều dày quang học là một phần tư bước sóng tại bước sóng trung tâm 1270 nm, số lượng lớp là 21.

Phổ truyền qua theo thiết kế của bộ lọc thể hiện trên hình 3.

Các thông số chính như sau:

Độ truyền qua vùng chặn	0.03%
Độ rộng vùng chặn	395nm
Độ truyền qua vùng truyền qua	95%
Độ rộng vùng chuyển tiếp	56nm

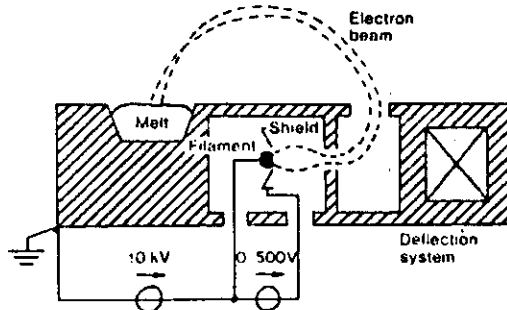


Hình 3: Đặc trưng phổ thiết kế của bộ lọc cạnh.

Cặp vật liệu $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ được sử dụng để chế tạo màng có độ bền cao, nhưng nhiệt độ nóng chảy cũng rất cao. Để chế tạo các màng mỏng này, phương pháp bốc hơi vật liệu trong chân không bằng nguồn bốc hơi chùm tia điện tử (hình 4) đã được sử dụng.

Vật liệu được đặt trong khoang chứa có làm lạnh bằng nước. Các electron phát ra từ nguồn phát xạ electron được gia tốc tới năng lượng lớn và hội tụ lên bề mặt vật liệu. Tại điểm hội tụ trên bề mặt của vật liệu cần bốc hơi sẽ có một nhiệt độ rất cao. Nhiệt độ này đủ để làm nóng chảy và bay hơi các kim loại

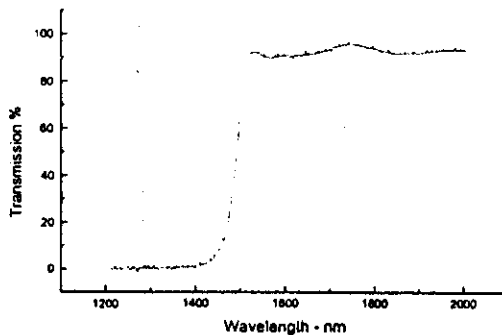
và vật liệu điện môi khó nóng chảy. Vật liệu được nung nóng chảy trong môi trường riêng của mình, do vậy thực tế không xảy ra phản ứng gì giữa vật liệu bốc hơi với thành vật chứa, đảm bảo độ tinh khiết cao cho màng mỏng. Trong quá trình bốc bay, khí oxy được bổ sung vào buồng chân không với lưu lượng phù hợp để nhận được màng mỏng có thành phần hoá học đúng như mong muốn.



Hình 4: Sơ đồ nguyên lý của thiết bị bốc hơi chùm tia điện tử với góc lái tia 270°

Chiều dày của các lớp màng được đo và khống chế ngay trong quá trình bốc hơi chân không nhờ máy đo chiều dày thạch anh MSV 1843A.

Các mẫu đã chế tạo được kiểm tra phổ truyền qua bằng máy đo Quang phổ JASCO UV-VIS 530. Kết quả thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Phổ truyền qua của mẫu kính lọc sau khi chế tạo

KẾT LUẬN

Bộ lọc giao thoa dùng cho thiết bị ghép tách kênh 2 bước sóng đã được thiết kế theo các thông số của thiết bị tiêu chuẩn WDM1513- công ty HOPECOM Optic communications Co., LTD. Thiết kế đã được tối ưu nhờ Chương trình tính Spectrum và đã được chế tạo trên thiết bị bốc hơi chân không B-55 của phòng Công nghệ màng mỏng. Kết quả đo phổ truyền qua bằng máy quang phổ JASCO UV-VIS 530 của các mẫu đã chế tạo cho thấy các thông số quang học của bộ lọc phù hợp với các thông số đã thiết kế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Văn Sơn, Hoàng Văn Võ-Kĩ thuật thông tin quang, NXB Khoa học và kĩ thuật 1997
- [2] H.A.Macleod, Thin film optical filters