



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032500

(51)<sup>8</sup>

G02B 6/00

(13) B

(21) 1-2018-01737

(22) 23/04/2018

(30) 2017-094735 11/05/2017 JP

(45) 25/07/2022 412

(43) 26/11/2018 368A

(73) SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD. (JP)

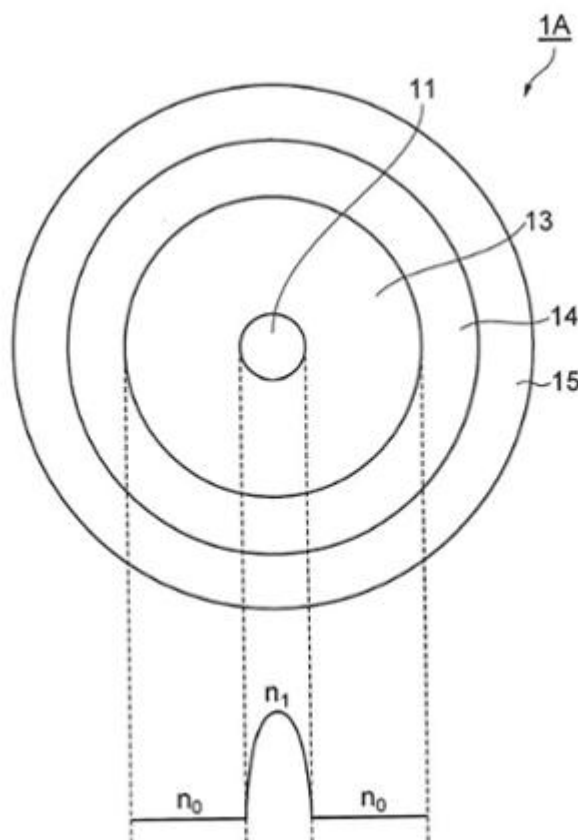
5-33 Kitahama 4-chome, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka, 5410041, Japan

(72) YAMAMOTO Yoshinori (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) SỢI QUANG

(57) Sáng chế đề cập đến sợi quang bao gồm lõi mà có chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ , và vỏ phản xạ được tạo ra xung quanh lõi và có chỉ số khúc xạ  $n_0$  mà thấp hơn chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ . Biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm của lõi được biểu hiện với chỉ số mũ  $\alpha$  mà nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10. Độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_1$  ở trung tâm của lõi mà được biểu thị là  $\Delta_1 = 100 \times (n_1^2 - n_0^2) / (2n_1^2)$  nằm trong khoảng từ 0,3% đến 0,5%. Đường kính  $2a$  của lõi nằm trong khoảng từ  $9\mu\text{m}$  đến  $14\mu\text{m}$ . Bước sóng tán sắc điểm không nằm trong khoảng từ 1300nm đến 1324nm. Bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$  là 1260nm hoặc ngắn hơn. Tổn hao bán kính cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang được quấn mười vòng với đường kính uốn cong 30mm là 0,25 dB hoặc nhỏ hơn.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến sợi quang.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Sợi quang đơn chế độ truyền (SMF: single-mode optical fiber) được định nghĩa bởi Khôi tiêu chuẩn hóa viễn thông của Liên hiệp viễn thông quốc tế (ITU-T: International Telecommunication Union) trong Khuyến nghị G.652, một tiêu chuẩn quốc tế, được sử dụng trên toàn thế giới như là loại sợi quang phổ biến nhất trong các hệ thống thông tin liên lạc quang. Theo Khuyến nghị G.652, đường kính trường chế độ truyền (MFD: mode field diameter) của SMF ở bước sóng 1310nm sẽ nằm trong khoảng từ 8,6 $\mu$ m đến 9,2 $\mu$ m trong trị số danh định (với dung sai là  $\pm 0,4\mu$ m). Nếu MFD nằm trong khoảng này, sự không khớp về MFD giữa các SMF được hàn nối sợi quang với nhau ở các mặt cắt ở đầu tương ứng của chúng có thể được làm nhỏ, nhờ đó tổn hao do hàn nối sợi quang có thể được làm nhỏ. Khuyến nghị G.652 còn xác định rằng SMF sẽ có bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$  là 1260nm hoặc ngắn hơn. Nếu  $\lambda_{cc}$  nằm trong khoảng này, trạng thái đơn chế độ truyền của ánh sáng tín hiệu ở bước sóng khoảng 1310nm hoặc dài hơn có thể được đảm bảo.

Mặt khác, nếu sợi quang được bố trí trong khi được uốn cong với đường kính uốn nhỏ hoặc nếu nhiều sợi quang được bố trí một cách đặc khít trong một sợi cáp, tổn hao do uốn cong của sợi quang như vậy được mong muốn là nhỏ. Được biết rằng tổn hao do uốn cong của sợi quang có thể được giảm xuống bằng cách giảm trị số uốn cong vĩ mô (MAC: macrobending) của sợi quang. Ở đây, trị số MAC thu được bằng cách chia MFD [ $\mu$ m] ở bước sóng 1310nm cho bước sóng cắt của sợi  $\lambda_c$  [ $\mu$ m]m. Tức là, để giảm tổn hao do uốn cong của sợi quang, có hiệu quả nếu giảm MFD và/hoặc tăng bước sóng cắt của sợi  $\lambda_c$ . Tuy nhiên, sợi quang mà có MFD giảm biểu hiện sự không khớp về MFD tăng so với SMF thông thường. Sự không khớp như vậy tăng sự suy hao do hàn nối sợi quang. Ngoài ra, sợi quang có  $\lambda_c$  tăng có thể không còn được đảm bảo trạng thái đơn chế độ truyền của ánh sáng tín hiệu.

SMF theo giải pháp kỹ thuật đã biết được bộc lộ trong patent Mỹ số 7,876,990 bao gồm lõi có biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm mà được biểu hiện bằng chỉ số mũ

$\alpha$ , mà lớn hơn 2,5 và nhỏ hơn 3,0. Theo patent Mỹ số 7,876,990, việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  như trên làm giảm sự suy hao do truyền. Tuy nhiên, phần mô tả trong patent Mỹ số 7,876,990 không xét đến việc giảm suy hao do uốn cong. Ngoài ra, SMF được mô tả trong patent Mỹ số 7,876,990 không có biên dạng chỉ số khúc xạ mà bao gồm phần được ép.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Sáng chế tạo ra sợi quang mà có trị số MAC bằng trị số MAC của SMF chung mà tuân theo Khuyến nghị G.652 của ITU-T, với tổn hao do uốn cong nhỏ.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất sợi quang bao gồm lõi mà có chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ , và vỏ phản xạ được tạo ra xung quanh lõi và có chỉ số khúc xạ  $n_0$  mà thấp hơn chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ . Biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm của lõi được biểu hiện với chỉ số mũ  $\alpha$  mà nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10. Độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_1$  ở trung tâm của lõi mà được biểu thị là  $\Delta_1 = 100 \times (n_1^2 - n_0^2) / (2n_1^2)$  nằm trong khoảng từ 0,3% đến 0,5%. Đường kính  $2a$  của lõi nằm trong khoảng từ  $9\mu\text{m}$  đến  $14\mu\text{m}$ . Bước sóng tán sắc điểm không nằm trong khoảng từ 1300nm đến 1324nm. Bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$  là 1260nm hoặc ngắn hơn. Tổn hao bán kính cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang được quấn mười vòng với đường kính uốn cong 30mm là 0,25 dB hoặc nhỏ hơn.

Tốt hơn là sợi quang nêu trên còn bao gồm phần được ép được bố trí quanh lõi và giữa lõi và vỏ phản xạ và có chỉ số khúc xạ  $n_2$  mà thấp hơn chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$  và cũng như chỉ số khúc xạ  $n_0$ . Cũng tốt hơn nếu độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  của phần được ép mà được biểu thị là  $\Delta_2 = 100 \times (n_2^2 - n_0^2) / (2n_2^2)$  nằm trong khoảng từ -0,1% đến 0%. Cũng tốt hơn nếu tỷ số  $(b/a)$  của đường kính phía ngoài  $2b$  của phần được ép với đường kính  $2a$  của lõi nằm trong khoảng từ 2,4 đến 4,0.

Cũng tốt hơn nếu chỉ số mũ  $\alpha$  nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0. Cũng tốt hơn nếu tổn hao do uốn cong của sợi quang ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang được quấn mười vòng với đường kính uốn cong 30mm là 0,03 dB hoặc nhỏ hơn (tương đương với cái được xác định bởi G.657.A2 của ITU-T). Cũng tốt hơn nếu độ chênh lệch  $(\lambda_c - \lambda_{cc})$  giữa bước sóng cắt của sợi  $\lambda_c$  và bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$  nằm trong khoảng từ 50nm đến 100nm.

Cũng tốt hơn nếu sợi quang nêu trên còn bao gồm lớp nhựa thứ nhất được bố trí quanh vỏ phản xạ và được làm từ nhựa đóng rắn nhờ tia cực tím và lớp nhựa thứ hai được bố trí quanh lớp nhựa thứ nhất và được làm từ nhựa đóng rắn nhờ tia cực tím. Cũng tốt hơn nếu vỏ phản xạ có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ  $124,3\mu\text{m}$  đến  $125,7\mu\text{m}$ , và lớp nhựa thứ hai có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ  $188\mu\text{m}$  đến  $210\mu\text{m}$ .

Sợi quang theo khía cạnh nêu trên của sáng chế có trị số MAC bằng trị số MAC của SMF chung mà tuân theo Khuyến nghị G.652 của ITU-T, với tổn hao do uốn cong nhỏ.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ khái niệm minh họa thiết diện và biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm của sợi quang theo phương án thứ nhất.

Fig.2 là biểu đồ minh họa một số biên dạng về chỉ số khúc xạ  $n(r)$  của sợi quang theo phương án thứ nhất, với chỉ số mũ  $\alpha$  trong hàm biểu hiện biên dạng về chỉ số khúc xạ sẽ được lấy làm một tham số.

Fig.3 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và tổn hao do uốn cong ở bước sóng  $1550\text{nm}$  trong trường hợp mà sợi quang theo phương án thứ nhất được uốn mười vòng với đường kính uốn cong là  $30\text{mm}$ .

Fig.4 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng tán sắc điểm không của sợi quang theo phương án thứ nhất.

Fig.5 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng cắt cấp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang theo phương án thứ nhất.

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ khái niệm minh họa thiết diện và biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm của sợi quang theo phương án thứ hai.

Fig.7 là biểu đồ minh họa một số các biên dạng về chỉ số khúc xạ minh họa  $n(r)$  của sợi quang theo phương án thứ hai, độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  của phần được ép so với vỏ phản xạ sẽ được lấy làm tham số.

Fig.8 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  và tổn hao do uốn cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang theo phương án thứ hai được quấn mười vòng với đường kính uốn cong là 30mm.

Fig.9 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  và bước sóng có bước sóng tán sắc điểm không của sợi quang theo phương án thứ hai.

Fig.10 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  và bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang theo phương án thứ hai.

Fig.11 là biểu đồ minh họa một số biên dạng về chỉ số khúc xạ minh họa khác  $n(r)$  của sợi quang theo phương án thứ hai, với độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  sẽ được lấy làm tham số.

Fig.12 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và sự suy hao bán kính cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang theo phương án thứ hai được quấn mười vòng với đường kính cong là 30nm.

Fig.13 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng tán sắc điểm không của sợi quang theo phương án thứ hai.

Fig.14 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng cắt cáp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang theo phương án thứ hai.

Fig.15 là bảng tóm tắt các nhân tố có liên quan của các sợi từ 1 đến 8 theo các ví dụ cụ thể.

Fig.16 là bảng tóm tắt các nhân tố có liên quan của các sợi từ 9 đến 15 theo các ví dụ cụ thể khác.

Fig.17 là bảng tóm tắt các nhân tố có liên quan của các sợi từ 16 đến 24 theo các ví dụ cụ thể khác.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Trong phần này, các phương án theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết với sự tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Trong phần mô tả dưới đây và các hình vẽ, các thành phần giống nhau được ký hiệu bằng các số chỉ dẫn giống nhau, và sự mô tả dư thừa về các thành phần tương tự được bỏ qua. Sáng chế không bị giới hạn ở các phương án minh

họa sau đây, và phạm vi của nó được xác định bởi các yêu cầu bảo hộ kèm theo, bao gồm bất kỳ nội dung nào tương đương với chúng và bất kỳ thay đổi nào được tạo ra với chúng nằm trong phạm vi này.

Phương án thứ nhất

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ khái niệm minh họa thiết diện và biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm của sợi quang 1A theo phương án thứ nhất. Sợi quang 1A bao gồm lõi 11 và vỏ phản xạ 13 được bố trí quanh lõi 11. Lõi 11 có chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ . Vỏ phản xạ 13 có chỉ số khúc xạ  $n_0$  thấp hơn  $n_1$ . Ví dụ, lõi 11 được làm từ thủy tinh silic dioxit chứa  $\text{GeO}_2$ , và vỏ phản xạ 13 được làm từ thủy tinh silic dioxit tinh chế.

Biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm  $n(r)$  của sợi quang 1A được làm cho xấp xỉ bằng chỉ số mũ  $\alpha$  như Biểu thức (1):

$$n(r) = \begin{cases} n_1 \left[ 1 - 2\Delta_1 \left( \frac{r}{a} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{2}} & (0 \leq r \leq a) \\ n_0 & (r \geq a) \end{cases} \quad (1)$$

trong đó  $r$  là khoảng cách hướng tâm từ tâm của lõi 11,  $a$  là bán kính của lõi 11, trong đó chỉ số khúc xạ  $n(r)$  bằng với chỉ số khúc xạ  $n_0$  của vỏ phản xạ 13, và  $\Delta_1$  là độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối giữa tâm của lõi 11 mà chỉ số khúc xạ là lớn nhất và vỏ phản xạ 13. Độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_1$  được biểu thị bằng Biểu thức (2) dưới đây:

$$\Delta_1 [\%] = \frac{n_1^2 - n_0^2}{2n_1^2} \times 100 \quad (2)$$

Sợi quang 1A còn bao gồm lớp nhựa thứ nhất 14 được bố trí quanh vỏ phản xạ 13, và lớp nhựa thứ hai 15 được bố trí quanh lớp nhựa thứ nhất 14. Lớp nhựa thứ nhất 14 và lớp nhựa thứ hai 15 được làm từ nhựa đóng rắn nhờ tia cực tím. Lớp nhựa thứ nhất 14 có mô đun đàn hồi (Young's modulus) thấp hơn mô đun đàn hồi của lớp nhựa thứ hai 15.

Fig.2 là biểu đồ minh họa một số biên dạng về chỉ số khúc xạ  $n(r)$  của sợi quang 1A theo phương án thứ nhất, với chỉ số mũ  $\alpha$  trong hàm biểu hiện biên dạng về chỉ số khúc xạ sẽ được lấy làm một tham số. Trục ngang của biểu đồ biểu thị khoảng cách hướng tâm  $r$  từ tâm của lõi 11. Trục dọc của biểu đồ này biểu thị độ chênh lệch chỉ số

khúc xạ tương đối  $\Delta$  tham chiếu đến chỉ số khúc xạ  $n_0$  của vỏ phản xạ 13. Với điều kiện là vỏ phản xạ 13 được làm từ thủy tinh silic dioxit tinh chế,  $\Delta_1$  và bán kính của lõi được điều chỉnh sao cho MFD ở bước sóng 1310nm tiến về  $9,0\mu\text{m}$ ,  $\lambda_c$  tiến về 1280nm, và trị số MAC tiến về 7,0. Chỉ số mũ  $\alpha$  được thay đổi trong khoảng từ 1 đến 10.

Các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.5 là các biểu đồ mà mỗi trong số chúng minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và một yếu tố tương ứng trong số tổn hao bán kính cong, bước sóng tán sắc điểm không, và bước sóng cắt cấp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang 1A theo phương án thứ nhất được minh họa trên Fig.1. Các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.5 cũng minh họa các trị số mà biểu thị tổn hao bán kính cong, bước sóng tán sắc điểm không, và bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$ , một cách tương ứng, trong trường hợp sợi quang chiết suất bậc mà trong đó chỉ số khúc xạ của lõi là hằng số.

Fig.3 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và sự suy hao bán kính cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang 1A theo phương án thứ nhất được quấn mười vòng với đường kính cong là 30mm. Biểu đồ này biểu thị rằng việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  đến trị số nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10 khiến tổn hao do uốn cong nhỏ hơn đối với cùng một trị số MAC than trong trường hợp sợi quang chiết suất bậc. Biểu đồ này còn biểu thị rằng việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  đến trị số mà nằm trong khoảng từ 2 đến 5 khiến cho tổn hao do uốn cong nhỏ hơn nhiều.

Fig.4 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng có bước sóng tán sắc điểm không của sợi quang 1A theo phương án thứ nhất. Biểu đồ này biểu thị rằng khi chỉ số mũ  $\alpha$  nhỏ hơn, bước sóng có bước sóng tán sắc điểm không sẽ dài hơn với độ lệch so với khoảng (1300nm đến 1324nm) được khuyến nghị bởi G.652 ITU-T là lớn hơn. Do đó, nên được hiểu rằng chỉ số mũ  $\alpha$  tốt hơn nếu là 2 hoặc lớn hơn.

Fig.5 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng cắt cấp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang 1A theo phương án thứ nhất. Biểu đồ này biểu thị rằng việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  đến trị số nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10 khiến bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$  nằm bên trong khoảng (1260nm hoặc ngắn hơn) được khuyến nghị bởi G.652 ITU-T.

#### Phương án thứ hai

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ khái niệm minh họa thiết diện và biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm của sợi quang 1B theo phương án thứ hai. Sợi quang 1B bao gồm

lõi 11, phần được ép 12 được bố trí quanh lõi 11, và vỏ phản xạ 13 được bố trí quanh phần được ép 12. Lõi 11 có chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ . Vỏ phản xạ 13 có chỉ số khúc xạ  $n_0$  thấp hơn  $n_1$ . Phần được ép 12 có chỉ số khúc xạ  $n_2$  thấp hơn  $n_1$  và cũng như  $n_0$ . Ví dụ, lõi 11 được làm từ thủy tinh silic dioxit chứa  $\text{GeO}_2$ , phần được ép 12 được làm từ thủy tinh silic dioxit chứa F, và vỏ phản xạ 13 được làm từ thủy tinh silic dioxit tinh chế.

Biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm  $n(r)$  của sợi quang 1B được làm cho xấp xỉ bằng chỉ số mũ  $\alpha$  như Biểu thức (3):

$$n(r) = \begin{cases} n_1 \left[ 1 - 2\Delta_1 \left( \frac{r}{a} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{2}} & (0 \leq r \leq a) \\ n_2 & (a \leq r \leq b) \\ n_0 & (r \geq b) \end{cases} \quad (3)$$

trong đó  $r$  là khoảng cách hướng tâm từ tâm của lõi 11,  $a$  là bán kính của lõi 11, mà trong đó chỉ số khúc xạ  $n(r)$  bằng với chỉ số khúc xạ  $n_0$  của vỏ phản xạ 13,  $b$  là bán kính ngoài của phần được ép 12, và  $\Delta_1$  là sự khác biệt của phần được ép 12 so với vỏ phản xạ 13. Độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  được biểu thị bằng Biểu thức (4) dưới đây:

$$\Delta_2 [\%] = \frac{n_2^2 - n_0^2}{2n_2^2} \times 100 \quad (4)$$

Sợi quang 1B còn bao gồm lớp nhựa thứ nhất 14 được bố trí quanh vỏ phản xạ 13, và lớp nhựa thứ hai 15 được bố trí quanh lớp nhựa thứ nhất 14, Lớp nhựa thứ nhất 14 và lớp nhựa thứ hai 15 được làm từ nhựa đóng rắn nhờ tia cực tím. Lớp nhựa thứ nhất 14 có mô đun đàn hồi (Young's modulus) nhỏ hơn mô đun đàn hồi của lớp nhựa thứ hai 15.

Fig.7 là biểu đồ minh họa một số biên dạng về chỉ số khúc xạ minh họa  $n(r)$  của sợi quang 1B theo phương án thứ hai, với độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  của phần được ép 12 so với vỏ phản xạ 13 sẽ được lấy làm tham số. Trục ngang của biểu đồ biểu thị khoảng cách hướng tâm  $r$  từ tâm của lõi 11. Trục dọc của biểu đồ này biểu thị độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta$  tham chiếu đến chỉ số khúc xạ  $n_0$  của vỏ phản xạ 13. Với điều kiện là vỏ phản xạ 13 được làm từ thủy tinh silic dioxit tinh chế,  $\Delta_1$  và bán kính của lõi được điều chỉnh sao cho MFD ở bước sóng 1310nm tiến đến  $9,0\mu\text{m}$ ,  $\lambda_c$



tiến đến 1280nm, và trị số MAC tiến đến 7,0. Chỉ số mũ  $\alpha$  được đặt đến 2,5. Sự khác biệt chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  được thay đổi nằm trong khoảng từ  $-0,1\%$  đến  $0\%$ .

Fig.8 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  và tổn hao do uốn cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang 1B theo phương án thứ hai được quấn mười vòng với đường kính uốn cong là 30mm. Biểu đồ này biểu thị rằng độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  được mong muốn là giá trị âm và giá trị tuyệt đối của nó được mong muốn là lớn, bởi vì các điều kiện như vậy khiến cho suy hao bán kính cong nhỏ.

Fig.9 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  và bước sóng tán sắc điểm không của sợi quang 1B theo phương án thứ hai. Biểu đồ này biểu thị rằng khi độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  thấp hơn  $-0,1\%$  (do giá trị tuyệt đối của nó lớn hơn), bước sóng tán sắc điểm không sẽ ngắn hơn khoảng được khuyến nghị bởi ITU-T. Do đó, nên được hiểu rằng độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  được mong muốn là  $-0,1\%$  hoặc lớn hơn.

Fig.10 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  và bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang 1B theo phương án thứ hai. Biểu đồ này biểu thị rằng bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$  nằm bên trong khoảng được khuyến nghị bởi G.652 ITU-T nếu độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  nằm bên trong khoảng từ  $-0,1$  đến  $0\%$ .

Fig.11 là biểu đồ minh họa một số biên dạng về chỉ số khúc xạ  $n(r)$  khác của sợi quang 1B theo phương án thứ hai, với chỉ số mũ  $\alpha$  trong hàm biểu hiện biên dạng về chỉ số khúc xạ sẽ được lấy làm một tham số. Trục ngang của biểu đồ biểu thị khoảng cách hướng tâm  $r$  từ tâm của lõi 11. Trục dọc của biểu đồ này biểu thị sự khác biệt chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta$  tham chiếu đến chỉ số khúc xạ  $n_0$  của vỏ phản xạ 13. Với điều kiện là vỏ phản xạ 13 được làm từ thủy tinh silic dioxit tinh chế,  $\Delta_1$  và bán kính của lõi được điều chỉnh sao cho MFD ở bước sóng 1310nm tiến về  $9,0\mu\text{m}$ ,  $\lambda_c$  tiến về 1280nm, và trị số MAC tiến về 7,0. Độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  được thiết lập là  $-0,02\%$ . Chỉ số mũ  $\alpha$  được thay đổi trong khoảng từ 1 đến 10.

Các hình vẽ từ Fig.12 đến Fig.14 là các biểu đồ mà mỗi trong số chúng minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và một yếu tố tương ứng trong số suy hao bán kính cong,

bước sóng tán sắc điểm không, và bước sóng cắt cấp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang 1B theo phương án thứ hai được minh họa trên Fig.6. Các hình vẽ từ Fig.12 đến Fig.14 cũng minh họa các trị số mà biểu thị tổn hao do uốn cong, bước sóng có bước sóng tán sắc điểm không, và bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$ , một cách tương ứng, trong trường hợp sợi quang chiết suất bậc mà trong đó chỉ số khúc xạ của lõi là hằng số.

Fig.12 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và tổn hao do uốn cong ở bước sóng 1550nm trong trường hợp mà sợi quang 1B theo phương án thứ hai được quấn mười vòng với đường kính cong là 30nm. Biểu đồ này biểu thị rằng việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  đến trị số nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10 khiến tổn hao do uốn cong nhỏ hơn đối với cùng một trị số MAC so với trường hợp sợi quang chiết suất bậc. Biểu đồ này còn biểu thị rằng việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  đến trị số mà nằm trong khoảng từ 2 đến 5 khiến cho tổn hao do uốn cong nhỏ hơn nhiều.

Fig.13 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng tán sắc điểm không của sợi quang 1B theo phương án thứ hai. Biểu đồ này biểu thị rằng khi chỉ số mũ  $\alpha$  nhỏ hơn, bước sóng tán sắc điểm không sẽ dài hơn với độ lệch so với khoảng (1300nm đến 1324nm) được khuyến nghị bởi G.652 ITU-T là lớn hơn. Do đó, nên được hiểu rằng chỉ số mũ  $\alpha$  tốt hơn nếu là 2 hoặc lớn hơn.

Fig.14 là biểu đồ minh họa mối quan hệ giữa chỉ số mũ  $\alpha$  và bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$  của sợi quang 1B theo phương án thứ hai. Biểu đồ này biểu thị rằng việc thiết lập chỉ số mũ  $\alpha$  đến trị số nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10 khiến bước sóng cắt của cấp  $\lambda_{cc}$  nằm bên trong khoảng (1260nm hoặc ngắn hơn) được khuyến nghị bởi G.652 ITU-T.

### Ví dụ thực hiện sáng chế

Fig.15 là bảng tóm tắt các nhân tố có liên quan của các sợi từ 1 đến 8 theo các ví dụ. Fig.16 là bảng tóm tắt các nhân tố có liên quan của các sợi từ 9 đến 15 theo các ví dụ khác. Các yếu tố được tóm tắt trong các bảng này là như sau, theo thứ tự từ trên xuống: chỉ số mũ  $\alpha$ , độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_1$  ở trung tâm của lõi 11, độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  của phần được ép 12, đường kính lõi 2a, đường kính ngoài 2b của phần được ép 12, tỷ số (b/a), bước sóng tán sắc điểm không, MFD ở bước sóng 1310nm, diện tích thiết diện hiệu quả  $A_{eff}$  ở bước sóng 1310nm,

MFD ở bước sóng 1550nm, diện tích thiết diện hiệu quả  $A_{eff}$  ở bước sóng 1550nm, bước sóng cắt của sợi  $\lambda_c$ , bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$ , độ chênh lệch  $(\lambda_c - \lambda_{cc})$ , trị số MAC, và tổn hao do uốn cong ở bước sóng 1550nm đối với sợi quang 1B được quán mười vòng với đường kính uốn cong là 30nm.

Mỗi sợi trong số các sợi từ 1 đến 15 có các đặc tính tuân theo G.652 của ITU-T. Các sợi 4, 5, 13, và 14 dựa trên phương án thứ nhất mà không sử dụng phần được ép 12. Các sợi còn lại dựa trên phương án thứ hai mà sử dụng phần được ép 12. Với phần được ép 12, tổn hao do uốn cong có thể làm cho nhỏ hơn nhiều.

Fig.17 là bảng tóm tắt các nhân tố có liên quan của các sợi từ 16 đến 24 theo các ví dụ cụ thể khác. Các yếu tố được tóm tắt trong các bảng này là như sau, theo thứ tự từ trên xuống: bước sóng tán sắc điểm không  $\lambda_0$ , MFD ở bước sóng 1310nm, bước sóng cắt của sợi  $\lambda_c$ , bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$ , độ chênh lệch  $(\lambda_c - \lambda_{cc})$ , trị số MAC, và tổn hao do uốn cong ở bước sóng 1550nm được quán mười vòng với đường kính uốn cong là 30nm, đường kính của vỏ phản xạ, đường kính ngoài của lớp nhựa thứ nhất, và đường kính ngoài của lớp nhựa thứ hai.

Tốt hơn là sợi quang bao gồm vỏ phản xạ có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 124,3 $\mu$ m đến 125,7 $\mu$ m. Ví dụ, sợi quang có thể bao gồm lớp nhựa thứ nhất có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 180 $\mu$ m đến 200 $\mu$ m, và lớp nhựa thứ hai có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 235 $\mu$ m đến 255 $\mu$ m. Như một ví dụ khác, sợi quang có thể bao gồm lớp nhựa thứ nhất có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 150 $\mu$ m đến 175 $\mu$ m, và lớp nhựa thứ hai có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 188 $\mu$ m đến 210 $\mu$ m. Mỗi sợi quang như vậy bao gồm các lớp nhựa mà có đường kính ngoài nhỏ hơn các sợi quang đã biết và do đó là các ưu điểm ở chỗ số lượng sợi quang lớn hơn có thể được có mặt đặc khít hơn trong một sợi cáp.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

## 1. Sợi quang bao gồm:

lõi có

đường kính  $2a$  nằm trong khoảng từ  $9\mu\text{m}$  đến  $14\mu\text{m}$ ;

chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ ; và

biên dạng chỉ số khúc xạ hướng tâm được biểu hiện bằng chỉ số mũ  $\alpha$  nằm trong khoảng từ 1,5 đến 10; và

vỏ phản xạ được bố trí quanh lõi và có chỉ số khúc xạ  $n_0$  thấp hơn chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$ , và

phần được ép được bố trí quanh lõi và giữa lõi và vỏ phản xạ và có chỉ số khúc xạ  $n_2$  mà thấp hơn chỉ số khúc xạ tối đa  $n_1$  và chỉ số khúc xạ  $n_0$ ,

trong đó độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_1$  ở trung tâm của lõi mà được biểu thị là  $\Delta_1 = 100 \times (n_1^2 - n_0^2) / (2n_1^2)$  nằm trong khoảng từ 0,3% đến 0,5%, và độ chênh lệch chỉ số khúc xạ tương đối  $\Delta_2$  của phần được ép mà được biểu thị là  $\Delta_2 = 100 \times (n_2^2 - n_0^2) / (2n_2^2)$  nằm trong khoảng từ -0,1% đến 0% và

trong đó sợi quang có bước sóng tán sắc điểm không

là 1300nm hoặc dài hơn và 1324nm hoặc ngắn hơn,

bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$  là 1260nm hoặc ngắn hơn, và

tổn hao do uốn cong ở bước sóng 1550nm là 0,25 dB hoặc nhỏ hơn trong trường hợp mà sợi quang được quấn mười vòng với đường kính uốn cong là 30nm.

## 2. Sợi quang theo điểm 1, trong đó:

phần được ép có đường kính ngoài  $2b$ , và tỷ số  $(b/a)$  của đường kính ngoài  $2b$  của phần được ép với đường kính  $2a$  của lõi nằm trong khoảng từ 2,4 đến 4,0.

## 3. Sợi quang theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó:

chỉ số mũ  $\alpha$  là từ 2,0 đến 5,0.

## 4. Sợi quang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó:

tổn hao do uốn cong của sợi quang ở bước sóng 1550nm là 0,03 dB hoặc nhỏ hơn trong trường hợp mà sợi quang được quấn mười vòng với đường kính uốn cong 30nm.

5. Sợi quang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó:

sợi quang có bước sóng cắt của sợi  $\lambda_c$  50nm hoặc lớn hơn và 100nm hoặc nhỏ hơn so với bước sóng cắt của cáp  $\lambda_{cc}$ .

6. Sợi quang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó sợi quang này còn bao gồm:

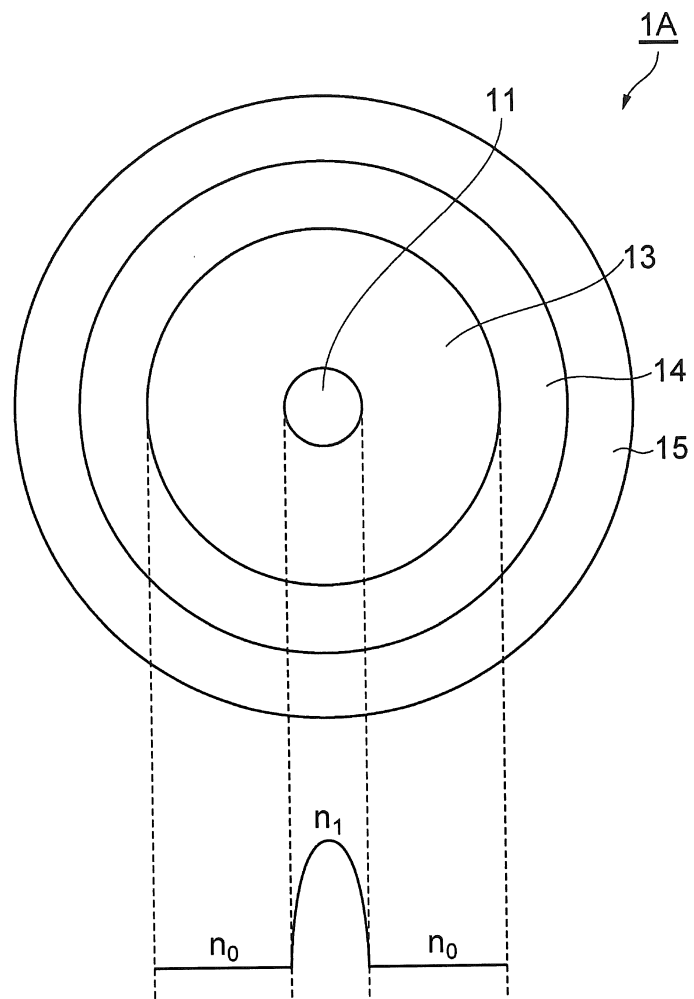
lớp nhựa thứ nhất được bố trí quanh vỏ phản xạ và được làm từ nhựa đóng rắn nhờ tia cực tím; và

lớp nhựa thứ hai được bố trí quanh lớp nhựa thứ nhất và được làm từ nhựa đóng rắn nhờ tia cực tím,

trong đó vỏ phản xạ có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 124,3 $\mu$ m đến 125,7 $\mu$ m, và

trong đó lớp nhựa thứ hai có đường kính ngoài nằm trong khoảng từ 188 $\mu$ m đến 210 $\mu$ m.

FIG. 1



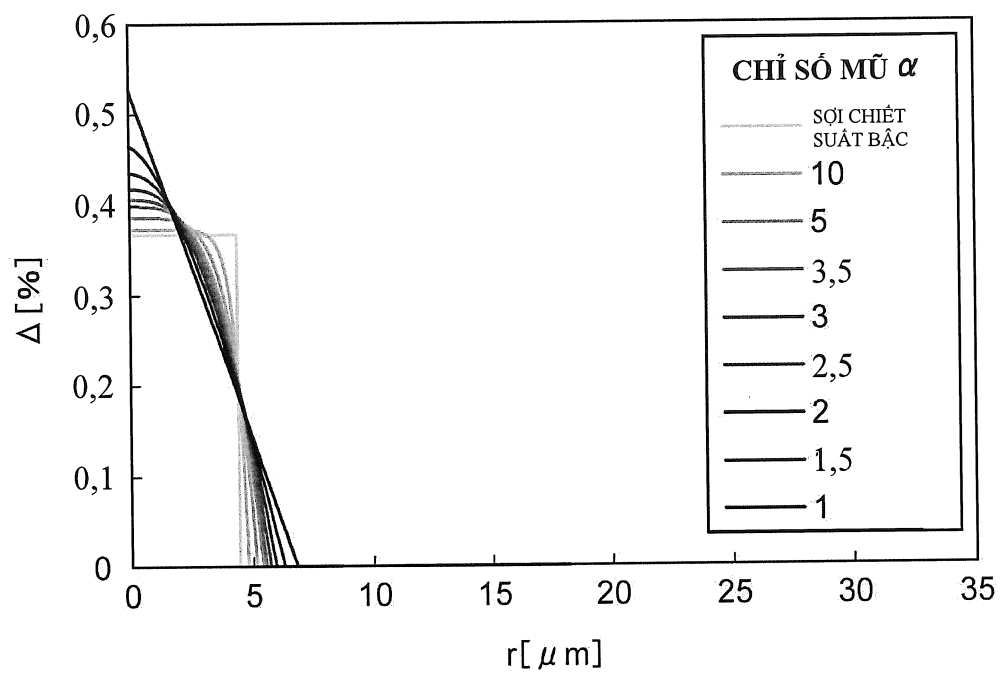
**FIG. 2**

FIG. 3

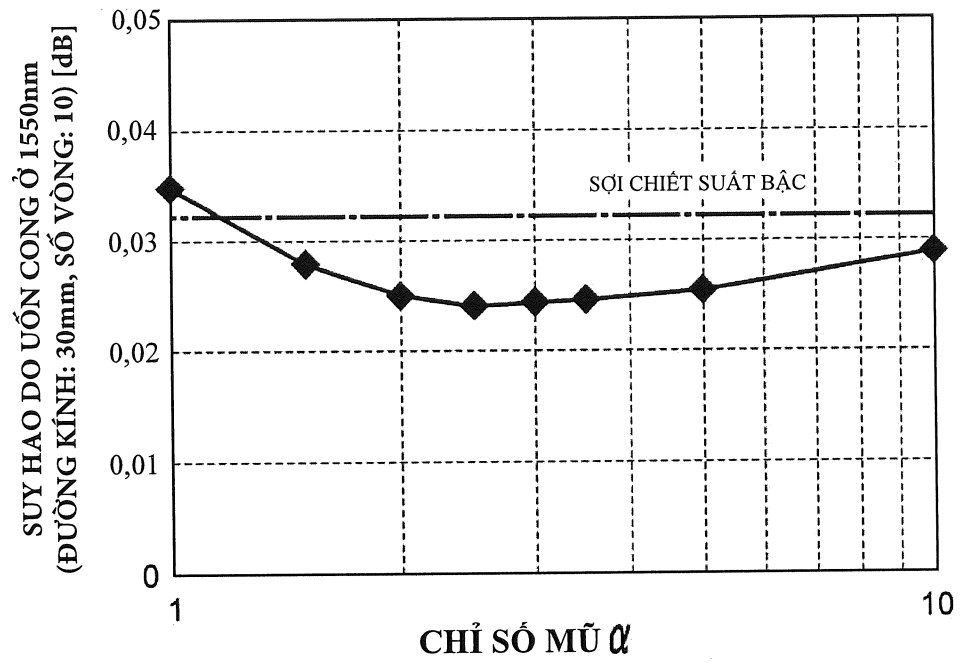




FIG. 4

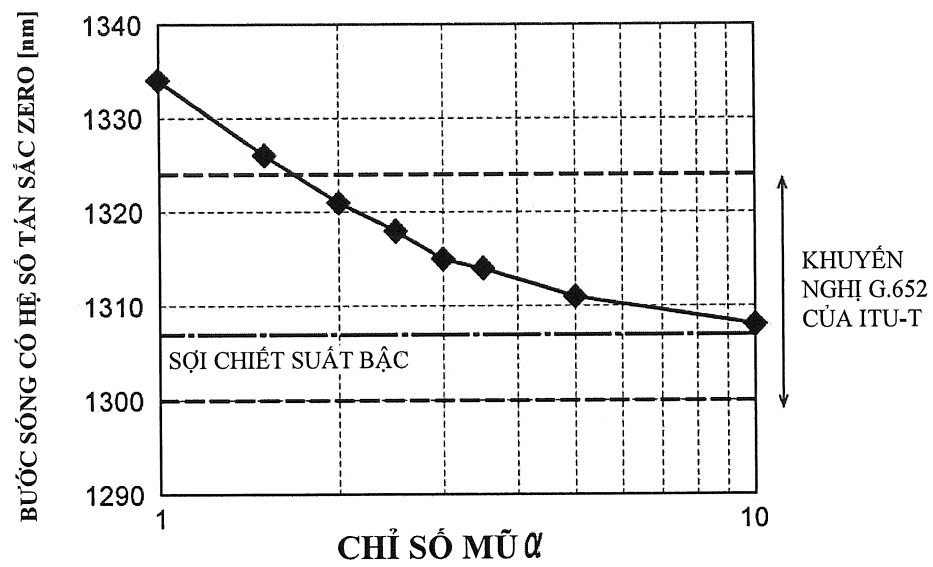


FIG. 5

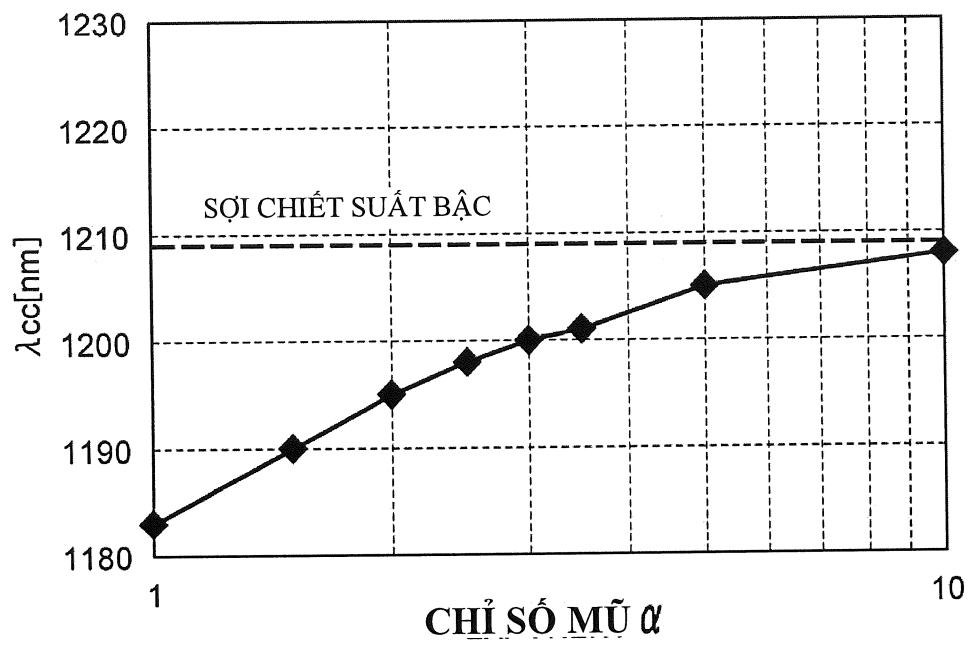
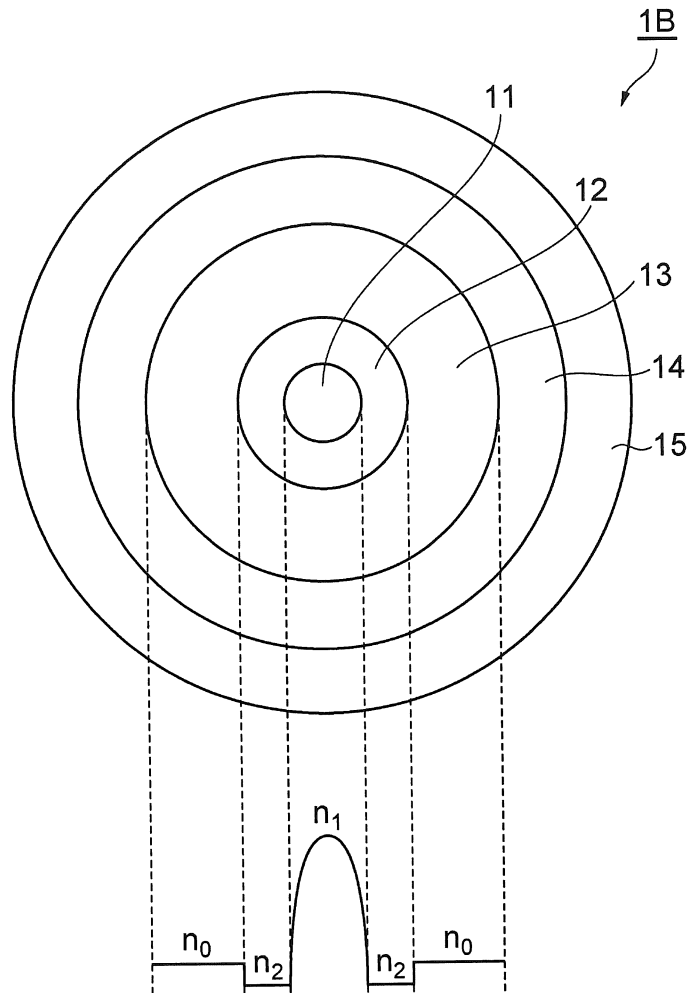


FIG. 6



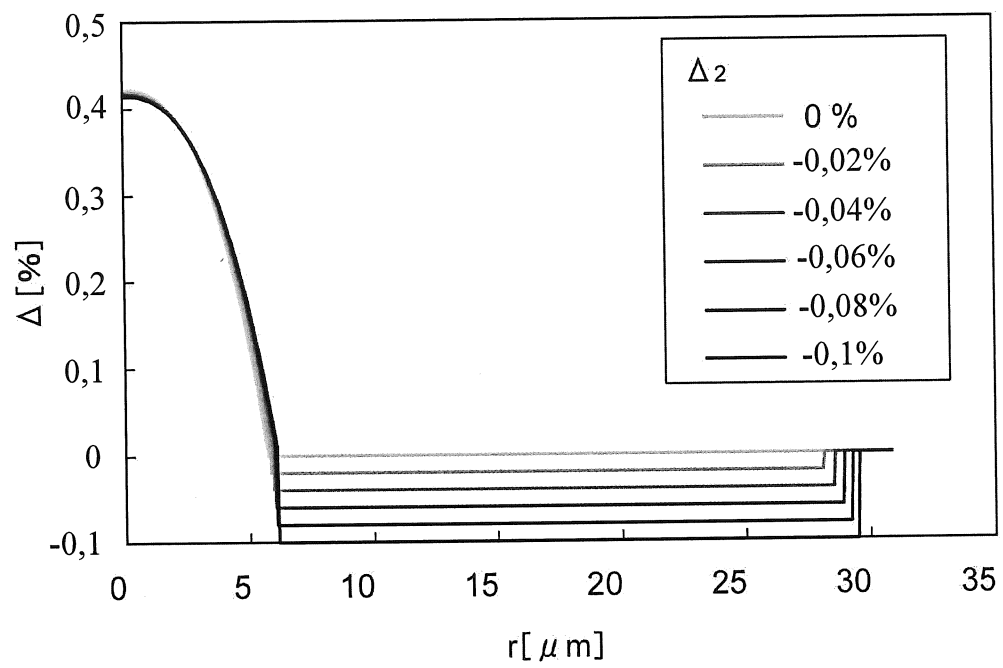
**FIG. 7**

FIG. 8

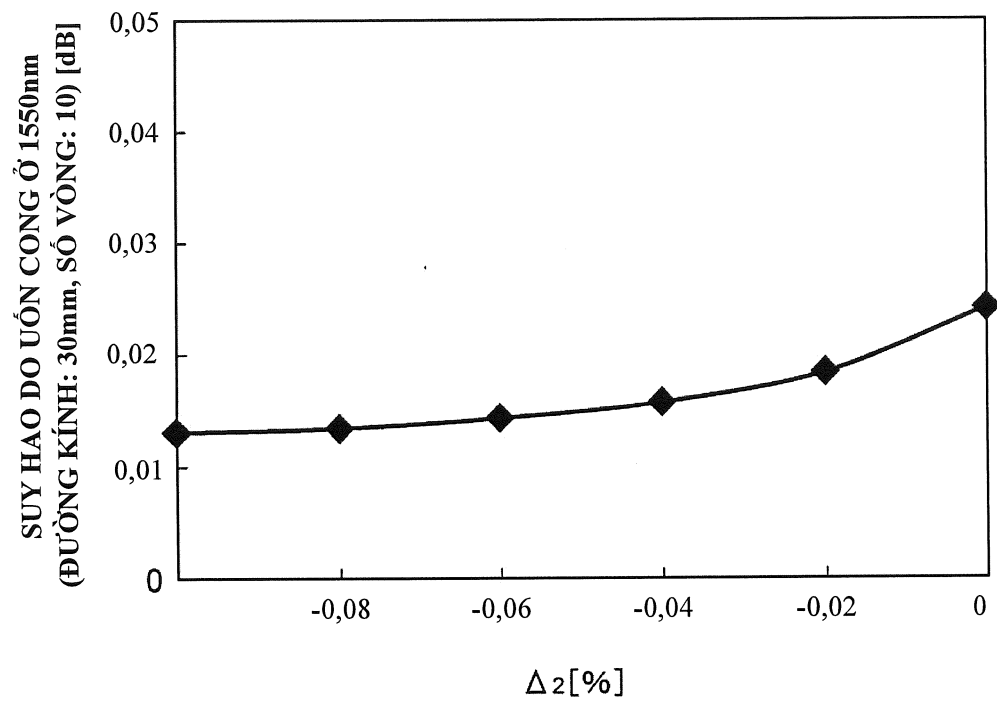
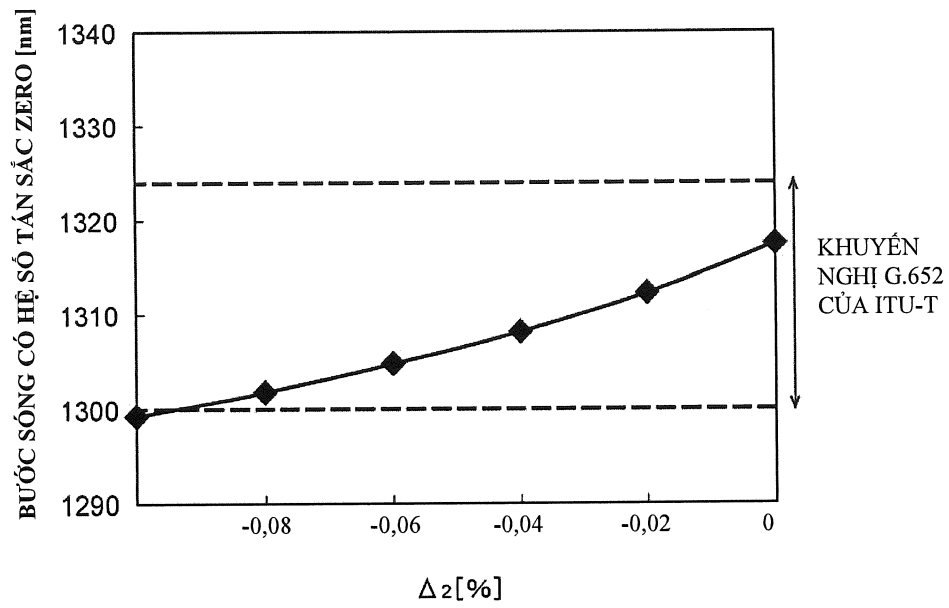


FIG. 9



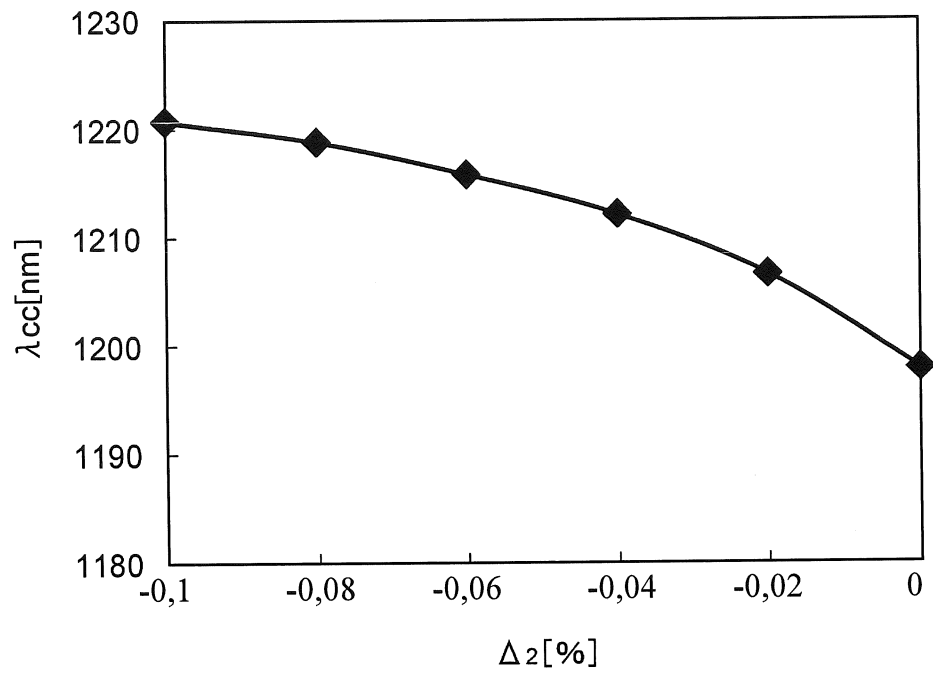
**FIG. 10**

FIG. 11

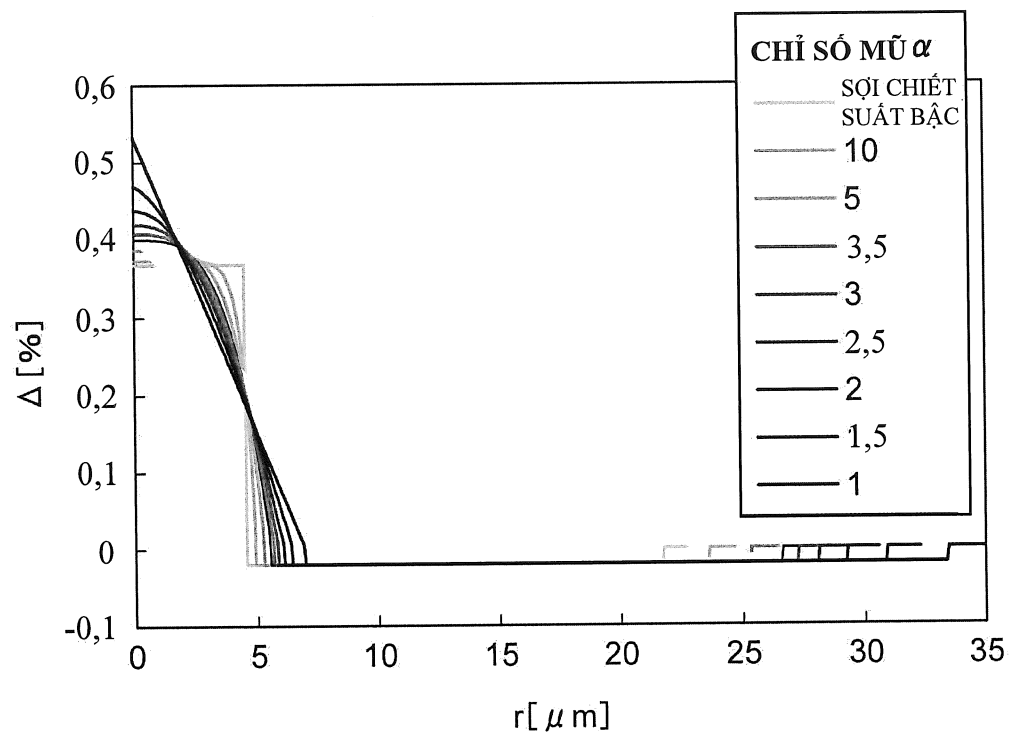




FIG. 12

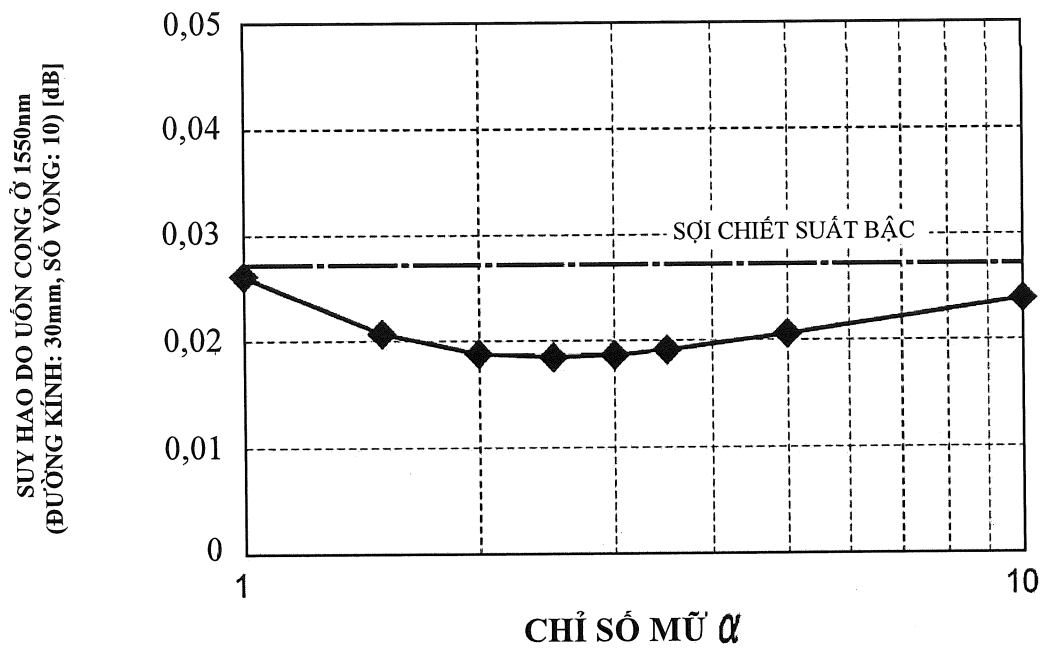


FIG. 13

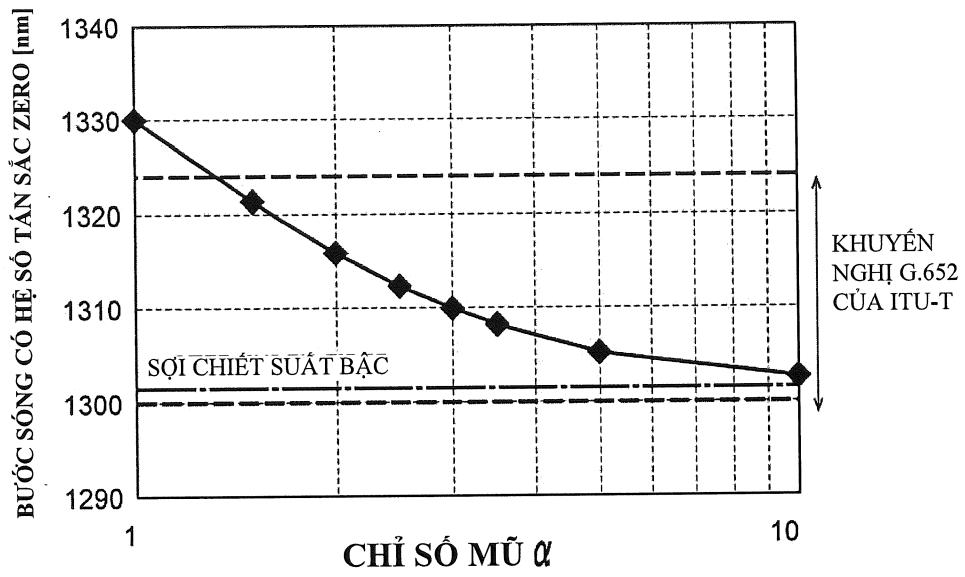


FIG. 14

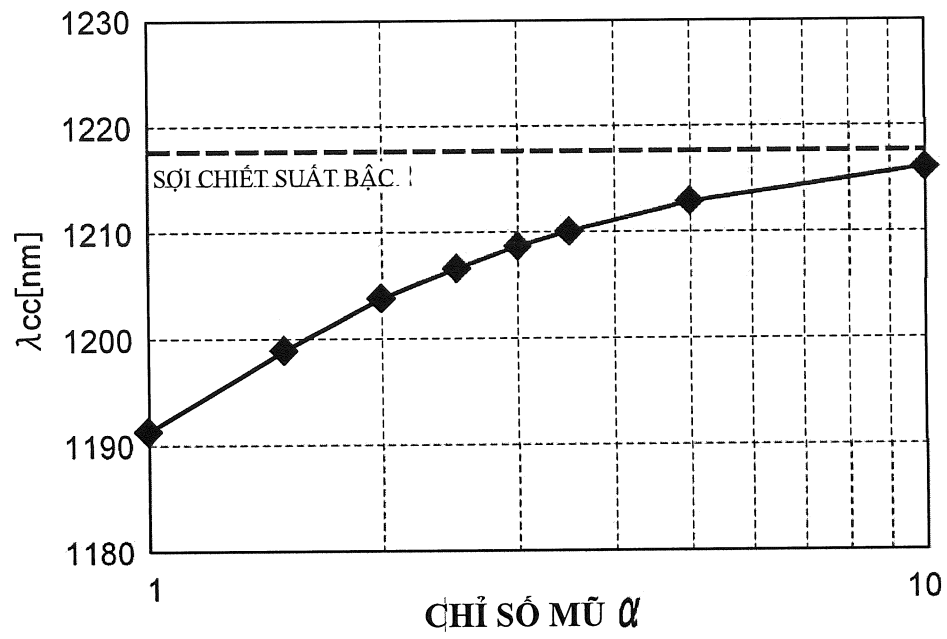


Fig.15

| NHÂN TỐ                                    | ĐƠN VỊ              | BƯỚC SÓNG<br>[nm] | SỢI<br>1 | SỢI<br>2 | SỢI<br>3 | SỢI<br>4 | SỢI<br>5 | SỢI<br>6 | SỢI<br>7 | SỢI<br>8 |
|--------------------------------------------|---------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CHỈ SỐ MŨ $\alpha$                         | -                   | -                 | 1,5      | 2,0      | 2,0      | 2,5      | 2,5      | 2,5      | 2,8      | 3,0      |
| $\Delta_1$                                 | [%]                 | -                 | 0,445    | 0,420    | 0,460    | 0,415    | 0,440    | 0,466    | 0,487    | 0,390    |
| $\Delta_2$                                 | [%]                 | -                 | -0,05    | -0,04    | -0,07    | 0        | 0        | -0,06    | -0,02    | -0,04    |
| 2a                                         | [ $\mu\text{m}$ ]   | -                 | 13,35    | 12,44    | 12,14    | 12,00    | 10,84    | 11,65    | 10,61    | 11,52    |
| 2b                                         | [ $\mu\text{m}$ ]   | -                 | 40,05    | 38,56    | 41,28    | -        | -        | 41,94    | 42,44    | 42,62    |
| b/a                                        | -                   | -                 | 3,0      | 3,1      | 3,4      | -        | -        | 3,6      | 4,0      | 3,7      |
| BƯỚC SÓNG CÓ<br>HỆ SỐ TÁN SẮC ZERO         | [nm]                | -                 | 1315     | 1312     | 1308     | 1313     | 1324     | 1307     | 1317     | 1307     |
| MFD                                        | [ $\mu\text{m}$ ]   | 1310              | 9,19     | 9,12     | 8,73     | 9,19     | 8,71     | 8,61     | 8,30     | 9,10     |
| Aeff                                       | [ $\mu\text{m}^2$ ] | 1310              | 64,5     | 64,1     | 59,2     | 65,2     | 58,1     | 57,8     | 53,5     | 64,6     |
| MFD                                        | [ $\mu\text{m}$ ]   | 1550              | 10,29    | 10,20    | 9,68     | 10,31    | 9,85     | 9,53     | 9,28     | 10,13    |
| Aeff                                       | [ $\mu\text{m}^2$ ] | 1550              | 80,1     | 79,0     | 71,9     | 80,6     | 73,1     | 69,9     | 65,7     | 78,7     |
| $\lambda_c$                                | [nm]                | -                 | 1263     | 1256     | 1293     | 1322     | 1240     | 1318     | 1301     | 1243     |
| $\lambda_{cc}$                             | [nm]                | -                 | 1188     | 1185     | 1232     | 1232     | 1168     | 1258     | 1239     | 1179     |
| $\lambda_c - \lambda_{cc}$                 | [nm]                | -                 | 75       | 71       | 61       | 90       | 73       | 60       | 62       | 65       |
| MAC                                        | -                   | -                 | 7,28     | 7,26     | 6,75     | 6,95     | 7,02     | 6,53     | 6,38     | 7,32     |
| SUY HAO DO UỐN CONG VỚI<br>ĐƯỜNG KÍNH 30mm | [dB/10 vòng]        | 1550              | 0,048    | 0,048    | 0,003    | 0,015    | 0,026    | 0,001    | 0,000    | 0,064    |

Fig.16

| NHÂN TỐ                                       | ĐƠN VỊ              | BƯỚC SÓNG [nm] | SỢI 9 | SỢI 10 | SỢI 11 | SỢI 12 | SỢI 13 | SỢI 14 | SỢI 15 |
|-----------------------------------------------|---------------------|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CHỈ SỐ MŨ $\alpha$                            | -                   | -              | 3,3   | 3,0    | 4,0    | 5,0    | 10     | 10     | 10     |
| $\Delta_1$                                    | [%]                 | -              | 0,406 | 0,405  | 0,428  | 0,359  | 0,358  | 0,337  | 0,346  |
| $\Delta_2$                                    | [%]                 | -              | -0,08 | -0,04  | -0,07  | -0,03  | 0      | 0      | -0,02  |
| 2a                                            | [ $\mu\text{m}$ ]   | -              | 11,72 | 11,44  | 10,72  | 10,8   | 9,74   | 9,88   | 10,33  |
| 2b                                            | [ $\mu\text{m}$ ]   | -              | 30,47 | 35,46  | 40,74  | 43,2   | -      | -      | 40,29  |
| b/a                                           | -                   | -              | 2,6   | 3,1    | 3,8    | 4,0    | -      | -      | 3,9    |
| BƯỚC SÓNG CÓ<br>HỆ SỐ TÁN SẮC ZERO            | [nm]                | -              | 1300  | 1304   | 1300   | 1303   | 1308   | 1309   | 1300   |
| MFD                                           | [ $\mu\text{m}$ ]   | 1310           | 8,94  | 9,00   | 8,58   | 9,23   | 9,20   | 9,42   | 9,39   |
| A <sub>eff</sub>                              | [ $\mu\text{m}^2$ ] | 1310           | 63,1  | 63,7   | 58,6   | 67,5   | 67,3   | 70,4   | 71,0   |
| MFD                                           | [ $\mu\text{m}$ ]   | 1550           | 9,85  | 9,98   | 9,46   | 10,27  | 10,31  | 10,58  | 10,41  |
| A <sub>eff</sub>                              | [ $\mu\text{m}^2$ ] | 1550           | 75,4  | 76,8   | 69,7   | 81,5   | 82,0   | 86,2   | 84,8   |
| $\lambda_c$                                   | [nm]                | -              | 1269  | 1290   | 1280   | 1241   | 1261   | 1236   | 1280   |
| $\lambda_{cc}$                                | [nm]                | -              | 1211  | 1224   | 1229   | 1176   | 1187   | 1161   | 1209   |
| $\lambda_c - \lambda_{cc}$                    | [nm]                | -              | 58    | 66     | 51     | 65     | 74     | 76     | 70     |
| MAC                                           | -                   | -              | 7,05  | 6,98   | 6,70   | 7,44   | 7,30   | 7,62   | 7,34   |
| SUY HAO DO UỖN<br>CONG VỚI ĐƯỜNG<br>KÍNH 30mm | [dB/10 vòng]        | 1550           | 0,016 | 0,012  | 0,003  | 0,124  | 0,093  | 0,317  | 0,085  |

Fig.17

| NHÂN TỐ                                              | ĐƠN VỊ            | SỢI 16 | SỢI 17 | SỢI 18 | SỢI 19 | SỢI 20 | SỢI 21 | SỢI 22 | SỢI 23 | SỢI 24 |
|------------------------------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\lambda_0$                                          | [nm]              | 1310   | 1308   | 1308   | 1311   | 1306   | 1309   | 1320   | 1314   | 1317   |
| MFD @1310nm                                          | [ $\mu\text{m}$ ] | 9,01   | 9,11   | 9,18   | 9,03   | 9,27   | 8,96   | 8,61   | 8,78   | 8,64   |
| $\lambda_c$                                          | [nm]              | 1282   | 1317   | 1301   | 1250   | 1332   | 1306   | 1179   | 1242   | 1227   |
| $\lambda_{cc}$                                       | [nm]              | 1211   | 1242   | 1226   | 1181   | 1252   | 1234   | 1124   | 1179   | 1167   |
| $\lambda_c - \lambda_{cc}$                           | [nm]              | 71     | 76     | 75     | 68     | 80     | 72     | 55     | 63     | 60     |
| MAC                                                  |                   | 7,03   | 6,92   | 7,05   | 7,22   | 6,96   | 6,86   | 7,31   | 7,07   | 7,04   |
| SUY HAO DO UỐN<br>CONG VỚI ĐƯỜNG<br>KÍNH 30mm@1550nm | [dB/10 vòng]      | 0,016  | 0,009  | 0,018  | 0,044  | 0,010  | 0,007  | 0,084  | 0,024  | 0,022  |
| ĐƯỜNG KÍNH CỦA<br>VỎ PHÂN XẠ                         | [ $\mu\text{m}$ ] | 124,8  | 124,3  | 125,6  | 125,1  | 125,0  | 124,8  | 125,4  | 125,5  | 124,5  |
| OD CỦA LỚP NHỰA<br>THỨ NHẤT                          | [ $\mu\text{m}$ ] | 199    | 186    | 190    | 193    | 173    | 162    | 152    | 170    | 160    |
| OD CỦA LỚP NHỰA<br>THỨ HAI                           | [ $\mu\text{m}$ ] | 250    | 248    | 245    | 240    | 209    | 201    | 200    | 193    | 192    |