



Ch ãng 7 NG D NG CH C N NG

Cùng v i nh ng ãng d ãng c b n c mô t trong ch ãng tr c, các SOA có th c dùng th c hi n các ch c n ãng c bi th u d ãng trong các m ãng toàn quang. Nh ãng ch c n ãng toàn quang này có th kh c ph c nh ãng “hi u ãng c chai i n t” (electronic bottleneck), trong ó x lý tín hi u c th c hi n trong mi n i n. ây là m t y u t gi i h n l n trong v i c tr i n khai các m ãng truy n thông quang h c t c cao. Nhi u ãng d ãng ch c n ãng d a trên s phi tuy n SOA. S phát tr i n c a các m ch tích h p photonic (PIC) ã thúc y v i c tr i n khai ãng d ãng nh ãng y u t ch c n ãng SOA t ãng i ph c t p tr ãng th c t h n.

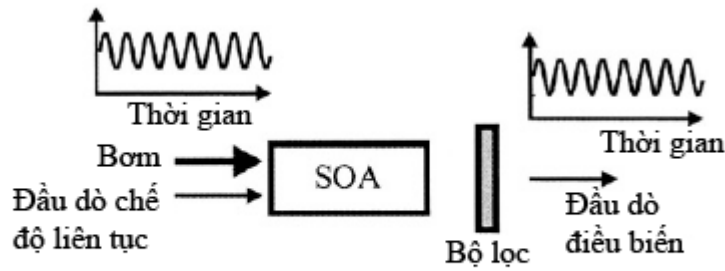
Trong ch ãng này, u tiên chúng ta b t u t ãng quan v s phi tuy n SOA. Sau ó, chúng ta xem xét m t s trong nhi u ãng d ãng ch c n ãng có th có v i các SOA, li ên quan n v i c th c thi PIC c a chúng.

7.1 S PHI TUY N SOA

S phi tuy n trong các SOA ch y u là do s thay i m t h t t i i n b c m ãng b i các tín hi u u vào b khu ch i. B n lo i hi n t ãng phi tuy n chính là: bi n i u l i chéo (Cross gain modulation XGM), bi n i u chéo pha (cross phase modulation XPM), s t i u pha (self-phase modulation SPM) và s tr n b n sóng (four-wave mixing FWM).

7.1.1 Bi n i u l i chéo

Ph l i v t l i u c a m t SOA m r ãng ãng u. i u này có ãng a là s thay i m t h t t i i n trong b khu ch i s nh h ãng t i t t c các tín hi u u vào. á p ãng t m th i c a m t h t t i i n ph thu c v ào th i gian s ãng c a h t t i i n. Nh ã c th o l u n trong ch ãng tr c, s thay i m t h t t i i n có th làm n y sinh các hi u ãng vân (pattern effect) và nhi u xuyên kênh (interchannel crosstalk) trong khu ch i nhi u b c sóng. B trí thí ãng i m bi n i u l i chéo c b n nh t c bi u di n trong hình 7.1, trong ó m t ánh sáng dò ch li ên t c y u và m t ánh sáng b m m nh, v i bi n i u hài tín hi u nh t n s góc ω c ti êm vào m t SOA. Bi n i u l i chéo trong b khu ch i s phi ch u bi n i u b m trên u dò. i u này có ãng a là b khu ch i s óng vai trò nh m t b chuy n i b c sóng, ãng a là chuy n thông tin t i m t b c sóng này sang tín hi u t i b c sóng khác.



Hình 7.1. Bộ chuyển đổi bước sóng dùng XGM trong một SOA

H s ph m ch th u đ ng nh t c a m t b chuy n i là hi u su t chuy n i η , nó c nh ngh a là t s gi a ch s i u ch (the modulation index) c a u dò u ra v i ch s i u ch c a b m u vào. Trong [1,2] s ph n tích hài t n hi u nh c dùng xác nh η cho ta k t qu

$$\eta = \left| \frac{P_1(0)}{P_0(0)} F(L) \right| \quad (7.1)$$

V i

$$F(L) = 1 - e^{-K(L)}$$

$$K(L) = \frac{1}{1 + j\omega\tau\alpha'} \left\{ \alpha' \ln \frac{G_0}{G} - \ln \left[1 - \frac{(G-1)P_T(0)/P_{sat}}{1 + GP_T(0)/P_{sat} + j\omega\tau} \right] \right\} \quad (7.2)$$

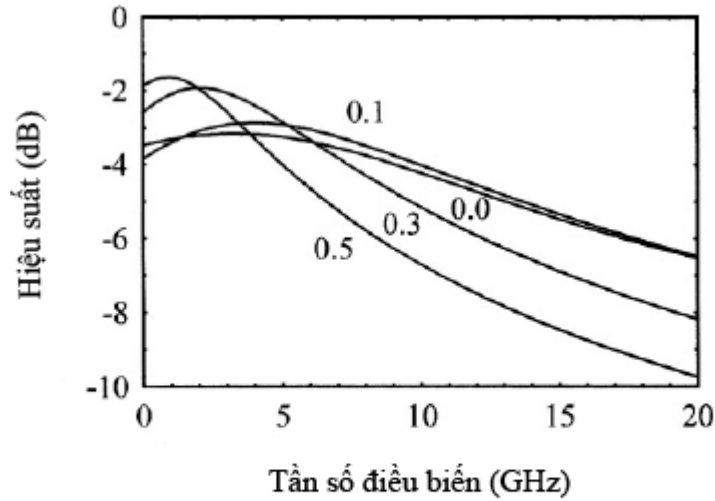
ây $\alpha' = \alpha / (\Gamma g_0)$ là h s m t mát ng d n sóng chu n hóa, $P_0(0)$ và $P_1(0)$ t ng ng là công su t u vào trung bình c a u dò và b m, $P_T(0)$ là t ng c a công su t b m và u dò u vào trung bình, ω là t n s góc i u bi n hài t n hi u nh và τ là th i gian s ng c a h t t i i n t phát. g_0 c xác nh b i công th c (3.22). G_0 , 1 i không bão hòa c xác nh b i công th c

$$G_0 = \exp[(\Gamma g_0 - \alpha)L] \quad (7.3)$$

l i khu ch i G có th c xác nh t

$$\alpha' \ln \frac{G_0}{G} = \ln \left\{ \frac{1 - \alpha' [1 + P_T(0)/P_{sat}]}{1 - \alpha' [1 + GP_T(0)/P_{sat}]} \right\} \quad (7.4)$$

(7.4) gi ng nh (3.24) trong tr ng h p gi i h n khi α t i n t i 0. Ph n tích tr ên gi s r ng s ch ênh l ch t n s quang h c (s l ch hu ng) gi a các t n hi u b m và u dò l n h n nhi u $1/2\pi\tau$ vì v y các s n ph m tr n b n sóng c t o ra do t ng tác phi tuy n gi a hai tr ng có th c b qua. c tuy n áp ng i n hình c tính b ng công th c (7.2) và nghi m b ng s c a (7.4) c bi u di n trong hình 7.2.



Hình 7.2. Đáp ứng tần số điển hình của một bộ chuyển đổi bước sóng dùng XGM. Tham số là hệ số mất mát ống dẫn sóng tiêu chuẩn.

Các giá trị α dùng trong tính toán là $\exp(\Gamma g_0 L) = 30dB$, và $\tau = 0.1ns$, $P_0(0) = 0.5mW$, $P_1(0) = 1.0mW$, $P_{sat} = 10mW$. Hình 7.2 cho thấy sự biến thiên của hiệu suất theo tần số điều biến.

Trong trường hợp mất mát trong ống dẫn sóng biến không chúng ta có

$$F(L)_{\alpha \rightarrow 0} = \frac{(G-1)P_T(0)/P_{sat}}{1 + GP_T(0)/P_{sat} + j\omega\tau} \quad (7.5)$$

Trong trường hợp này áp dụng các chuyển đổi có tính bất biến thông thì phổ biến thông 3dB

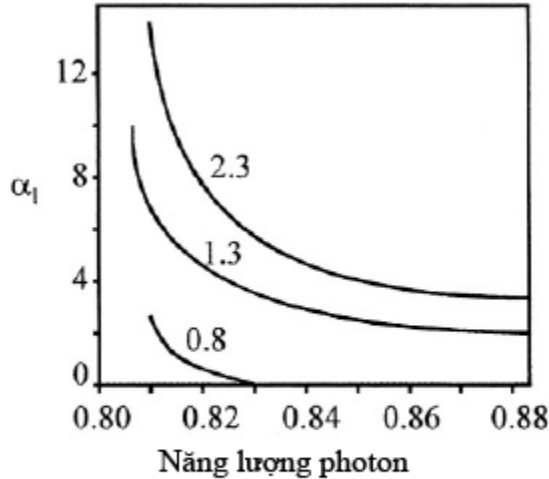
$$f_{3dB} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{1 + GP_T(0)/P_{sat}}{\tau} \right] \quad (7.6)$$

7.1.2 Sự nhiễu pha và sự nhiễu pha chéo

Chỉ số tán xạ vùng hoạt tính của một SOA không phải là một hằng số mà phụ thuộc vào mật độ hạt tải điện và vì vậy phụ thuộc vào điện áp điều biến. Điều này có nghĩa là pha và biên độ của sóng quang học qua một bộ khuếch đại ghép qua sẽ biến đổi liên tục. Các đặc tính ghép này có liên quan đến sự tán xạ ngược và sự nhiễu pha α_i (cũng giống với bộ vì những nguyên nhân ngược lại của laser bán dẫn) của vật liệu cho bộ công thức

$$\alpha_i = -\frac{\pi}{\lambda_0} \frac{dn_e/dn}{dg_m/dn} \quad (7.7)$$

ây λ_0 là b c sóng không gian t do, n_e là chi t su t hi u d ng ng d n sóng b khu ch i, g_m là h s l i v t li u và n là m t h t t i i n [3]. Th c a α_l theo λ_0 v i m t h t t i i n nh m t tham s c bi u di n trong hình 7.3 .

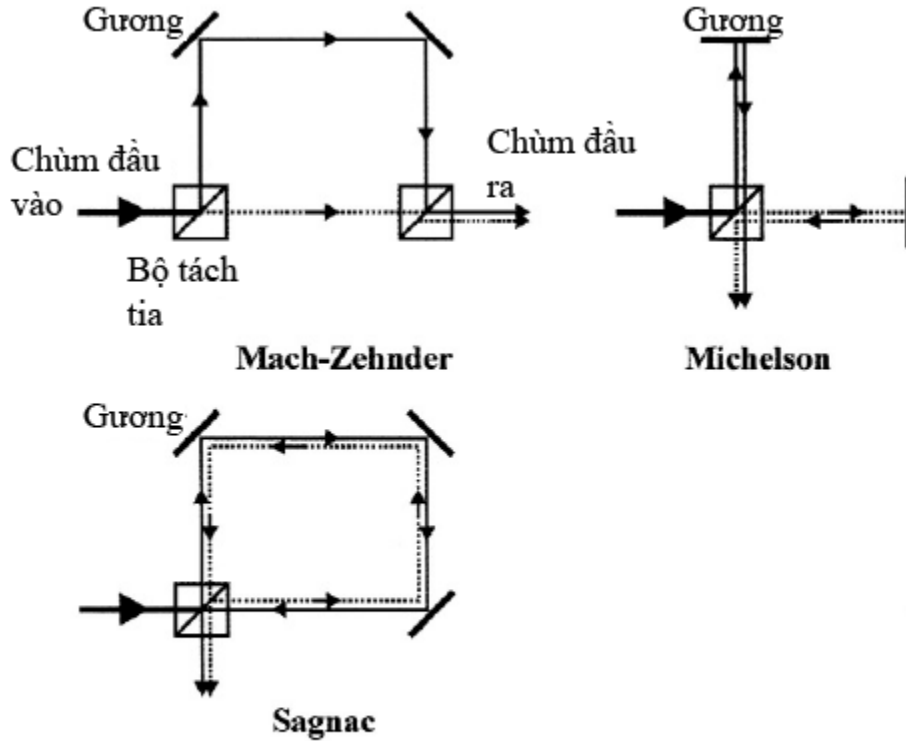


Hình 7.3. Hệ số tăng cường độ rộng vạch phổ theo bước sóng của InGaAsP không pha tạp. Tham số là mật độ hạt tải điện ($\times 10^{24} \text{ m}^{-3}$)

α_l t ng nhanh khi n ng l ng photon g n n ng l ng vùng c m do nh y c a h s l i v t li u v i m t h t t i i n trong vùng này , α_l c ng là hàm theo m t h t t i i n .

Khi m t xung tín hi u c tiêm vào truy n qua m t SOA nó gây ra s thay i m t h t t i i n, vì v y thay i h s truy n c a nó (qua chi t su t hi u d ng). B i vì th i gian s ng c a h t t i i n là xác nh, s n tr c c a xung chu m t s d ch pha khác so v i s n sau (lagging edge). S t i u pha này (SPM) s thay i hình d ng xung c ng nh ph c a nó. Hi n t ng này có th c dùng t o ra m t b bù tán s c ó s làm h p xung SPM c dùng bù s m r ng xung do s tán s c trong s i quang. Thi t b này có ti m n ng l n trong vi c t ng s c ch a c a các ng truy n s i quang t m xa t c cao .

N u nhi u h n m t tín hi u c tiêm vào SOA , s có s i u pha chéo (XPM) gi a các tín hi u . XPM có th dùng t o ra b chuy n i b c sóng và các thi t b ch c n ng khác . Tuy nhiên b i vì XPM ch gây ra s thay i pha, SOA ph i c t trong m t s d ng c u hình giao thoa chuy n s thay i pha trong tín hi u thành s thay i c ng dùng s giao thoa t ng c ng ho c tri t tiêu . Ba lo i giao thoa k c bi u di n trong hình 7.4 [4] .



Hình 7.4. Các giao thoa kế thông dụng được dùng trong các ứng dụng chức năng SOA

Trong giao thoa kế Mach-Zehnder (MZI), chùm u vào b tách thành hai chùm truy n theo ph ãng ngang v i quang l khác nhau tr c khi chúng tái k t h p t i u ra c a giao thoa kế . Ph thu c vào hi u quang l , các chùm quay l i s giao thoa t ãng c ãng h o c tr i t tiêu. Giao thoa kế Michelson (MI) gi ãng v i MZI nh ãng ch òi h i b tách chùm duy nh t. Trong giao thoa kế Sagnac, chùm u vào tách thành hai chùm truy n theo ph ãng ngang v i cùng kho ãng cách nh ãng ãng c h ãng tr c khi tái k t h p. Trong c u hình giao thoa kế dùng các SOA , các b khu ch i c t trong m t h o c nhi u c n giao thoa kế thay i m t cách ch ãng pha c a tín hi u lan truy n .

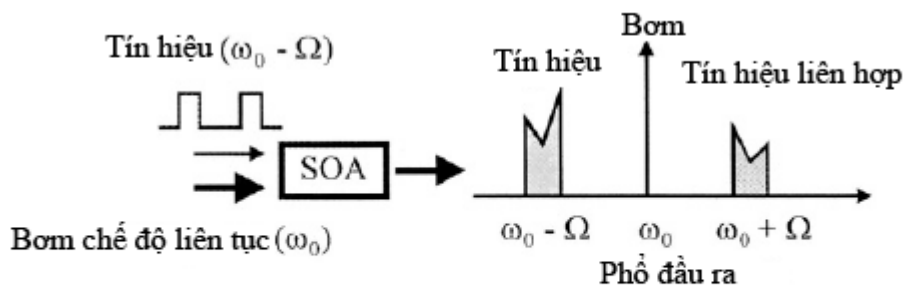
7.1.4 S i u bi n phân c c chéo

ã s các SOA th ãng m i có c tính không ph thu c vào s phân c c. Tuy nhiên, v n t n t i m t s l ãng chỉ t thì t b nào ó do s khác nhau gi a các ch s hi u d ãng mode TE và TM c a b khu ch i . M t s khác nhau v ch s r t nh (ãng h a là 2.10^{-4} i v i thì t b dài 2mm i v i b c sóng 1550nm) có th gây ra s d ch pha t ãng i TE-TM l n . S i u bi n phân c c chéo này (XPOM) có th nh h ãng n hi u s u t c a các c u trúc giao thoa h o c tr n b n sóng dùng các SOA [5] . Tuy nhiên , nó có th c dùng trong s tách kênh và các ãng d ãng chuy n i b c sóng .

7.1.4 S trộn bốn sóng

S trộn bốn sóng (FWM) là quá trình phi tuyến kết hợp có thể xuất hiện trong một SOA khi đưa hai tín hiệu quang học, một bơm có tần số góc ω_0 và một tín hiệu uyarun (hỗ trợ) có tần số $\omega_0 - \Omega$, có cùng chiều phân cực. Các tín hiệu được đưa vào làm cho liên kết chế độ liên kết tần số phức tạp Ω . Nói cách khác, sự liên kết này làm nảy sinh một tín hiệu có tần số $\omega_0 + \Omega$, như được biểu diễn trong hình 7.5. Trộn bốn sóng liên kết vì pha của nó ngược với pha của tín hiệu. Tín hiệu này có nghĩa là pha của tín hiệu liên kết phải đảo chiều và bơm ngược chiều với tín hiệu vào. S trộn bốn sóng có thể xảy ra trong nhiều dạng bao gồm các bộ chuyển tiếp bốn sóng, bộ bù tán sắc và bộ tách kênh quang học.

S trộn bốn sóng trong các SOA nảy sinh những hiện tượng vật lý khác nhau. Tín hiệu Ω thấp, chẳng hạn như là sự liên kết một phần thì liên quan đến pha của tín hiệu. Đây là một hiện tượng liên vùng vì nó liên quan đến sự tái kết hợp của các vùng dẫn và vùng hóa trị của vật liệu. Bởi vì thời gian của quá trình này là thời gian sống của hạt tải điện. Nó vào bậc vài trăm pico giây. Tín hiệu này có nghĩa là chế độ liên kết này sẽ hiển thị với các tần số lệch hàng vào cỡ vài chục GHz.



Hình 7.5. FWM SOA. Tín hiệu và bơm phải có trạng thái phân cực giống nhau để FWM hiệu quả xuất hiện. Để cho rõ ràng, phổ ASE đầu ra bộ khuếch đại đã bị bỏ qua.

Có hai cơ chế gây ra trộn bốn sóng trong SOA: tán xạ Brillouin quang học (SHB) và tán xạ hạt tải điện (CH). SHB xảy ra là do tín hiệu bơm được đưa vào tạo ra một trường trong phân bố hạt tải điện liên vùng. Tín hiệu liên kết liên kết cách hiệu quả xác suất chuyển đổi các hạt tải điện trong một vùng năng lượng liên kết nhanh.

CH xảy ra do phát xạ cảm ứng và hấp thụ hạt tải điện. Phát xạ cảm ứng từ các hạt tải điện liên vùng trung bình trong khi hấp thụ hạt tải điện do di chuyển các hạt tải điện năng lượng cao hơn trong

vùng. Dựa trên tính chất giảm lợi. Có hai thời gian cắt ngang ở CH. Đầu tiên là thời gian tán xạ hạt tải ion phonon τ_l , nó là thời gian trung bình mà các hạt tải ion chuyển động ngẫu nhiên. Thứ hai là thời gian tán xạ hạt tải ion - hạt tải ion τ_2 , nó là thời gian trung bình cho một hạt tải ion chuyển trạng thái cân bằng nhiệt động trạng thái không cân bằng nhiệt động. Ở SHB và CH có thời gian cắt ngang vào bậc vài trăm femto giây.

Việc phân tích sự truyền sóng trong các SOA thường dựa trên các phương trình mode ghép [6]. Những phương trình này rất phức tạp và không dễ dàng phân tích nghiệm. Tuy nhiên, nếu giả sử công suất trong tín hiệu liên hệ phần lớn số vận tốc tín hiệu bão hòa và nếu dòng thì có thể thu được biểu thức cho sự liên hệ phần chuẩn hóa ρ và hiệu suất η [7]. ρ công suất liên hệ phần chuẩn hóa thành công suất đầu ra của dòng là

$$\rho \equiv \frac{P_2(L)}{P_1(L)} = |G'|^2 \exp\left\{\text{Re}\left[(1 - j\alpha_l)\sigma F_{cd}(L, -\Omega)\right]\right\} \quad (7.8)$$

hiệu suất của công suất đầu ra liên hệ phần và công suất đầu vào là

$$\eta = G|G'|^2 \quad (7.9)$$

đây

$$G' = -\frac{1 - j\alpha_l}{\alpha} \exp\left[-\frac{1}{2}\sigma F_{cd}(\Omega)\right] \sin\left[\frac{\alpha_l}{2}\sigma F_{cd}(\Omega)\right] - \frac{1}{2}\epsilon_{sh} P_{sat} H_{sh}(\Omega)\sigma F_{sh} - \frac{1}{2}\epsilon_{ch} P_{sat} H_{ch}(\Omega)\sigma F_{ch} \quad (7.10)$$

$$F_{cd}(\Omega) = \frac{1}{1 - j\omega\tau\alpha} \left[\ln\left(\frac{1 + GS(0)/P_{sat} - j\Omega\tau}{1 + S(0)/P_{sat} - j\Omega\tau}\right) + \alpha' \ln\left(\frac{G_0}{G}\right) \right] F_{sh} = \ln\left(\frac{G_0}{G}\right) \quad (7.11)$$

$$F_{ch} = -\frac{1}{\alpha'} \left[\frac{S(0)}{P_{sat}} (G - 1) - \ln\left(\frac{G_0}{G}\right) \right] S(0) = P_{sat} \left(\frac{1 - \alpha'}{\alpha'} \right) \frac{1 - (G/G_0)^{\alpha'}}{G - (G/G_0)^{\alpha'}} \quad (7.12)$$

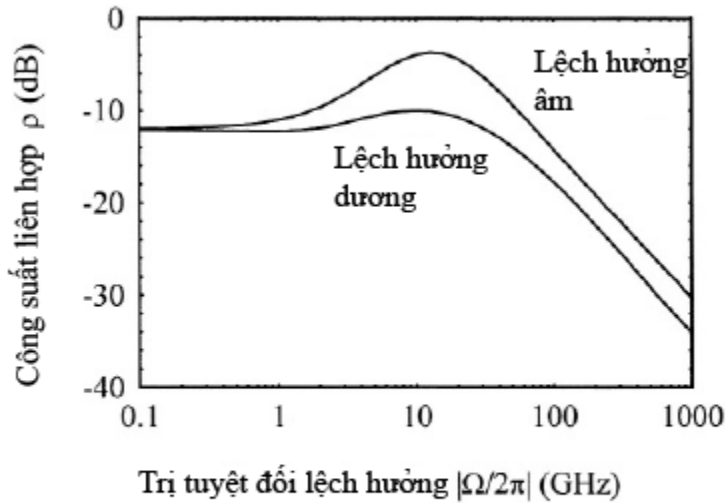
$$\sigma = \frac{P_0(0)}{P_0(0) + P_1(0)}$$

Trong các phương trình trên, ϵ_{sh} và ϵ_{ch} là các hằng số của các quá trình SHB và CH tương ứng. H_{ch} và H_{sh} là chuyển đổi Fourier của áp dụng lý thuyết do CH và SHB được cho bởi công thức

$$H_{ch}(\Omega) = \frac{1}{(1 - j\Omega\tau_1)(1 - j\Omega\tau_2)} \quad (7.13)$$

$$H_{sh}(\Omega) = \frac{1}{1 - j\Omega\tau_2}$$

thông số hình thức ρ và η theo giá trị tùy tiện của các tham số trong hình 7.6 và 7.7. Các tham số dùng trong tính toán là: $\exp(\Gamma g_0 L) = 30dB$, $\alpha' = 0.1$, $G = 18.6dB$ (thuật ngữ 7.4) $\alpha_l = 4.0$, $P_{sat} = 10mW$, $P_0 = 20\mu W$, $P_1 = 200\mu W$, $\tau = 0.1ns$, $\tau_1 = 750fs$, $\tau_2 = 150fs$, $\epsilon_{sh} = 10.0$, $\epsilon_{ch} = 2.5$. Hình 7.6 cho thấy sự thay đổi công suất liên hợp theo Ω không phụ thuộc vào tần số. Hình 7.7 cho thấy sự thay đổi công suất liên hợp theo tần số lên đến vài trăm GHz, nghĩa là sự chuyển đổi tần số vi sóng.

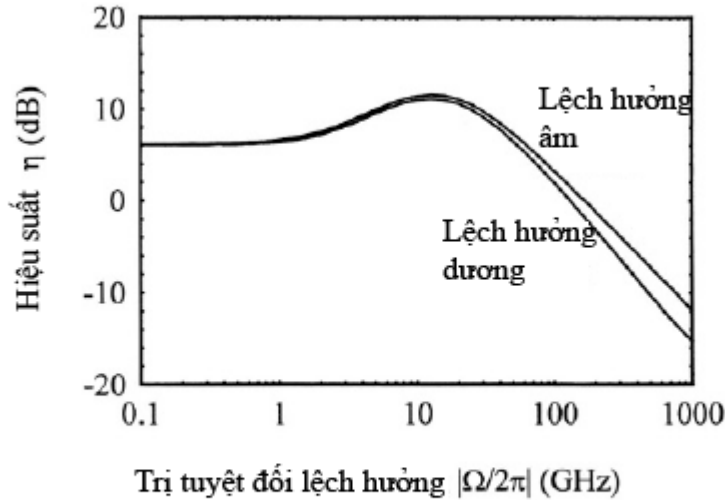


Hình 7.6. Công suất liên hợp tiêu chuẩn theo trị tuyệt đối của tần số lệch hướng. Các tham số được dùng được liệt kê trong tài liệu.

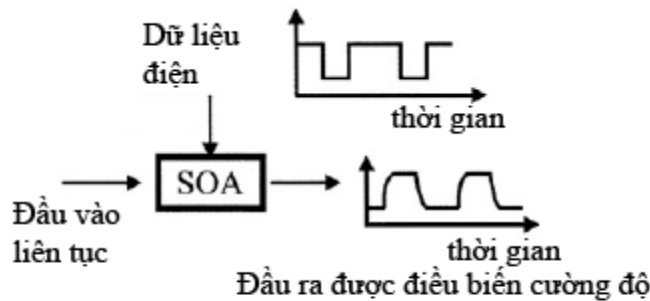
7.2 B I U B I N P H A VÀ C ŨNG SOA

Các SOA có thể sử dụng hiệu ứng khuếch đại pha của tín hiệu quang học liên tục. Hiệu ứng khuếch đại có thể thực hiện bằng cách hiệu chỉnh dòng khuếch đại và mật độ tín hiệu đầu vào thích hợp, như được biểu diễn trong hình 7.8 [8]. Sự hiệu chỉnh dòng hiệu chỉnh là hiệu chỉnh và do đó tín hiệu quang học đầu vào. Bằng thông tin hiệu chỉnh hiệu chỉnh giữa gian song song các hạt tải điện trong bộ khuếch đại. Nhiễu tính toán và tần số cắt bằng cách dùng bộ hiệu chỉnh ngoài LiNiO3 hoặc bộ hiệu chỉnh hiệu chỉnh. Cái sau có thể tích hợp với cấu trúc laser. Các yêu cầu tùy chỉnh cấu trúc truyền quang học để tăng cường hiệu chỉnh hiệu chỉnh SOA như mật độ hiệu chỉnh ngoài trong các cấu trúc khác. Điều này là do mật độ hạt tải điện âm tính méo

phụ thuộc hai. Ngoài ra chúng ta cũng có thể dùng mô hình SOA như một bộ khuếch đại ngoài trong các ứng dụng truyền video số để ghép kênh sóng mang theo kênh [9].



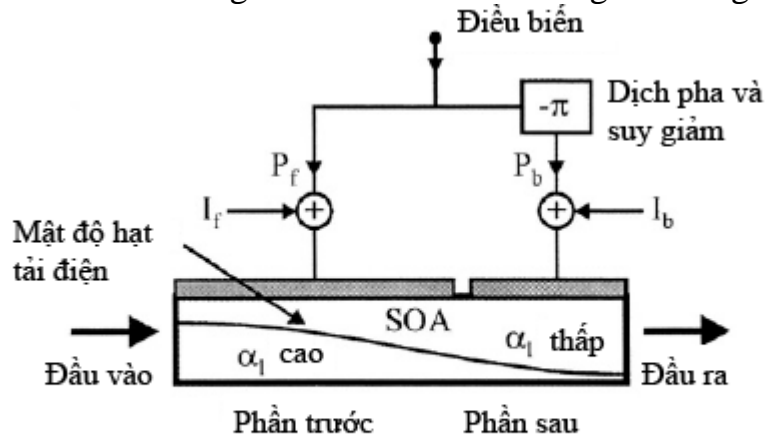
Hình 7.7. Hiệu suất chuyển đổi theo trị tuyệt đối của tần số lệch hưởng. Các tham số được dùng như trong hình 7.6.



Hình 7.8. SOA được dùng như bộ điều biến cường độ ngoài. Thời gian tăng và giảm xác định của tín hiệu đầu ra do thời gian sống của hạt tải điện khác không.

Pha của mô hình tín hiệu truyền qua mô hình SOA cũng có thể được biểu diễn qua sự phụ thuộc của α vào tần số. Áp dụng vào phát lý về α . Như biểu diễn trong hình 7.3, α tăng khi năng lượng photon tín hiệu gần với năng lượng vùng cấm. Điều này có nghĩa là áp dụng phát lý về khuếch đại có thể thu được cách chọn bước sóng hoạt động phía bên sóng dài của phổ laser khuếch đại. Các biểu diễn pha có thể được dùng trong các ứng dụng truyền thông quang học kết hợp.

Trong b i u bi n pha SOA m t khâu, t s gi a ch s i u bi n pha β và ch s i u bi n biên ho c c ng (IM) m b ng α_1 . tránh l i b thu l n, t s β/m ph i l n h n 100. SOA hai khâu, nh c bi u di n trong hình 7.9 có th dùng nén IM và vì v y t ng β/m [10-11]. Trong thi t b này IM b tri t tiêu do s i u bi n hai i n c c ng c pha nhau và i u ch nh công su t i u bi n n P_f tr c và P_b sau sao cho hai ph n a vào l ng IM b ng nhau. i u này làm cho toàn b IM b tri t tiêu. B i vì IM ph i ch u hai ph n l ch pha nhau 180° . M t s rút ng n t ng t trong i u bi n pha toàn ph n có th tránh c b ng cách dùng phân b m t h t t i i n không ng u , nó d n n s khác nhau gi a các h s α_1 ph n tr c và ph n sau c a thi t b . S phân b m t h t t i i n thu c b ng cách bão hòa SOA và gi m dòng ph n sau .



Hình 7.9. SOA hai phần được dùng như một bộ điều biến pha với sự nén AM.

7.3 B CHUY N I B C SÓNG SOA

B chuy n i b c sóng toàn quang c hy v ng óng m t vai trò quan tr ng trong các m ng b ng r ng t ng lai . Ch c n ng quan tr ng nh t c a chúng s là tránh khóa b c sóng trong các k t n i chéo quang h c trong m ng WDM. B chuy n i b c sóng c ng t ng tính linh ho t và s c ch a c a m t m ng dùng t p h p các b c sóng c nh. S chuy n i b c sóng c ng có th c dùng t p trung qu n lý m ng và cho phép kích ho t b o v d ràng h n [12-13]. Trong các m ng chuy n m ch nén, các b chuy n i b c sóng i u ch nh c có th c dùng phân gi i s tranh ch p nén và gi m các òi h i v m quang h c . M t danh sách các tính ch t áng quan tâm c a b chuy n i b c sóng c li t kê trong b ng 7.1 .

Bảng 7.1. Tính chất bộ chuyển đổi bước sóng lý tưởng

Trong suốt với tốc độ dữ liệu

Công suất đầu vào thấp và công suất đầu ra cao

Không nhảy phân cực

Hệ số tạp nhiễu thấp

Không có sự suy hao tỉ số tất quang

Chirp thấp

Cấu trúc đơn giản - có thể tích hợp

B chuyển i b c sóng có thể c d a trên các c u trúc khai thác s phi tuyến c a các SOA . u tiên chúng ta xét nh ng c u trúc này t n d ng XGM .

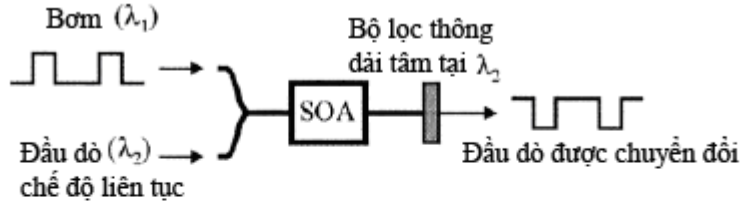
7.3.1 B chuyển i b c sóng XGM

Trong ph n 7.1.1, chúng ta ã th y có th dùng XGM trong m t SOA t c s chuyển i b c sóng . Có hai s c b n c s d ng trong XGM d a trên các b chuyển i b c sóng ; s truy n song song và truy n i l p nh c bi u di n trong hình 7.10. Trong nh ng s này, tín hi u c b m vào u dò có th c đánh vào nhau ho c theo các h ng ng c nhau vào trong b khu ch i . S tín b c a s truy n i l p là không c n b l c quang h c tách tín hi u u dò c i u bi n t tín hi u b m . Tuy nhiên, s truy n song song có m t c tính nhi u cao c p . Trong c hai s tín hi u c chuyển i (ngh a là u dò) b o ng c so v i tín hi u u vào .

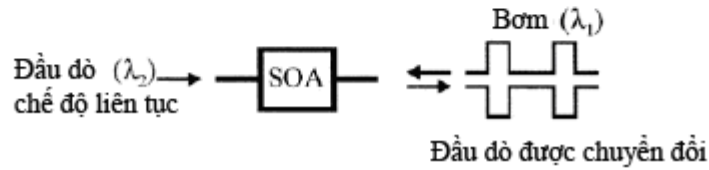
M t bi u th c cho áp ng tín hi u nh c a s truy n song song c rút ra trong ph n 7.1.1 . Qu th c, bi u th c này có giá tr cho t t c các t s công su t b m và u dò u vào mi n là các tín hi u hi u truy n song song [15]. Trong tr ng h p m t mát ng d n sóng có th b qua, b ng thông chuyển i t l ngh ch v i th i gian s ng c a h t t i i n t phát nh ng c t ng c ng b i l i khu ch i . S t ng c ng b ng thông này là do các hi u ng truy n trong b khu ch i , có th hi u c b ng cách tham kh o hình 7.11 [15] . áp ng h t t i i n ch m u b khu ch i d n n s méo các xung quang h c gi a b khu ch i . Các xung b méo v i s n tr c m nh bão hòa các h t t i i n ph n sau cùng c a thì t b nhanh chóng h n d n n b ng thông c t ng c ng .

Trong s truy n song song, b ng thông chuyển i có th c c i t i n thêm b ng cách ghép t ng hai ho c nhi u SOA b chia tách b i các b cách li (gi m ASE c m ng bão hòa l i) . S c c i c a XGM d a trên b chuyển i b c sóng có th c ghép t ng (th ng n m trong kho ng b n n tám) . B gi i h n b i các hi u ng vân, ASE và s tích l y jitter . [16] . Chuyển i b c sóng XGM c ng ch u s bi n i t n s theo th i gian l n (chirp) do s i u bi n l i l n . S bi n i t n s theo th i gian

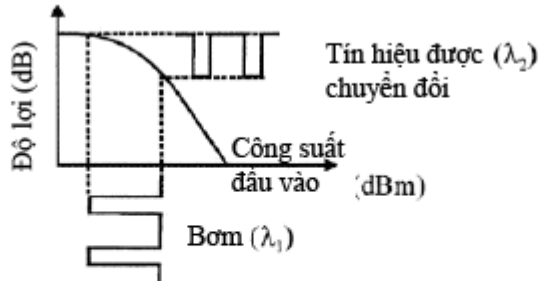
(chirp) t ng b ng thông tín hi u và làm cho d d n n s tán s c s i quang h n .



Các sóng truyền song song

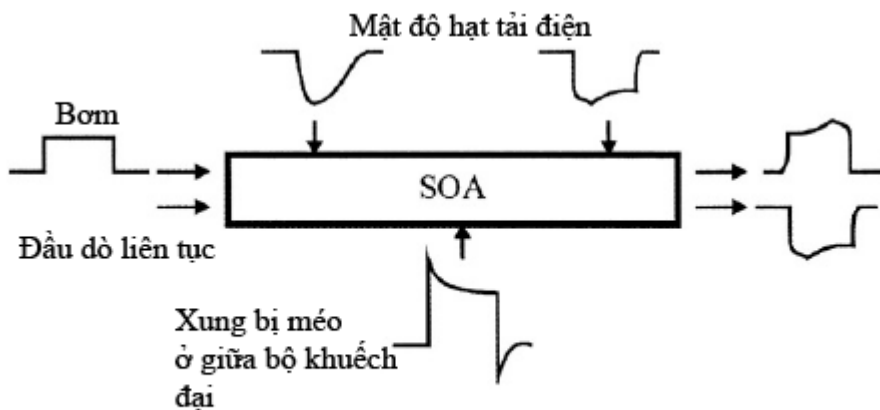


Các sóng truyền đối lập



Nguyên tắc chuyển đổi

Hình 7.10. Cấu hình bộ chuyển đổi bước sóng truyền song song và truyền đối lập dùng XGM trong một SOA. OBPF: Bộ lọc thông dải quang học



Hình 7.11. Các hiệu ứng truyền của XGM trong một SOA.

Có th bù s thay i t n s theo th i gian c thêm vào b ng cách cho tín hi u chuy n i i qua m t b l c thích h p ch ng h n nh cách t Bragg s i quang (fibre Bragg grating) [17].

Một số XGM khác đã dựa trên các sơ đồ chuyển tiếp sóng có thể khảo sát. Những cái này bao gồm XGM của phần ASE khu vực qua mặt tín hiệu vào [18]. Sơ đồ chuyển tiếp sóng thu được bằng cách chọn một miền phần ASE của khu vực tập trung tiếp sóng quan tâm. Tín hiệu chuyển tiếp có bằng thông quang học tự nhiên và do đó chúng tán xạ trong sợi quang phía sau bộ khuếch đại. Tuy nhiên, loại chuyển tiếp sóng này không liên tục. Nó có thể tìm thấy ứng dụng quan trọng trong các mạng truy cập WDM hoặc LANs. Vì vậy, để tính toán chi tiết mạng bộ trong một SOA cùng với XGM có thể dùng sơ đồ chuyển tiếp và giảm nhiễu sóng tới công suất [19]. Trong [20] sơ đồ chuyển tiếp sóng sóng XGM minh họa dùng laser DFB tích hợp toàn khối với một SOA, giảm bớt số cần thiết các laser bên ngoài và các bộ ghép sợi quang.

7.3.2 Bộ chuyển tiếp sóng XPM

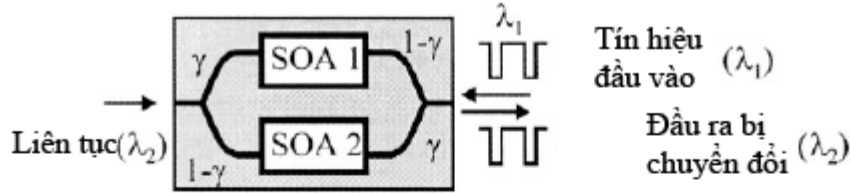
Bộ chuyển tiếp có thể dựa trên XPM SOA. Những bộ chuyển tiếp sóng này có hiệu suất công suất cao hơn so với những thiết bị XGM. Chúng có sự thay đổi theo thời gian thấp hơn do sự biến đổi giảm. Hiện tượng XPM, một hiệu ứng SOA phi tuyến tính trong cấu trúc giao thoa kế. Bộ giao thoa kế dùng trong các ứng dụng SOA mô tả trong phần 7.1.2. Các loại giao thoa kế phi tuyến tính dùng trong XPM dựa trên các bộ chuyển tiếp sóng là ZMI, hai phiên bản của nó có biểu diễn trong hình 7.12

Trong bộ chuyển tiếp sóng MZI không nhập vào liên tục tiếp sóng λ_2 tách một cách không nhập tiếp sóng λ_1 làm bão hòa miền SOA một cách không nhập công suất pha khác nhau. Trong tín hiệu vào liên tục qua mặt đầu tiên của mạng bộ biến đổi thay đổi chi tiết bộ ghép đưa ra kết hợp các tín hiệu liên tục tách, do đó chúng có thể giao thoa ngược hoặc triệt tiêu. Trường hợp giao thoa thức phụ thuộc vào sự lệch pha tự nhiên của các giao thoa kế, nó phụ thuộc vào các dòng phân cực SOA và các công suất quang học vào. Bộ chuyển tiếp sóng MZI nhập có nguyên tắc hoạt động ngược. Nó cần thêm một bộ ghép ngược có thể dùng các bộ ghép với sự tách biệt nhau. Trường hợp tín hiệu vào cho vào một trong các SOA.

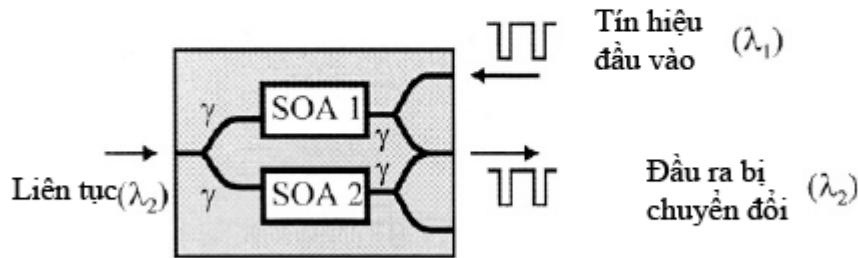
Nếu các công suất của các tín hiệu liên tục các công suất cao hơn và trường hợp giao thoa kế ngay trước khi giao thoa tiếp ghép tái kết hợp trường là P_u và P_l thì công suất P_0 của tín hiệu vào là

$$P_0 = P_u + P_l + 2\sqrt{P_u P_l} \cos \phi \quad (7.14)$$

ây ϕ là l ch pha gi a các sóng giao thoa . V c b n 7.14 là hàm truy n giao thoa tín hi u chuy n i có b o ng c so v i tín hi u u vào đ li u hay không ph thu c vào h s góc c a hàm truy n giao thoa xung quanh i m ho t ng c ch n nh c bi u di n trong hình 7.13 .

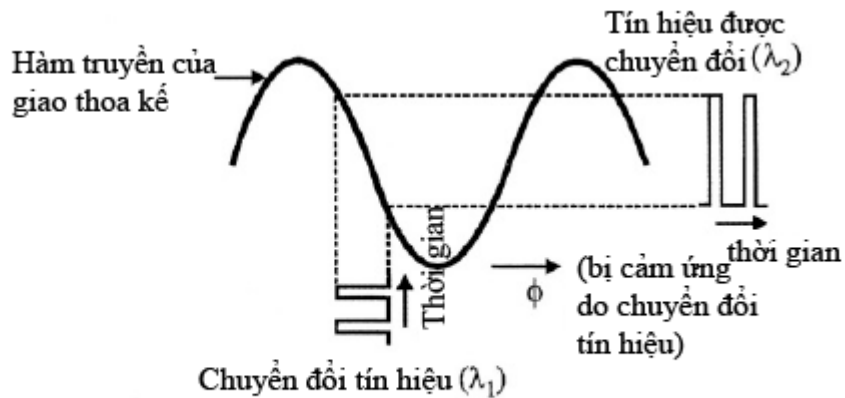


Bộ chuyển đổi bước sóng MZI không đối xứng



Bộ chuyển đổi bước sóng MZI đối xứng

Hình 7.12. Các bộ chuyển đổi bước sóng MZI dựa trên XPM trong các SOA. Các tỉ số tách của bộ ghép tương ứng khác nhau và bằng nhau trong các bộ chuyển đổi không đối xứng và đối xứng.



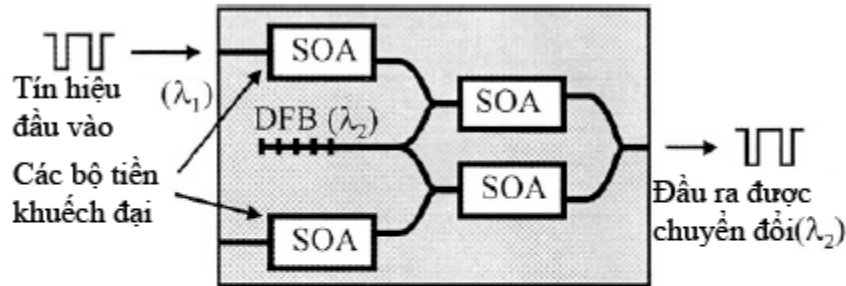
Hình 7.13. Hàm truyền bộ chuyển đổi bước sóng MZI

Cùng v i s thay i pha s chuy n i tín hi u c ng d n n s nén l i , nó có khuynh h ng không cân b ng biên trong các c n c a giao thoa k . S không cân b ng biên này gi m t s t t quang c a b chuy n i . Có th c i tỉ n tính ch t chuy n i c a giao thoa k b ng cách th êm

vào phần dịch pha thích hợp trong các giao thoa kế, tối ưu hóa hiệu suất chuyển đổi [22].

Ngay cả chế độ minh chứng chuyển đổi bước sóng giao thoa kế có thể chấp nhận với hiệu suất rất thấp [23]. Sự chuyển đổi bước sóng cũng có thể thực hiện mà không dùng giao thoa kế bằng cách dùng XPM trong một SOA được gắn tiếp theo bằng cách sử dụng Bragg sóng quang [24]. Trong sơ đồ này, phần tử liên tục chirp bởi XPM được chứng minh bởi tín hiệu bơm truyền song song. Bên sao không ngừng có các tín hiệu điều khiển được đưa vào theo cách chọn thành phần dịch pha phía bước sóng của phần liên tục dùng bằng cách.

Bộ chuyển đổi bước sóng giao thoa kế chịu trách nhiệm cho sự tích hợp quang tín hiệu. Sơ đồ cấu trúc PIC của một bộ chuyển đổi bước sóng MZI được biểu diễn trong hình 7.14 [25]. PIC chứa một nguồn laser DFB được tích hợp toàn khối và hai đầu vào để điều chỉnh và các lý do rõ ràng mà mỗi kênh nhúng bộ khuếch đại bù nhiễu sóng bị nhiễu trong công suất đầu vào.



MZI tích hợp

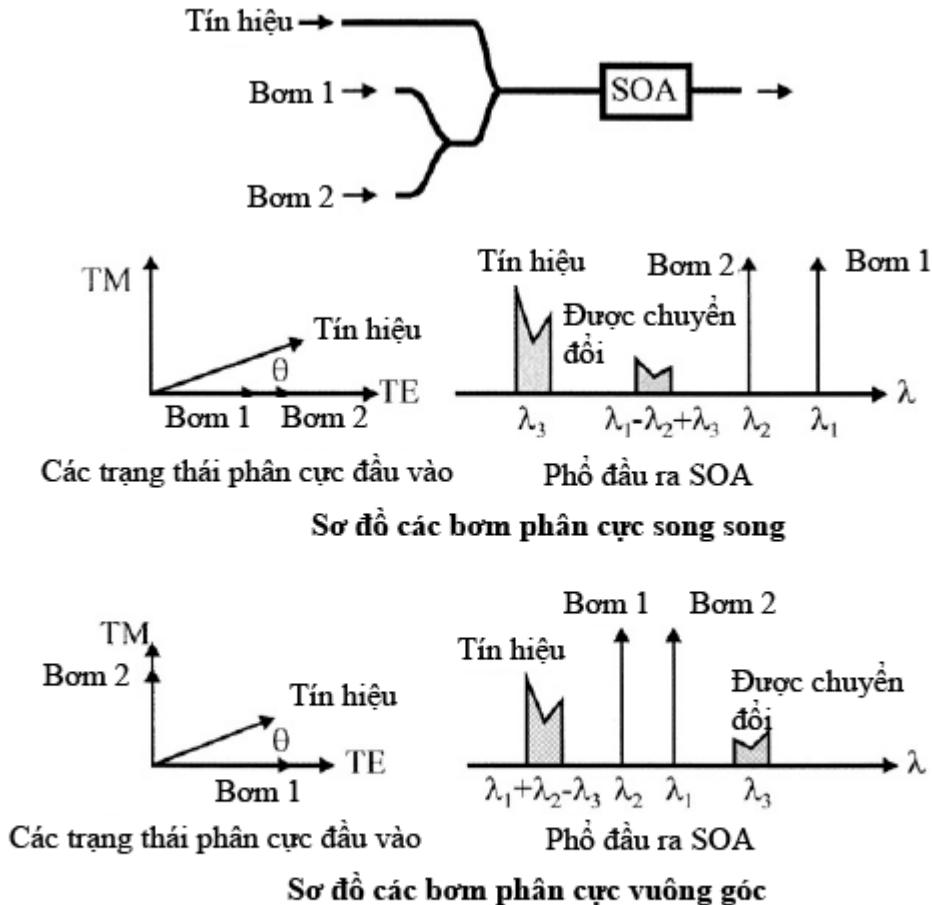
Hình 7.14. Bộ chuyển đổi bước sóng MZI với nguồn đầu dò DFB tích hợp toàn khối.

7.3.3 Các bộ chuyển đổi bước sóng FWM

SOA FWM có thể xây dựng chuyển đổi bước sóng [26-27]. Sơ đồ cấu trúc của nó được biểu diễn trong hình 7.5 đây các tín hiệu bơm liên tục và đầu dò được điều chỉnh để tiêm vào trong một SOA. Quá trình FWM trong bộ khuếch đại làm nảy sinh tín hiệu liên hợp mới được chuyển sang bên sao quang phần của tín hiệu đầu vào. Sau đó một bộ quang học dùng để chọn liên hợp, nghĩa là tín hiệu được chuyển đổi bước sóng. FWM trong suốt với các tín hiệu đầu dò điều chỉnh và tăng trưởng. Tuy nhiên hiệu suất chuyển đổi rất thấp vì các giá trị lệch lệch rất nhỏ và phụ thuộc vào các tín hiệu bơm và đầu dò. Để cho FWM xuất hiện hiệu quả trong một SOA, các trạng thái phân cực của bơm và đầu dò phải phù hợp

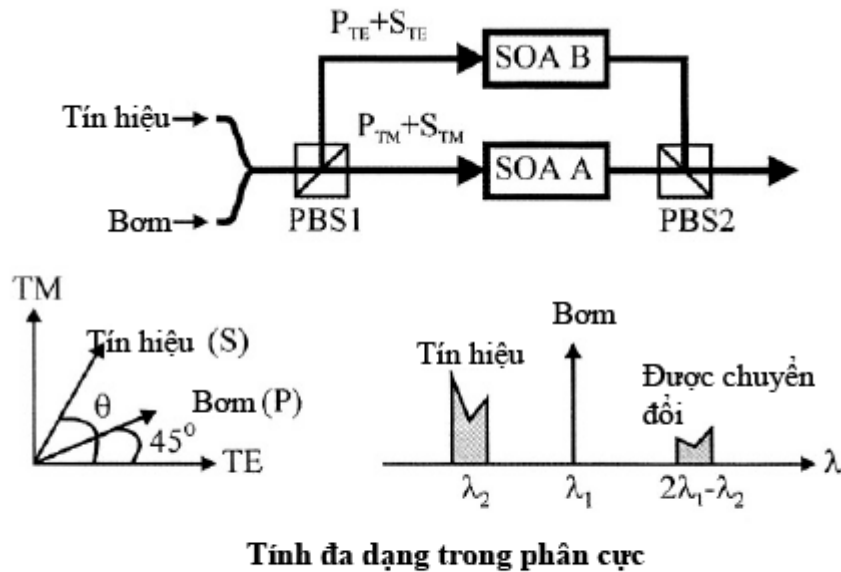
nhau. Trong m t b chuy n i b c sóng h ình 5 , i u này s c n i u khi n phân c c tín hi u b m ho c u dò . i u này là do trong m t h th ng th c t , tr ng thái phân c c c a tín hi u b m n (d li u), có th thay i r t ch m theo th i gian .

Các s ghép b m kép phân c c song song và vuông góc nh c bi u di n trong hình 7.15 có cùng c u trúc nh ng dùng ch phân c c khác nhau t c s không nh y phân c c FWM [28]. Trong s u, các b m phân c c song song t ng tác v i tín hi u d li u u vào trong m t SOA t o ra tín hi u không liên h p m i t i b c sóng c ch ra trong hình 7.15 Trong s sau các b m phân c c vuông góc t ng tác v i các tín hi u d li u u vào nh tr c t o ra tín hi u liên h p m i t i b c sóng c ch ra trong hình 7.15 .Trong c hai s n u SOA không nh y phân c c thì công su t tín hi u chuy n i c ng không ph thu c phân c c .



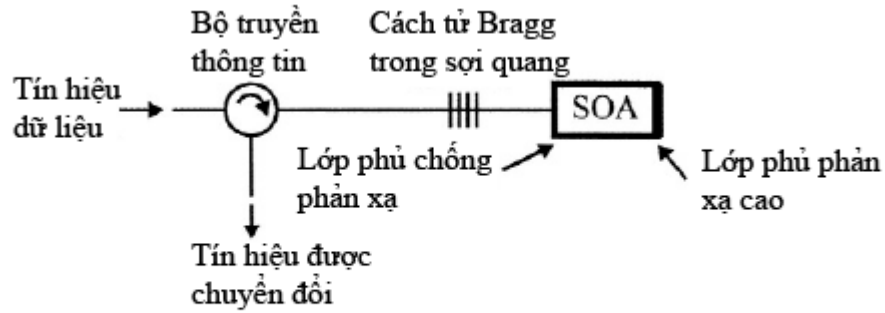
Hình 7.15. Bộ chuyển đổi bước sóng bơm kép vừa phân cực song song vừa phân cực vuông góc

S a phân c c c bi u di n trong hình 7.16 c ng có th cung c p không nh y phân c c FWM . Trong s này b m u vào c phân c c 45° so v i các tr c phân c c c a b tách chùm phân c c PBS_1 . i u này có ngh a là phân n a công su t b m c phân phát cho m i SOA cùng v i thành ph n phân c c song song c a tín hi u. Nh ng s pha tr n này trong m i SOA t o ra tín hi u liên h p cùng ch phân c c . Tín hi u liên h p phân c c vuông góc t các SOA c tái k t h p t i u ra trong b tách chùm phân c c PBS_2 . N u các SOA có cùng l i và các hi u su t chuy n i thì s s không ph thu c phân c c . S bi n i trên dùng các FWM hai chi u cho các tính n ng b chuy n i b c sóng c c i t i n . Nh ng s này c ng c i t i n hi u su t chuy n i trên m t d i t n s l ch h ng l n h n .



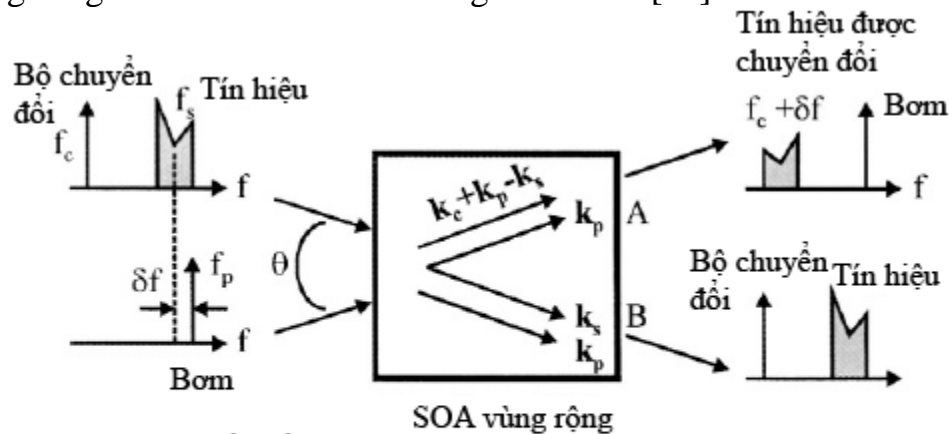
Hình 7.16. Bộ chuyển đổi bước sóng FWM đa phân cực: PSB - bộ tách chùm phân cực

Trong c u hình ng b m b g p khúc c bi u di n trong hình 7.17 , s chuy n i b c sóng t c mà không c n laser b m bên ngoài [30] . Trong s này SOA phát laser t i b c sóng c xác nh b i cách t Bragg s i quang . Tín hi u d li u bên ngoài t ng tác v i tín hi u laser t o ra tín hi u chuy n i FWM . Các l p ph ph n x sau nhân ôi m t cách hi u qu chi u dài t ng tác gi a các tín hi u u vào và laser d n n hi u su t chuy n i l n h n . Ho t ng phát laser gi cho l i và vì th s phi tuy n c k p giá tr ng ng .



Hình 7.17. Bộ chuyển đổi bước sóng tự bơm đường gấp

Trong sơ đồ trên, bộ lọc quang học để ghép nối là cần thiết để tách tín hiệu chuyển đổi từ tín hiệu đầu vào và đưa vào. Việc thiết kế và thực hiện thiết bị bộ lọc như thế có thể khó. Việc dùng bộ lọc quang học có thể tránh bằng cách dùng FWM không cộng hưởng trong SOA vùng rỗng như biểu diễn trong hình 7.18 [31].



Hình 7.18. Bộ chuyển đổi bước sóng FWM tự do -lọc. Chiết suất và các cách tử độ lợi được tạo ra trong SOA làm nảy sinh các hướng vector truyền khác nhau (k) đối với các chùm khác nhau trong bộ khuếch đại cho phép sự phân giải không gian của tín hiệu được chuyển đổi từ việc chuyển tín hiệu tại đầu ra bộ khuếch đại.

Điều này cho phép các chùm tia ra khác nhau tại bộ khuếch đại có thể phân giải về pha và không gian. Ba chùm tia vào có sẵn: chùm tín hiệu, chùm chuyển đổi, và chùm bơm. Tín hiệu (tần số f_s) và chùm chuyển đổi (f_c) có thể gặp nhau và đi vào SOA với góc $\theta/2$ tại vị trí khuếch đại. Chùm bơm f_p đi vào trong bộ khuếch đại với góc θ với chùm tín hiệu. Sự phân tách của chùm tín hiệu và bơm có thể xảy ra trong phân cực TE (hoặc TM). Sự giao thoa giữa chùm bơm và tín hiệu tạo ra chỉ số khúc xạ các cách tử liên tiếp trong bộ khuếch đại. Chùm chuyển đổi biến đổi thành tín hiệu liên hệ về pha với tần số $f_c + f_p - f_s$. Do vậy xem xét sơ đồ pha này chi tiết trong

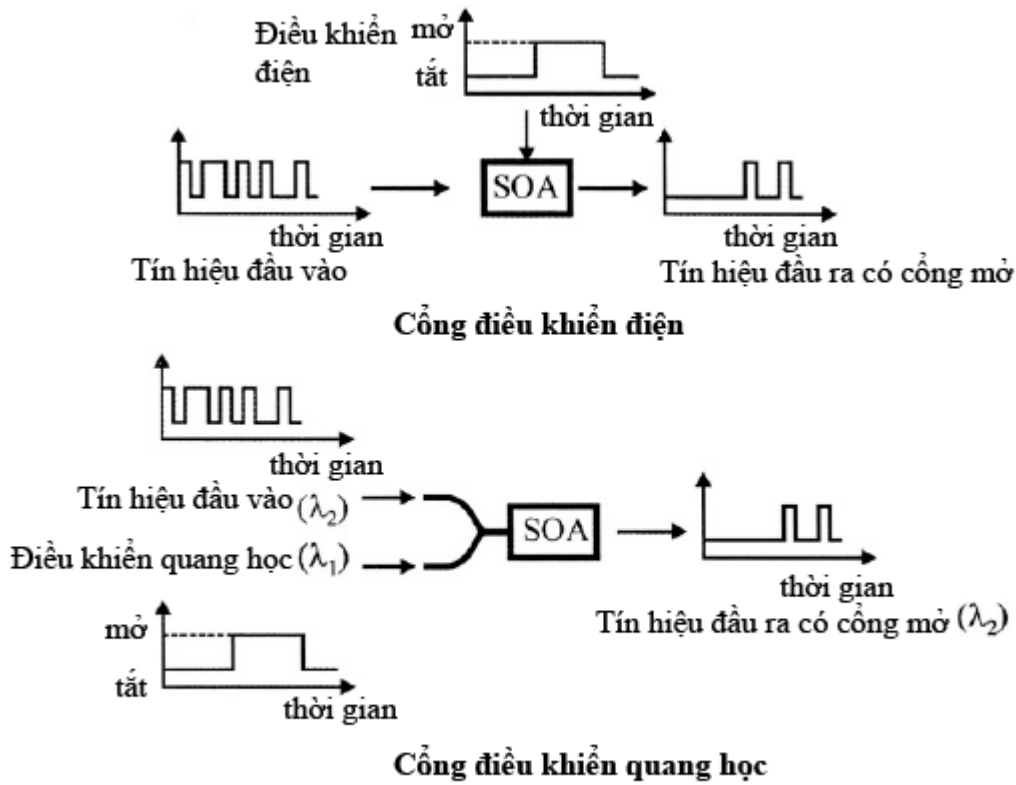
các d i bên (tín hi u chuy n i) c phát ra t c ng u ra SOA A theo cùng h ng nh chùm tín hi u u vào s tách không gian này làm tri t tiêu các nhu c u v b l c quang h c d i h p . Chùm b m m nh có th b tri t tiêu b ng cách dùng kính phân c c u ra .

7.3.CÁC C NG QUANG H C SOA

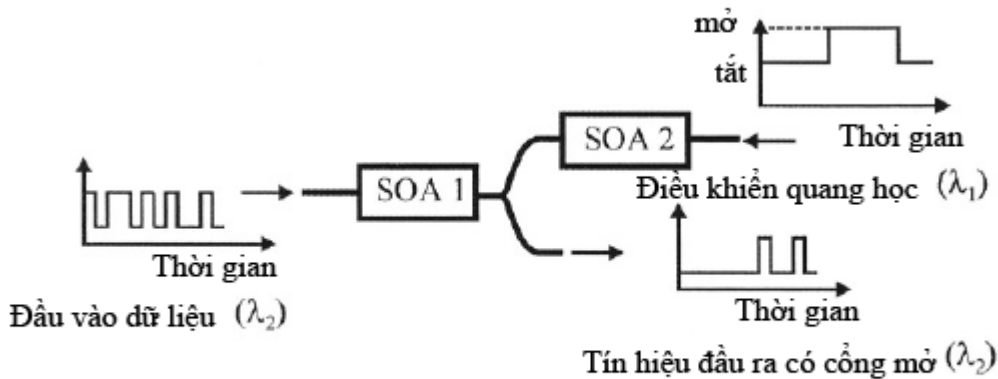
Các m ng truy n thông quang h c TDM và WDM v n t c cao trong t ng lai òi h i các chuy n m ch quang h c (ho c c ng) v n t c cao có th c i u khi n b ng quang h c ho c b ng i n [32-33] . Nh ng chuy n m ch nh th c ng hình thành nên c s cho các thành ph n quang h c c i ti n ch ng h n nh b ghép kênh xen r , b tách kênh và các c ng logic . Nh ng tính ch t áng quan tâm nh t c a m t chuy n m ch quang h c là: v n t c chuy n m ch cao, t ng ph n t t m cao và kh n ng x p t ng. Có th t o ra nh ng chuy n m ch quang h c nh th dùng SOA.

Có nhi u c u hình c ng SOA , cái n gi n nh t trong s chúng bao g m m t thi t b n c bi u di n trong hình 7.19 [34] . Trong tr ng h p này tr ng thái chuy n m ch c xác nh ho c b ng dòng i u khi n i n thi t l p l i khu ch i ho c b ng công su t b m quang h c dùng XGM . Th i gian chuy n m ch riêng c a SOA c xác nh b i th i gian s ng tái k t h p c a h t t i i n . S tiêm c a m t b m liên t c vào b khu ch i có th c dùng t ng v n t c chuy n m ch b ng cách gi m th i gian s ng c a các h t t i i n qua tái k t h p c m ng [35] . C ng có th t ng s c ng c x p t ng .

S a d ng c a các c ng c i u khi n quang h c dùng các sóng truy n i l p trong hai SOA c bi u di n trong hình 7.20 [36] . Trong chuy n m ch d a trên tr ng thái công su t tín hi u i u khi n th p vì v y l i c a SOA 1 cao d n n công su t tín hi u u ra cao . Trong tr ng thái ng t công su t tín hi u i u khi n cao làm cho SOA 1 bão hòa . ng th i b i vì công su t u ra d li u t SOA 1 th p h n , l i c a SOA 2 t ng d n n công su t tín hi u i u khi n cao h n . i u này có ngh a là m t s t ng t ng i nh trong công su t u vào i u khi n t o ra m t s thay i l n trong công su t u ra d li u , vì v y cho m t t s t ng ph n chuy n m ch c i ti n .



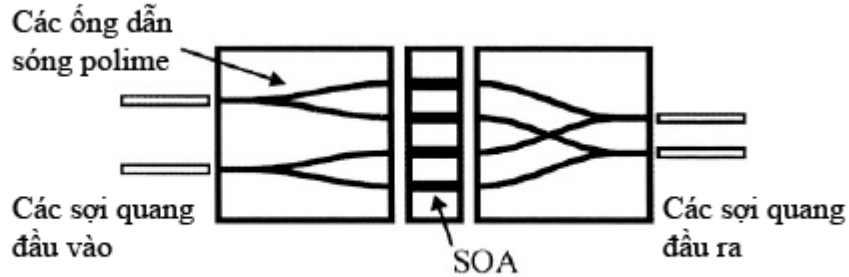
Hình 7.19. Các công SOA được điều khiển điện và quang học cơ bản



Hình 7.20. Công tắc toàn quang dùng hoạt động truyền đổi lập trong các SOA ghép tầng

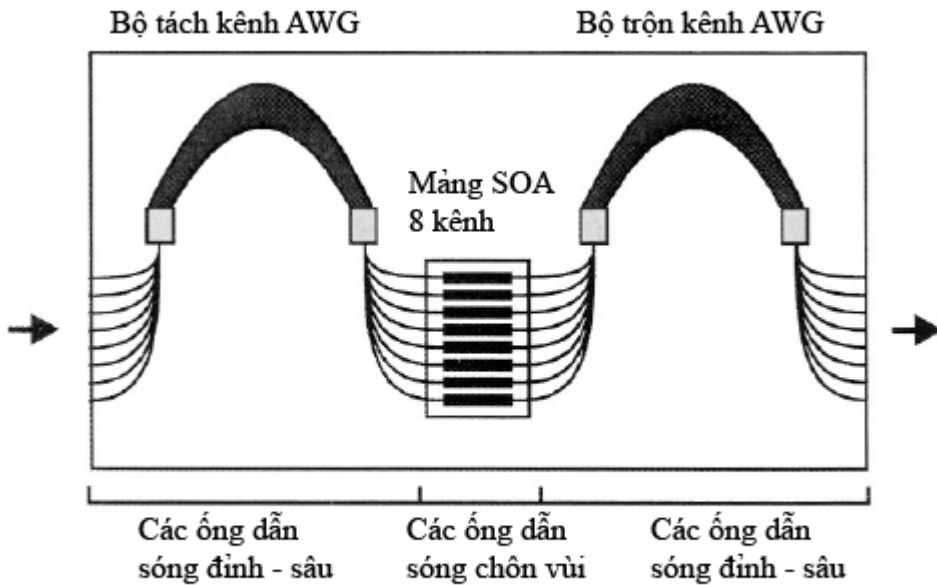
Các m ng c ng SOA có th c dùng xây d ng các nút chuy n theo gói toàn quang ó gói d li u t i có th c g i n c ng u ra quan tâm . M ng c ng có th c tích h p hoàn toàn v i các ng d n sóng u vào và u ra và các b ghép [37]. K thu t này gi m b t s không kh p s l ch gi a các SOA và các ng d n sóng th ng . Tuy nhiên, nó òi h i nhi u quá trình nuôi c y và x lý epitaxial nhi u b c ph c t p .

Một phương pháp thay thế là sử dụng cấu trúc lai hóa dùng ống dẫn sóng thay thế các sợi quang hàng vi mô SOA như được biểu diễn trong hình 7.21 [38]. Trong module công tắc 2x2 cho thấy một gói đi li có thể có các cổng kết nối ra nào bằng cách kích hoạt trên SOA thích hợp.



Hình 7.21. Module công tắc SOA lai hóa 2x2

Các mạng công tắc SOA có thể được xây dựng bằng cách nối các sóng như được biểu diễn trong hình 7.22 [39].

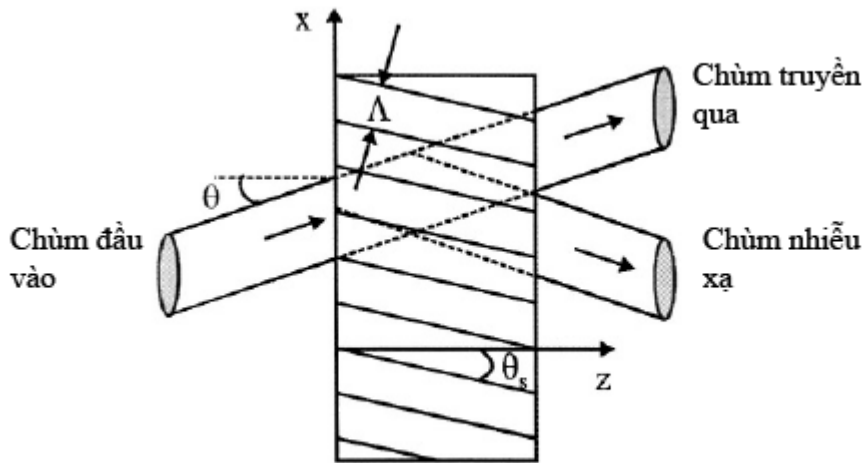


Hình 7.22. Sơ đồ mặt nạ của bộ chọn kênh WDM tích hợp

Thiết bị bao gồm hai cách truyền dẫn sóng được xếp thành dãy (AWG) và một mạng SOA tám kênh. Mỗi SOA có tám ống dẫn sóng đầu vào và tám ống dẫn sóng đầu ra, hai vùng trung tâm và một mạng nhả pha gồm hai mặt tám ống dẫn sóng. Các kênh WDM đầu vào với khoảng cách giữa các kênh là 200 GHz, cho vào một trong các ống dẫn sóng đầu vào và các kênh bằng AWG đầu tiên. Sau đó các tín hiệu quan tâm

chính bằng cách ghép SOA và ghép kênh vào để dẫn sóng đi ra bằng cách ghép kênh AWG đi ra.

Một cách quang học mới dựa trên SOA với một cách tử Bragg có góc lệch biên trong hình 7.23 [40]. Cách tử có chu kỳ Λ với một pha lệch θ_s như hình vẽ một góc θ_s với trục truyền phía trục z. Cách tử được chiếu vào một vùng lõi để các chùm tia đi dọc đi tích lũy. Một chùm tia vào từ cách tử được tách thành chùm truyền qua và chùm nhiễu xạ đi ra.



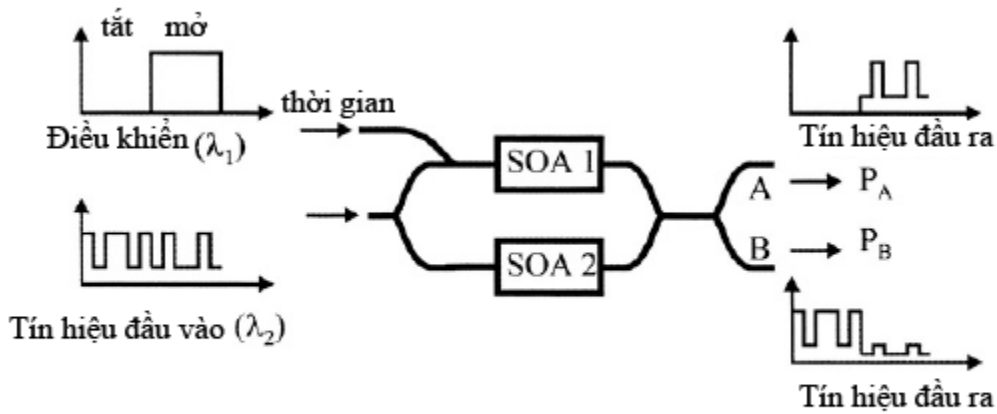
Hình 7.23. Dạng hình học của cách tử Bragg có góc lệch

Hiệu suất nhiễu xạ của các cấu trúc khi bức xạ sóng không gian λ vào vào tham số nhiễu xạ Bragg:

$$\lambda_B = 2n_r \Lambda \sin(\theta_B + \theta_s) \quad (7.15)$$

ở đây θ_B là góc Bragg và n_r là chiết suất của bộ khuếch đại. Hiệu suất nhiễu xạ là một hàm rất nhạy với sự lệch lệch của sóng Bragg. Dòng tia vào qua nhiễu xạ sẽ có một hướng đi khác trong chiết suất nhiễu xạ. Theo lý thuyết, một cấu trúc nhiễu xạ có thể đạt được hiệu suất nhiễu xạ này.

Các cấu hình giao thoa kế của các SOA được thể hiện như các cấu trúc dùng cho chuyển đổi bức xạ, có thể dùng như các chuyển mạch quang học. Giao thoa kế thông dụng nhất được dùng là MZI. Nguyên tắc cơ bản là sự nhiễu xạ tín hiệu nhiễu xạ khi quang học thay đổi một hướng đi khác trong SOA được thể hiện trong các cấu trúc giao thoa kế. Điều này làm cho chiết suất thay đổi và do đó thay đổi pha của sóng tín hiệu đi qua nó được dùng cho chuyển mạch. Công thức MZI được thể hiện trong hình 7.24.



Hình 7.24. Công tắc quang học dựa trên cấu hình MZI đối xứng

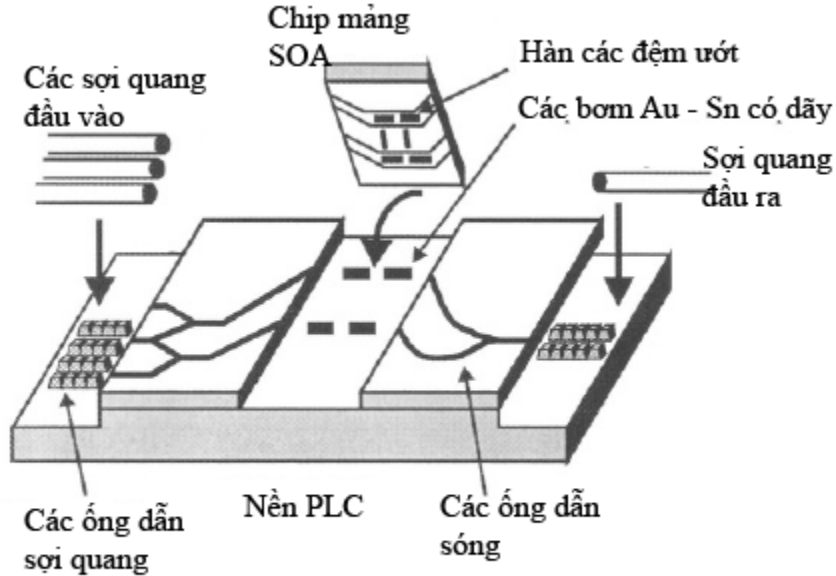
Các b khu ch i th ng c phân c c t ng ng cung c p nh ng l i không bảo hòa nh nhau. Trong tr ng thái không chuy n m ch , không có tín hi u i u khi n , tín hi u u vào c a tr c ti p t i c ng u ra B v i công su t u ra P_x khi giao thoa t ng c ng gi a các tín hi u tách t c. Trong tr ng thái chuy n m ch, tín hi u i u khi n cao các tín hi u tách giao thoa trì t tiêu làm cho tín hi u d li u c a tr c ti p t i c ng ra A . Tuy nhiên , trong tr ng thái này công su t trong các tín hi u c tách không b ng nhau d n n m t s s r ò r c a tín hi u d li u n c ng B và vì v y t s t ng ph n c gi m . V n này có th c kh c ph c b ng cách dùng các c u hình MZI không i x ng [41]. C ch chuy n m ch trên làm trì t tiêu hi u ng th i gian tái k th p h t t i i n t ng i ch m t o ra cách t si êu nhanh v i th i gian chuy n m ch ng n c 200 fs.

Các công t c quang h c giao thoa k ph c v cho s tích h p quang i n t , m t ví d v nó là chuy n m ch quang h c MZI i x ng tích h p lai hóa c bi u đi n trong hình 7.25 . Nó bao g m m t m ng SOA c dán trên m t sóng ánh sáng ph ng d a trên n n silica (PLC) [42] . So v i tích h p nguyên kh i các ng d n sóng silica th ng có s m t mát th p h n và tán s c v n t c nhóm th p h n và vì v y thích h p cho các v n t c chuy n m ch cao .

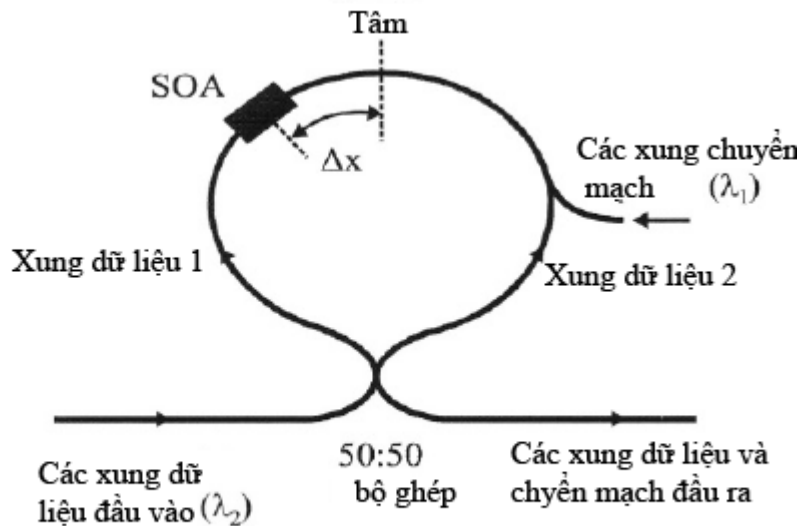
Các g ng vòng quang phi tuy n (NOLMs) v c b n là các giao thoa k sagnac , c ng có th c dùng cho các chuy n m ch quang h c v n t c cao. Theo cách b trí c bi u đi n trong hình 7.26 , s chuy n m ch t c b ng cách t m t SOA l ch so v i tâm c a m t g ng vòng s i quang và tiêm d li u vào vòng qua b ghép 50:50 [43] .

Hai dòng xung d li u truy n i l p n n m t m t cách b t ng b t i SOA . Xung chuy n m ch c nh th i n sau m t xung d

li u nh ng ngay tr c b n sau c a c a nó . Công su t xung chuy n m ch c i u ch nh truy n t s thay i pha là π , vì v y xung d li u c chuy n ra ngoài khi hai thành ph n truy n i l p giao thoa v i cái tr l i c a chúng b ghép. Thi t b này c ng c g i là TOAD (b tách kênh không i x ng quang h c terahertz) b i vì nó c ng có th dùng tách các dòng xung TDM v n t c cao .



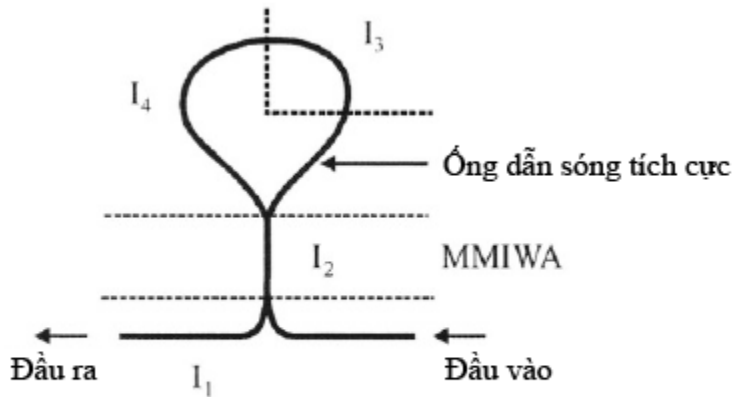
Hình 7.25. Công tắc quang học MZI đối xứng tích hợp lai hóa



Hình 7.26. Công tắc quang học dùng TOAD

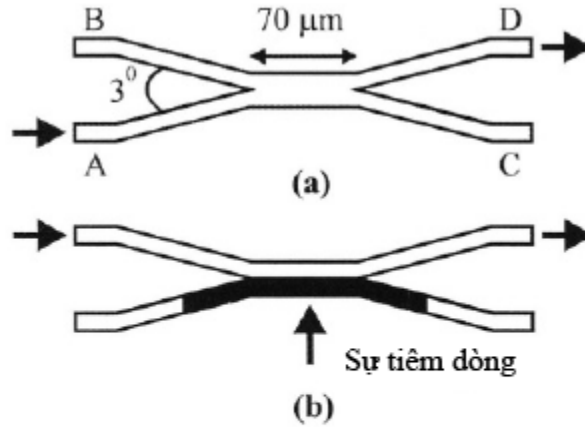
TOAD khá c ng k nh b i vì nó có ch a vài thành ph n s i quang . Nh ng d ng TOAD g n h n c tích h p toàn kh i v i thi t b giao thoa k Sagnac toàn SOA c bi u di n trong hình 7.27 [44] . Thi t b bao g m b n ph n , vòng , b khu ch i ng d n sóng giao thoa k a mode

(MMIWA), c ng u vào và u ra . Ho t ng c a thi t b ph thu c vào s phi tuy n quang h c trong vòng , c ng nh i v i TOAD , nh ng c ng d a trên hi u ng ghép phi tuy n trong MMIWA . Khi các đ òng khác nhau c ti êm vào trong các c c I_3 và I_4 l i phân b b t i x ng và s b ảo hòa l i i v i các tín hi u truy n i l p trong vòng làm cho ho t ng c a nó gi ng nh TOAD i v i các tín hi u u vào đ ng xung . Trong TOAD, b gh ép truy n th ng c dùng óng vòng . Trong thi t b này MMIWA cung c p s gh ép phi tuy n . S phân b bên c a c ng quang h c trong MMIWA và vì th s phân b công su t c a các tín hi u truy n i l p c gh ép vào trong vòng ph thu c vào m c công su t u vào . Do ó MMIWA có th t ng c ng hi u su t chuy n m ch .



Hình 7.27. Sơ đồ của giao thoa kế Sagnac toàn SOA. Thiết bị có bán kính vòng 300 micromet và chiều dài MMIWA 480 micromet.

M t công t c quang h c c ng có th c xây d ng t hai ng d n sóng n mode chéo v i m t vùng giao nhau nh c bi u di n trong hình 7.28 [45] . Thi t b c ch t o t v t li u InP/ InGaAsP . Thi t b này c g i là công t c ph n x bên trong toàn ph n . Vùng giao nhau r ng g p hai l n ng d n sóng và duy trì hai mode . Dòng có th c t vào m t ph n hai vùng giao nhau, ngh a là ph n khu ch i . Khi không có dòng, vùng giao nhau óng vai trò nh ph n giao thoa hai mode và t s c ng ánh sáng trong các ng d n sóng u ra ph thu c vào s chênh l ch chỉ t su t i v i các mode b c không và b c m t và dài c a ph n này . Chi t su t hi u đ ng d n có th c làm th p n a vùng giao nhau b ng cách tác đ ng m t dòng i n . Vì th s chuy n m ch quang h c có th t c qua s i u khi n dòng c a chỉ t su t ng d n sóng .



Hình 7.28. Sơ đồ của công tắc phản xạ nội toàn phần cho thấy hai ống dẫn sóng chéo và bộ khuếch đại quang học. Trong (a) không có dòng tiêm, ánh sáng đi từ cổng đầu vào A đến cổng đầu ra D. Trong (b) chiết suất được làm giảm vì vậy ánh sáng đi từ cổng đầu vào B đến cổng D.

7.4 LOGIC SOA

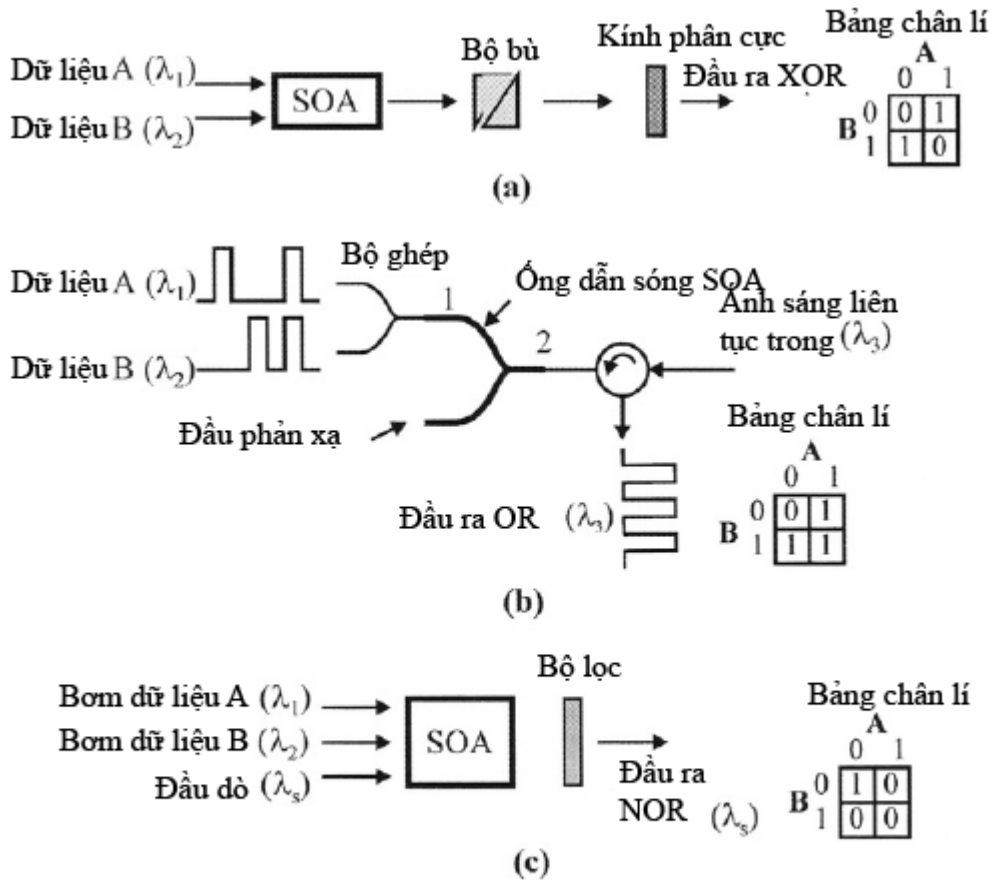
Logic quang học có thể hữu dụng cho các ứng dụng xử lý quang học tín hiệu toàn quang. Trong các mạch quang học vận tốc cao. Trong phần này chúng ta xét một số SOA dựa trên các cấu hình thực hiện các logic toàn quang cơ bản, ba trong số chúng sẽ biểu diễn trong hình 7.29.

Mạch XOR mini hình 7.29 (a) dựa trên XPOM trong SOA giữa hai tín hiệu đầu vào vào cùng công suất, phân cực ngược nhau và bước sóng ngược nhau [46]. Một bộ bù và kính phân cực đặt phía sau SOA và cửa sổ chặn khóa ánh sáng đi qua. Khi cả hai đầu vào vào thì đầu ra tắt, khi cả hai đầu vào vào tắt thì đầu ra tắt. Tuy nhiên khi một trong hai đầu vào vào tắt thì sẽ phân cực tín hiệu đầu ra khác nhau vì nhúng nó vào khi cả hai đầu vào vào cao. Trong trường hợp này kính phân cực không khóa hoàn toàn tín hiệu đầu ra và đầu ra mở. Tính chất này tương ứng với tính chất XOR. Cũng có thể thu được cổng XOR dùng FWM trong các SOA [47] và tương tự trong giao thoa kế Sagnac sử dụng quang [48].

Cổng OR của hình 7.29 (b) dựa trên giao thoa kế Michelson với hai tín hiệu đầu vào được ghép vào cùng một và ánh sáng chiếu liên tục được ghép vào cùng hai [49]. Công suất tín hiệu đầu vào toàn phần đi vào khi lệch pha do đầu vào vào chiếu liên tục, khi đó tạo ra một vòng tròn của hai nửa phân cực ngược nhau của giao thoa kế và trở lại cùng hai, đó giao thoa xuất hiện giữa các tín hiệu quay lại và đầu vào liên tục. Một thiết kế sao cho giao thoa triệt tiêu xuất hiện khi không có công suất tín hiệu đầu vào và giao thoa tăng cường khi công suất tín hiệu đầu vào có mặt. Công suất đầu vào cao hơn của MI phụ thuộc vào tương công

su t c a hai tín hi u u vào, vì v y m c công su t c a cái c ánh d u cao h n so v i m t cái c ánh d u và m t cái tr ng . S khác nhau này có th c ch n dùng giao thoa k hàm truy n hình s n trong ó u ra OR c k p m t cách hi u qu i v i các công su t tín hi u u vào l n (xem hình 7.13).

C ng NOR n gi n c a hình 7.29(c) đ a trên XGM trong m t SOA gi a hai tín hi u đ li u u vào và m t u dò liên t c u vào [50] . Khi không có các tín hi u u vào tín hi u dò u ra cao b i vì không có s bão hòa l i . Khi m t trong các tín hi u u vào cao b khu chế độ bão hòa làm cho u dò u ra th p. i u này t ng ng v i ho t ng c a NOR .



Hình 7.29. Các cổng logic SOA, (a) cổng XOR, (b) cổng OR, (c) cổng NOR

7.6. B GHÉP KÊNH XEN R SOA

B tách kênh nh th i quang h c (OTDDM) và b ghép kênh xen r (ADM) là nh ng thành ph n then ch t c n cho các nút m ng ghép kênh nh th i quang h c (OTDM). Trong m t ADM m t kênh c th t m t dòng đ li u TDM t i l i các kênh còn l i không b nhi u . M t kênh m i có th c thêm vào b ng cách chen các xung đ li u vào trong khe th i gian

tr ng có m t s k thu t có th th c hi n trong TDDM v à ADM dùng các SOA . Nh ng cái này bao g m các c u hình FWM , MZI và TOADs . Trong các m ng WDM c ng c n các b ghép kênh b c sóng xen r (ADWM) .

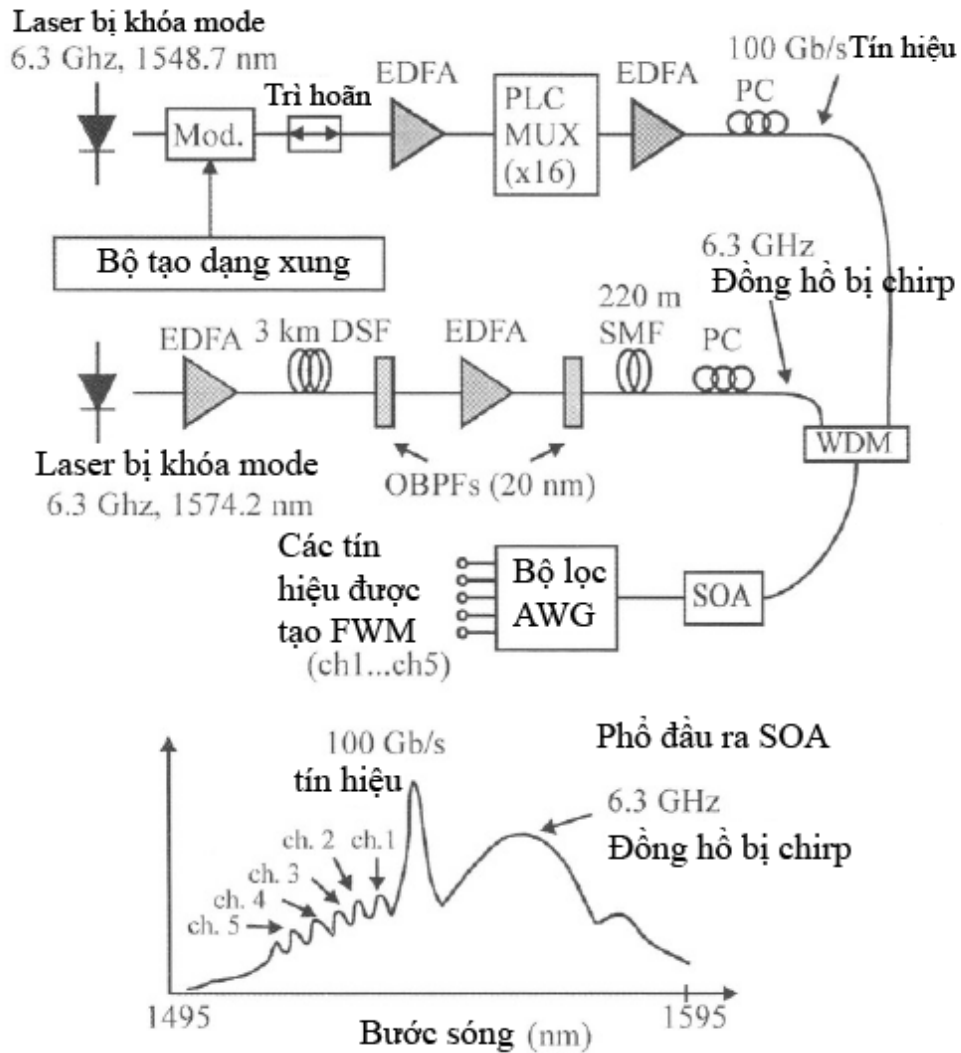
S PHÂN KÊNH DÙNG OTDM DÙNG FWM

B phân kênh OTDM có th c th c hi n dùng FWM trong m t SOA [51] nh c bi u di n trong hình 7.30 . Trong k thu t này m t chu i u dò xung ng h c chirp c tiêm cùng v i dòng xung tín hi u i u bi n vào trong m t SOA . M i xung tín hi u riêng bi t t ng tác v i các thành ph n xung ng h c chirp c tiêm v i m t dòng xung tín hi u i u bi n vào trong m t SOA . M i xung tín hi u riêng bi t t ng tác v i các thành ph n xung ng h b c sóng khác nhau trong m t quá trình FWM . Các b i u khi n phân c c c dùng kh p xung ng h và s phân c c tín hi u c c i hóa hi u su t FWM . Do ó, các tín hi u FWM c t o ra b i các tín hi u u vào trong các khe th i gian khác nhau có b c sóng khác nhau. Sau ó, các tín hi u FWM có th c tách dùng m t b ghép kênh WDM .

B GHÉP XEN R OTDM MZI

Các chuy n m ch MZI tích h p v i các SOA c ng có th c dùng nh nh ng ADM . Có th có nhi u c u hình , m t trong s chúng c bi u di n trong hình 7.31 [52] . Trong c u hình này, tín hi u d li u u vào 40Gb/s c tách thành hai tín hi u i u khi n . M t trong nh ng tín hi u i u khi n b trì hoãn do m t ph n hai chu kì bit (ngh a là phân c c n a khe th i gian n) . Giao thoa k c c u hình sao cho khi m t xung tín hi u không trì hoãn c a vào c n cao h n c a giao thoa k , m t xung u vào 10GHz c a tr c ti p t i c ng drop . Cùng lúc m t dòng xung 3x10GHz c a tr c ti p t i c ng qua . Khi xung tín hi u trì hoãn c a vào c n th p h n c a giao thoa k , d li u c a tr c ti p ra xa c ng drop . Các biên c a các xung drop và qua c i u ch nh b i s bão hòa l i SOA c c m ng b i các xung d li u u vào, vì v y s khu ch i xung và s t o hình l i c ng xu t hi n , ngh a là các hàm thi t b óng vai trò nh là b tái sinh 2R . N u nó c k th p v i s ph c h i xung ng h quang h c nh th i l i nó s ho t ng nh b tái sinh 3R . D li u s c thêm vào các khe th i gian tr ng trong d li u u ra n gi n b ng cách g i các xung d li u kênh c ng vào c ng c ng .

M t TOAD dùng c u trúc truy n th ng c a hình 7.26 ho c các c u trúc MZI c ng có th c dùng nh b phân kênh OTDM [53-54] .

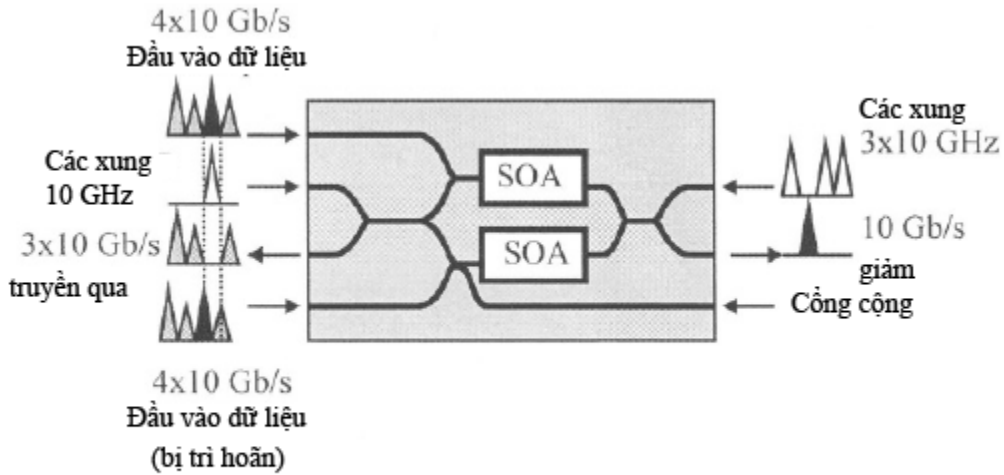


Hình 7.30. Bộ tách kênh OTDM dùng FWM trong một SOA: PC: Bộ điều khiển phân cực, DSF: sợi quang dịch chuyển tán sắc, SMF: sợi quang đơn mode, AWG: cách tử ống dẫn sóng ghép mảng. Tín hiệu 100 Gb/s được tạo ra bằng bộ ghép kênh phân thời quang học tín hiệu 6.3 GHz thu được từ laser bị khóa mode 16 lần.

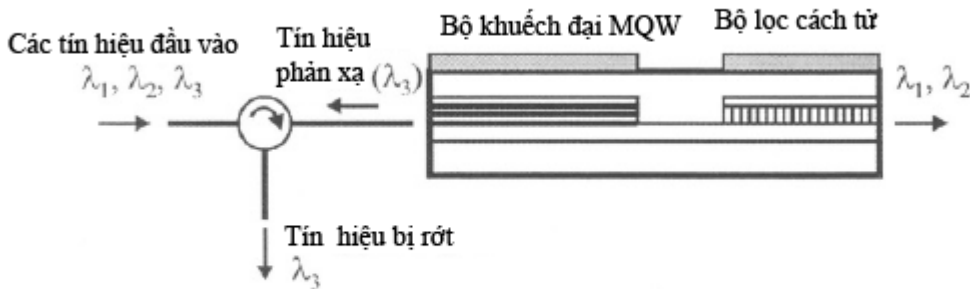
B GHÉP KÊNH XEN R WDM

Kh n ng cho các kênh b c sóng xen và r trong các m ng WDM r t có ích trong vi c nh tuy n b c sóng .Ch c n ng c a m t ADM b c sóng là tách b c sóng c th mà không có s giao thoa t các kênh c nh nhau . i u này có th t c b ng b phân kênh b c sóng ch ng h n nh m t AWG ho c b ng cách dùng m t SOA tích h p v i b l c i u ch nh c nh bi u di n trong hình 7.32 [55] . Hàm truy n c a b l c i u ch nh c có r ng ph 0.9nm quanh b c sóng c ch n . B l c có th c i u ch nh b ng cách thay i dòng tiêm c a nó . Kênh b c sóng ch n c ph n x b i b l c c khu ch i l n th hai b i ph n MQW và c

tách các xung drop dùng một bộ truyền tín hiệu. Các kênh còn lại đi qua phần bộ lọc, thêm vào các kênh bộ cộng sóng mới nó.



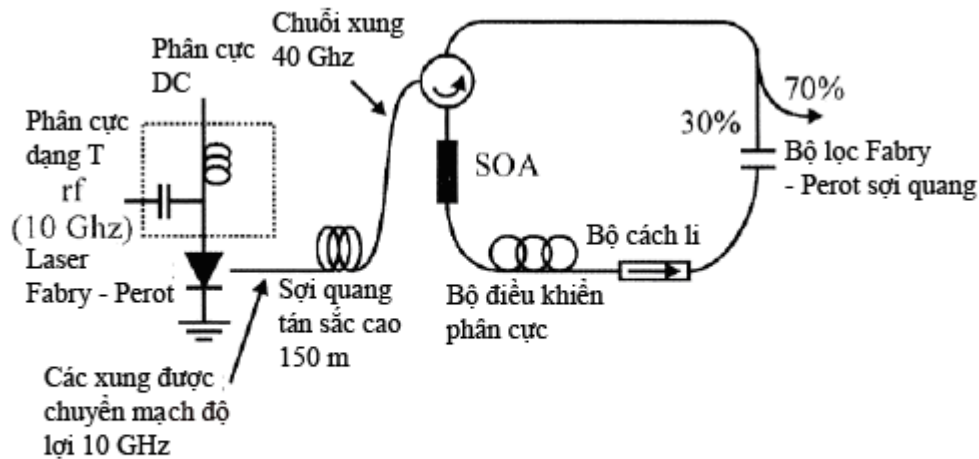
Hình 7.31. MZI ADM



Hình 7.32. ADM bước sóng bộ lọc SOA có thể điều chỉnh (theo [55])

7.7. CÁC BỘ TỌ XUNG SOA

Các xung bộ cộng sóng iu chnh c t l t c l p l i cao là c n thi t trong các liên k t truy n thông OTDM WDM t c cao . T i các t n s cao (l n h n 10GHz) r t là khó và t n kém t o ra các xung nh th v ph ng di n i n t . M t k thu t quang h c s d ng m t laser v òng s i quang khóa mode thích h p v i m t SOA nh c bi u di n trong hình 7.33 [56] . S t o ng th i b n kênh b c sóng iu chnh c m i cái truy n các xung 12ps t i 2.5GHz c minh h a dùng laser bán d n b khóa mode d a trên SOA và cách t nhi u x [57] .

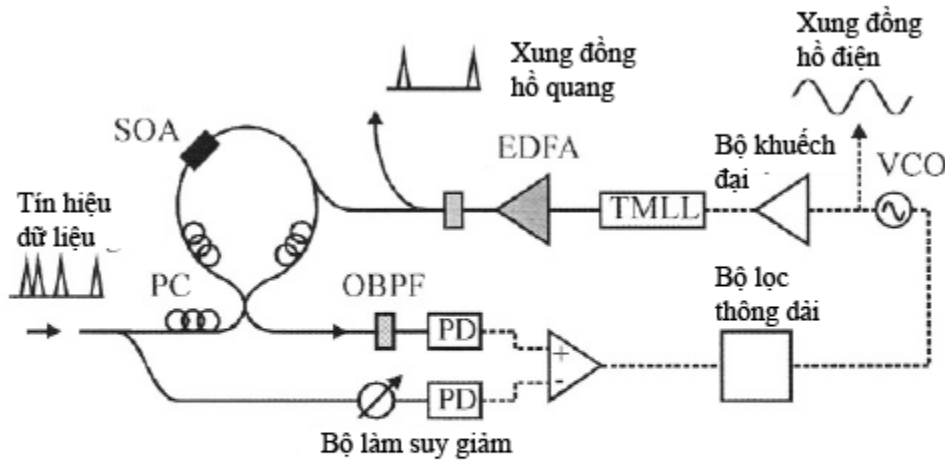


Hình 7.33. Sự tạo xung quang học dùng laser vòng sợi quang khóa mode tích hợp một SOA

Trong hình 7.33 laser Fabry –Perot c kích ho t l i qua s i u bi n đ ng sin t i 10GHz . Sau khi truy n qua h n 150m s i quang tán s c cao m i mode ph trong các xung kích ho t l i b trì hoãn 25ps , i v i mode g n nh t c a nó . Vì v y m i xung b tán s c t o ra m t chu i xung v i các b c sóng khác nhau cách nhau 25ps và t s l p l i hi u đ ng là 40GHz . Tuy nhiên, xung bi n i b c sóng t ng ng v i các mode Fabry-Perot c a laser. i u này có th làm n y sinh s tán s c áng k khi xung c truy n xu ng m t liên k t s i quang. Các xung có th c chuy n thành các xung có b c sóng gi ng nhau (có th i u ch nh c) b ng cách dùng m t laser vòng s i quang v i m t SOA nh m t y u t tích c c . Laser có th dao ng theo nhi u mode đ c . Nh ng mode này có th c ghép v i nhau b ng các ph ng ti n bên ngoài , nó khóa pha c a chúng v i nhau . Do ó nh ng mode này c xem nh là nh ng thành ph n c a khai tri n chu i Fourier c a hàm i u hòa (trong tr ng h p này là chu i xung) v i t n s c b n là $c/2n_r L$ ây n_r là chi t su t c a laser và L là chi u dài c a nó . Trong hình 7.33 chi u dài c a vòng là 15.7m cho m t t n s c b n f_c là 12.31MHz. Dòng xung quang h c 40GHz c chèn vào trong dòng b ng m t b chuy n i tín hi u , làm cho l i c a SOA có th c i u bi n quang h c . Cái này khóa mode laser. B ng cách ch n m t t n s i u bi n c a laser thích h p 10.188GHz , có th khóa mode laser t i 40.752 GHz (hài th 3310 c a f_c). B c sóng u ra c a laser s i quang c ch n dùng b l c Fabry-perot s i quang . Công su t u ra c ghép t vòng s i quang dùng m t b ghép s i quang .

7.8.PH C H I XUNG NG H SOA

Trong các hệ thống OTDM phân chia xung ánh sáng đòi hỏi trong các bộ thu quang học và các bộ tái sinh 3R. Tất cả các vận tốc cao phân chia xung ánh sáng để thực hiện phép toán quang học. Các kỹ thuật không dựa trên SOA bao gồm các laser khóa bằng cách tiêm và các laser DFB hai phân tử kích xung. Các kỹ thuật phân chia xung ánh sáng dựa trên SOA liên quan đến việc dùng bù pha dựa trên SOA FWM [58], sự điều pha SOA [59] các TOAD và các MZI khác nhau. Tất cả các chia xung ánh sáng quang học có thể thực hiện bằng cách dùng một vòng SOA [60].



Hình 7.34. Sự phục hồi xung đồng hồ quang học dùng vòng khóa pha điện - quang và công tắc SOA giao thoa, PD: photodiode, TMLL: laser bị khóa mode điều chỉnh được, OBPF: bộ lọc thông dải quang học, PC: bộ điều khiển phân cực, VCO: bộ dao động được điều khiển bằng điện áp.

Kỹ thuật khác, các biểu diễn trong hình 7.34 dùng một vòng khóa pha vì một SOA dựa trên chuyển mạch giao thoa kết [61]. Trong cấu hình này tín hiệu dữ liệu OTDM được ghép với một vòng SOA, nó có hiệu quả khi nhận một chu kỳ xung ánh sáng khi quang học của một laser khóa mode điều chỉnh được (TMLL), tần số lặp lại của nó xác định bằng dao động điện áp (VCO). Tín hiệu đầu ra từ một vòng SOA phát hiện bằng một photodiode cảm biến. Một phần của tín hiệu đầu vào chuyển đổi một vòng SOA để lặp lại các xung ánh sáng. Khi tần số VCO bằng với tần số của tín hiệu đầu vào, các thành phần của chuyển mạch tín hiệu đầu vào có pha không đổi trong một khe thời gian. Trong trường hợp này tín hiệu đầu ra photodiode trở thành tín hiệu một chiều mà biên độ của nó tỉ lệ với hiệu pha giữa các xung tín hiệu đầu vào và chu kỳ xung ánh sáng, nghĩa là công tắc quang học đóng vai trò như một bù pha. Tuy nhiên, tín hiệu đầu ra chỉ có một chiều phân cực vì vậy không có sự phân biệt giữa các pha âm và dương. Vấn đề này có thể

kh c ph c b ng cách phát hi n tín hi u dùng m t photodiode ch m th hai .Tín hi u u ra t photodiode này c tr v i tín hi u l i . Tín hi u cu i cùng c g i n VCO qua b l c thông th p . i u này óng vòng và khóa t n s VCO n t n s c b n c a tín hi u d li u u vào . Do ó các xung ng h quang h c có th c l y t u ra c a TMLL dùng m t b ghép .

7.9 . B BÙ TÁN S C SOA

Trong các m ng quang h c dùng các s i quang d ch chuy n không tán s c truy n th ng, s tán s c là m ty ut h n ch l n n kho ng truy n qua có th t c t i t c d li u cao . S bù tán s c toàn quang có th t c b ng cách dùng XPM trong m t SOA cùng v i m t cách t Bragg s i quang c chirp [17] và t ng t dùng FWM trong s a phân c c gi ng nh hình 7.16 [62]. Trong [63] ba SOA c dùng c i ti n hi u su t FWM c a m t b bù tán s c SOA. Trong [64] s bù tán s c t c dùng FWM trong m t SOA c tích h p v i laser b m DFB .

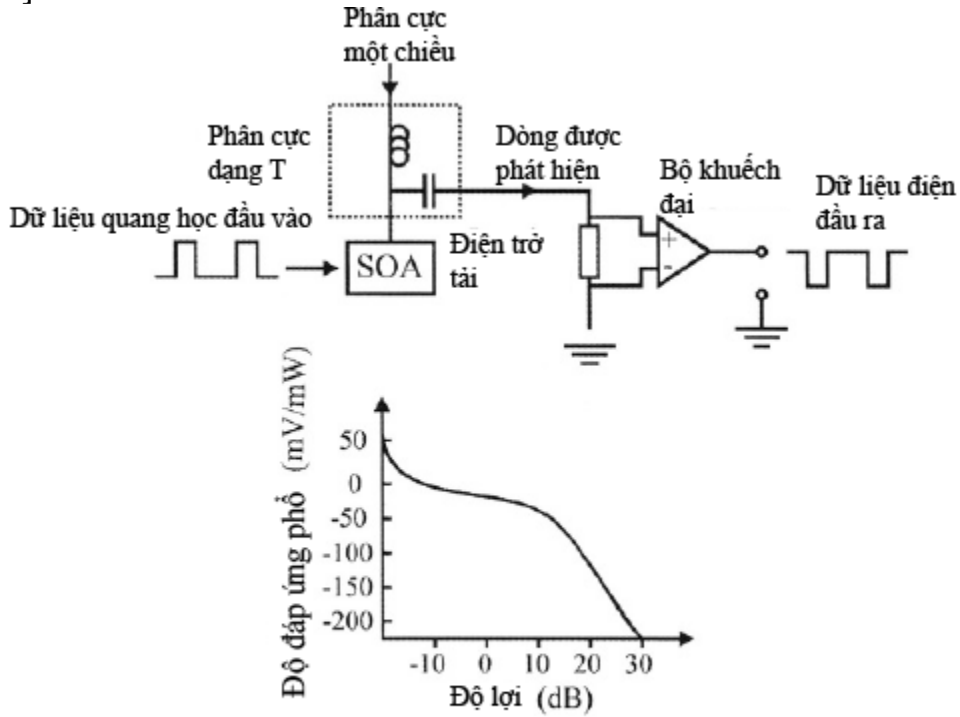
7.10. CÁC DETECTOR SOA

M t SOA có th c dùng phát hi n m t tín hi u quang h c [65-66] . i u này cho phép b khu ch i c dùng th c hi n các lo i hàm ch ng h n nh simultaneous tapping và khu ch i d li u i u khi n công su t u vào và n nh hóa b khu ch i dùng m t vòng ph n h i .Tính ch t phát hi n này n y sinh do t ng tác c a ánh sáng c khu ch i v i môi tr ng l i . Khi b khu ch i c ho t ng bên d i s trong su t các photon ánh sáng b h p th làm n y sinh các c p electron-l tr ng . Dòng c phát hi n cu i cùng có th c phát hi n t i các i n c c khu ch i và c chuy n thành i n áp b ng cách cho nó i qua m t tr t i nh c bi u di n trong hình 7.35. Trong tr ng h p này dòng phát hi n t ng cùng v i v i s t ng công su t ánh sáng . Khi b khu ch i ho t ng trên vùng trong su t, các h t t i i n c tiêm t dòng phân c c b suy gi m d n n s gi m dòng toàn ph n t i i n c c khu ch i . Trong tr ng h p này dòng phát hi n tr thành âm h n khi công su t ánh sáng t ng . B i vì hai c ch khác nhau này , dòng phát hi n s thay i chi u phân c c t i vùng trong su t . H s ph m ch t c a m t detector SOA là áp ng ph R_d c nh ngh a là

$$R_d = \frac{v_L(\omega)}{p(\omega)} mV / mV \quad (7.16)$$

ây $p(\omega)$ là công su t quang h c u vào hình sin tín hi u nh t i t n s góc ω và $v_L(\omega)$ là i n áp tín hi u nh cu i cùng trên i n tr t i . ng cong áp ng ph i n hình c bi u di n trong hình 7.35. Khi c ch phát hi n d a trên tín hi u c c m ng s tái k th p h t t i i n, b ng thông

phát hi n là $B = 1/(2\pi\tau)$ ây τ là th i gian s ng h t t i i n vi phân . i u này có ngh a là trong th c t b ng thông c c i có th t c vào b c vài GHz . áp ng ph có th c c i t i n b ng cách dùng SOA hai ph n [67] .



Hình 7.35. Detector SOA và đặc tuyến độ đáp ứng phổ theo độ lợi khuếch đại. Điện trở tải 50 Ω.

Bộ khu vực in quang bán đ n; Th c m c xin li ên h : thanhnam1910_2006@yahoo.com