



Ch 6: CÁC NG D NG M NG C B N

Các ng d ng c b n c a các SOA trong các h th ng truy n thông quang h c có th c chia thành ba l nh v c chính: Postamplifier ho c b khu ch i t ng c ng t ng công su t laser c a b truy n, khu ch i ng dây bù cho s m t mát trong s i quang ho c do quá trình lan truy n khác trong môi tr ng và các ng truy n t i xa và các b t i n khu ch i c i t i n nh y b thu. S h p nh t các b khu ch i quang h c vào các liên k t truy n thông quang h c có th c i t i n tính n ng c a h th ng và gi m giá thành. Các SOA c ng có th c dùng th c hi n các ch c n ng khác ch ng h n nh chuy n m ch quang h c v n t c cao, chuy n i b c sóng và phát hi n ng dây. Nhi u ng d ng ch c n ng nh th c th o lu n trong ch 7.

Trong ch 7 này chúng ta t p trung vào nh ng ng d ng truy n th ng c a SOA trong các ng truy n và các m ng truy n thông quang h c. Chúng ta b t u v i m t s t ng quan ng n g n v các v n c b n c a phát hi n quang h c tr c ti p và k t h p r i n ngu ng c c a lý thuy t phát hi n tín hi u ánh sáng khu ch i. ng d ng t i p theo c a các SOA nh m t b khu ch i t ng c ng, b t i n khu ch i, b khu ch i ng dây c ng c xem xét. Các tính ch t c a SOA ng dây x p t ng c phân tích. Tính n ng c a các SOA trong các m ng WDM c th o lu n cùng v i các k thu t c t n d ng gi m nhi u xuyên kênh và méo gi a các l n i u ch . Cu i cùng là m t s chú ý liên quan n vi c s d ng SOA trong các h th ng truy n t ng t .

6.1. T NG QUAN V TRUY N THÔNG QUANG H C K T H P VÀ TR C TI P

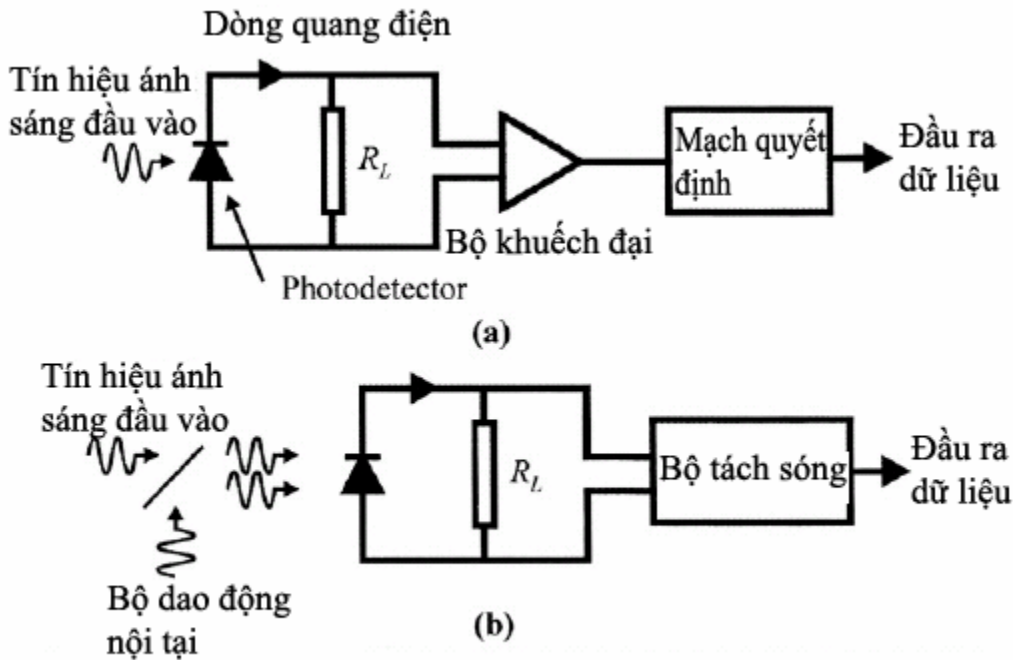
Các h th ng truy n thông quang h c có th chia thành truy n k t h p ho c không k t h p [1-3]. Trong truy n thông không k t h p ch c ng c a tín hi u mang quang h c c i u b i n. T i b thu, tín hi u c phát hi n tr c ti p, m t quá trình ch nh y v i c ng tín hi u. Nh ng h th ng nh th c g i là *i u ch theo m t tách sóng tr c ti p (IM-DD)*.

Trong nh ng h th ng k t h p, tín hi u ánh sáng dao ng c c b c thêm vào tín hi u mang quang h c t i tr c khi c phát hi n. Trong nh ng s nh th , pha ho c t n s mang quang h c, c ng nh c ng c a nó có th c phát hi n. Trong truy n thông quang h c, thu t ng k t h p c dùng ch b t c h th ng nào trong ó laser dao ng c c b

c thêm vào ánh sáng tín hi u i u bi n t i tr c khi phát hi n, cho dù pha và t n s c a tín hi u ánh sáng t i b b qua trong quá tr ình x lý và gi i i u bi n sau này.

6.1.1. B thu i u ch theo m t tách sóng tr c ti p

S c a máy thu IMDD c b n c bi u di n trong hình 6.1a. Trong s này, tín hi u mang quang h c c i u bi n c ng c phát hi n b i photodetector (diode p-i-n ho c photodiode ki u thác l _APD). Dòng quang i n cu i cùng c khu ch i và c cho qua m t m ch quy t nh quy t nh xem m i bit c nh n là m t đ u ho c kho ng tr ng .



Hình 6.1| Giản đồ khối của (a) IM-DD cơ bản và (b) các bộ thu quang học kết hợp

Hai ph ng pháp có th c dùng quy t nh đ ng sóng nh n c. Ph ng pháp u tiên liên quan n l y m u đ ng sóng nh n c m i chu kỳ bit, th ng gi a bit và so sánh v i giá tr c l y m u m c ng ng. N u giá tr c l y m u nh h n m c ng ng, bit nh n c c hi u là tr ng và ng c l i. Cách th hai là k thu t “integrate and dump” ó đ ng sóng nh n c c l y tích phân trên m t chu kỳ bit. Sau ó u ra c a b tích phân c so sánh v i m c ng ng và m t quy t nh t ng t c th c hi n nh trong ph ng pháp u tiên. Ph ng pháp u có u i m là t i thi u hóa các *hi u ng nhi u giao thoa liên kí t (ISI)* trong khi cái sau, do v i c l y tích phân, có khuynh h ng c c ti u hóa các hi u ng nhi u. C hai k thu t nh n òi h i s t o ra m t xung ng h c c b cho các m c ích ng b hóa.

H s ch t l ng thông th ng c a m t b thu s là *xác su t l i bit (BER)*. B thu IMDD có th c phân tích nh sau. Chúng ta gi s r ng s *i u b i n b t t t (OOK)* trong ó các kho ng tr ng và các d u t ng ng c bi u di n b ng các công su t u vào b ng không và $2P_s$. P_s là công su t c nh n trung bình gi s r ng xác su t truy n qua c a các xung ánh d u ho c kho ng tr ng b ng nhau. Tr ng tín hi u u vào n photodetector có th c bi u di n là

$$E(t) = \begin{cases} E_1(t) = \sqrt{2P_s} \cos(2\pi\nu t) & \text{(cho xung ánh sáng)} \\ E_0(t) = 0 & \text{(cho một khoảng trống)} \end{cases} \quad (6.1)$$

ây v là t n s mang quang h c và t là th i gian. Dòng quang i n i_d t photodetector t l v i bình ph ng c a tr ng tín hi u ánh sáng n c l y trung bình trên m t chu kì quang h c, t c là

$$i_d = R \langle E(t)^2 \rangle \quad (6.2)$$

ây toán t $\langle \rangle$ ch v i c l y trung bình theo th i gian trên m t chu kì quang h c và R là áp ng ph photodetector (A/W) cho b i công th c

$$R = \frac{\eta e}{h\nu} \quad (6.3)$$

ây η là hi u su t l ng t detector. Th (6.1) vào (6.2) cho ta c m t dòng quang i n tín hi u t ng ng,

$$I_s(t) = \begin{cases} I_{s1} = 2RP_s & \text{(cho xung ánh sáng)} \\ I_{s0} = 0 & \text{(cho một khoảng trống)} \end{cases} \quad (6.4)$$

Trong (6.4), s h ng t i 2ν ã b b qua b i vì nó v t quá b ng thông i n detector. Cùng v i dòng quang i n tín hi u, còn có nh ng dòng nhi u do các dòng t i detector I_d (m t dòng quang i n t n t i cho dù không có ánh sáng c phát hi n) v i ph ng sai \bar{i}_d^2 , *dòng t p nhi u h t tín hi u* v i ph ng sai \bar{i}_s^2 (do b n ch t l ng t c a tín hi u ánh sáng c phát hi n) và nhi u m ch b thu v i ph ng sai là \bar{i}_c^2 . Ngu n nhi u sau ch y u là do nhi u nhi t b thu. Các ph ng sai c a nh ng dòng nhi u này có th c bi u di n là

$$\begin{aligned} \bar{i}_d^2 &= 2eB_e I_d \\ \bar{i}_s^2 &= 2eB_e I_s \\ \bar{i}_c^2 &= \frac{4kTFB_e}{R_L} \end{aligned} \quad (6.5)$$

ây B_e là b ng thông g i-phát hi n c a b thu , F là h s t p nhi u c a b thu , R_L là i n tr t i và T nhi t c a b thu. i v i i u b i n OOK, ph ng sai dòng nhi u toàn ph n i v i m t d u và kho ng tr ng là:

$$\sigma_{iT}^2 = \begin{cases} \sigma_{i1}^2 = \bar{i}_d^2 + \bar{i}_c^2 + 2eB_e I_{s1} & \text{(cho xung ánh sáng)} \\ \sigma_{i0}^2 = \bar{i}_d^2 + \bar{i}_c^2 & \text{(cho một khoảng trống)} \end{cases} \quad (6.6)$$

i v i b thu OOK truy n th ng (dùng ph ng pháp u tiên trên), n u gi s r ng đòng nhi u có hàm phân b c ng đ ng Gauss, BER là:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (6.7)$$

ây th a s Q là

$$Q = \frac{\sqrt{S_1} - \sqrt{S_0}}{\sqrt{\sigma_{i1}^2 + \sigma_{i0}^2}} \quad (6.8)$$

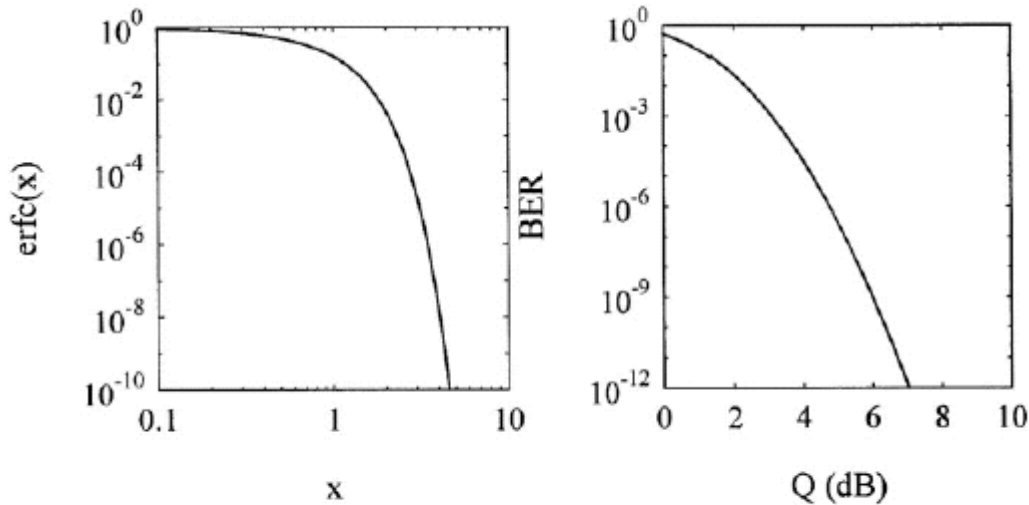
$S_1 = I_{s1}^2$ và $S_0 = 0$ là các công su t tín hi u đ u và kho ng tr ng, erfc là hàm sai bù

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-u^2} du \quad (6.9)$$

ây erf là hàm sai s , erfc th ng xu t hi n trong bi u th c BER c a nhi u lo i b thu. th c a erfc và BER theo Q c bi u di n trong hình 6.2.

i v i nh ng giá tr x l n phép g n úng sau là h u đ ng:

$$\operatorname{erfc}(x) \approx \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}}, \quad x \text{ l òn} \quad (6.10)$$



Hình 6.2| Hàm sai bù erfc và BER theo hệ số Q đối với bộ thu IM - DD

nh y c a b thu có th c nh ngh a là công su t quang h c thu trung bình ho c các photon trên bit c n cho m t BER cho tr c. Nh ng h th ng truy n thông quang h c th ng có $BER < 10^{-9}$, nó òi h i r ng $Q > 6$. Trong tr ng h p lý t ng, ó đòng t i và nhi u m ch có th b qua thì:

$$Q^2 = \frac{S_1}{\sigma_{i1}^2} = \frac{RP_s}{eB_e} \quad (6.11)$$

N u photodetector có hi u su t l ãng t duy nh t và b ãng thông $B_e = 1/B_T$,
 ây B_T là t c bit thì:

$$Q^2 = 2N_b \quad (6.12)$$

ây $N_b = P_s / (h\nu B_T)$ là s photon trên bit trung bình. Giá tr này c g i là **gi i h n l ãng t** (ho c **gi i h n t p nhi u h t**). M t BER 10^{-9} c n $N_b > 18$. N u b c sóng tín hi u nh n và t c bit ã bi t, s này có th c dùng thu c công su t ho c nh y quang h c trung bình c c tí u c n thì t c a b thu. Tuy nhiên trong các b thu th c t , h u nh không th t c gi i h n l ãng t . i u này là do s nhi u trong m ch, thông th ãng nó l n h n nhi u h t nhi u b c v l n, làm n y sinh nh y n m trong kho ãng vài tr m ãng photon trên bit. Phân tích trên c ãng b qua nh h ãng c a hi n t ãng tán s c s i quang. S tán s c s i quang c ãng d n n s m r ãng xung và vì th ãng ISI. i u này làm t ãng BER và do ó gi m nh y b thu. Nh chúng ta s th y trong ph ãng 6.3.2, nh y c a b thu quang h c IMDD th c t có th c c i tí n nhi u b ãng cách dùng b tí n khu ch i quang h c. Phân tích chi tí t h n v nh y c a b thu quang h c và BER có th c tìm th y trong [1-4].

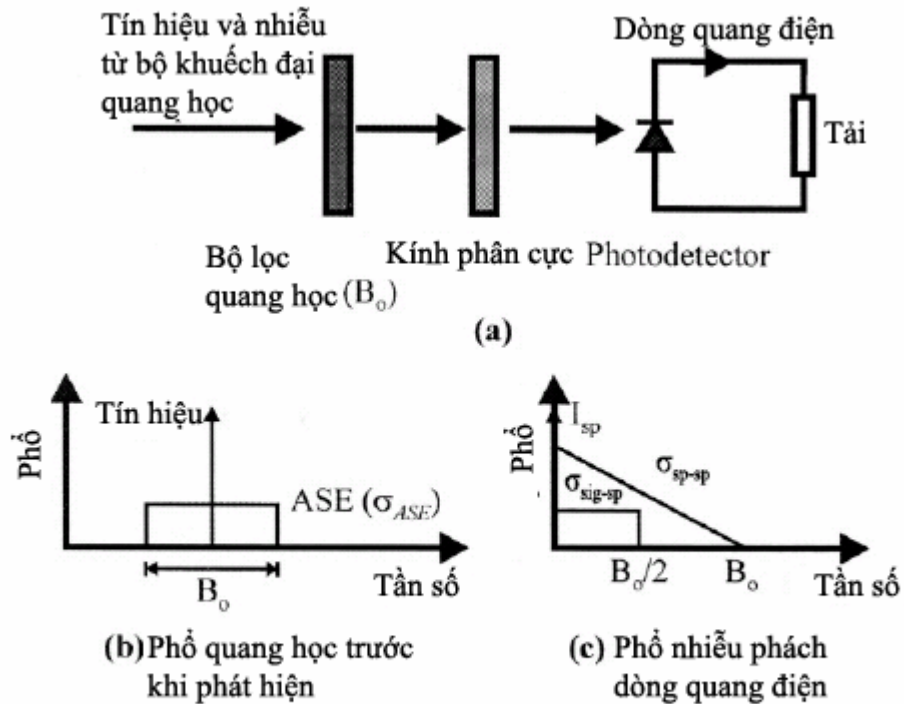
6.1.2 S tách sóng nh t quán

S c a b thu k t h p c b n c bi u di n trong hình 6.1(b) . Trong lo i b thu này, m t laser dao ãng c c b c thêm vào tín hi u mang quang h c t i c i u bi n. Sau ó c hai tín hi u c phát hi n ãng th i b ãng m t photodetector. Dòng quang i n cu i cùng c gi i i u bi n và c x lí nh n c tín hi u d li u. Có hai thu n l i chính c a các h th ãng truy n thông quang h c k t h p so v i các h th ãng IMDD truy n th ãng. Tr c h t, có th t t i nh y c a c a b thu l n h n (m i n là là tín hi u và nhi u pha dao ãng c c b c gi trong gi i h n cho phép) và th hai là có th t c s ch n l c b thu cao h n nhi u. Thu n l i i u tiên có ãng là có th t ãng kho ãng cách gi a **các b chuy n tí p tái sinh** trong các h th ãng nh t quán so v i các h th ãng IM-DD. Tuy nhiên, thu n l i này ã không còn quan tr ãng vì s có m t c a các b khu ch i ãng ãng và các b tí n khu ch i trong các h th ãng IM-DD. i u này có ãng là s quan tâm trong vi c th c thi th ãng m i c a các h th ãng truy n thông quang h c k t h p b m d n, so v i s nh n nh p c a nh ãng ho t ãng này nh ãng n m 1980 tr c s ki n b khu ch i s i quang ãng tin c y và hi u su t cao. Thu n l i th hai có ãng là có th dùng **ghép kênh phân chia t n s quang h c (OFDM)** truy n nhi u kênh quang h c h n v i kho ãng cách t n s r t m nh trên m t s i quang. i u này d n n s t n d ãng hi u qu h n b ãng thông s i quang. Vì c ch n kênh c th c hi n b ãng cách gi phát trong m i n i n. Trong các h th ãng IMDD, s

ghép kênh phân chia b c sóng (WDM) c ng có th c dùng t ng s t n d ng b ng thông s i quang; tuy nhiên, trong tr ãng h p này s ch n l c kênh c th c hi n tr c khi phát hi n dùng các b l c quang h c ho c b tách kênh theo b c sóng. Kho ng cách kênh l n h n nhi u so v i FDM. Trong b t c tr ãng h p nào, vi c dùng các h th ng IMDD c ng v t xa các h th ng k t h p. Vì lý do này, trong ph n còn l i c a sách chúng ta t p trung vào các h th ng IMDD.

6.2 KHOA H C TH ÑNG KÊ V PHÁ T HI N ÁNH SÁNG KHU CH I

Vi c thêm vào phát x t phát (ng h a là nhi u) là m t h qu không th tránh c c a khu ch i ánh sáng. Vi c dùng b l c quang h c t i u ra c a b khu ch i có th gi m áng k n hi u này, tuy nhiên không th tr i t tiêu nó hoàn toàn. Khi tín hi u và nhi u kèm theo c phát hi n b i photodetector, quá trình phát hi n c tr ãng bình ph ãng làm n y sinh các dòng nhi u phách cùng v i t p nhi u h t. Trong phân tích sau ây, d a trên ph ãng pháp c a [5], bi u th c c rút ra cho thành ph n nhi u c a dòng quang i n c t o ra b i tín hi u khu ch i quang h c. V n c n xem xét c bi u di n trong hình 6.3, ây tín hi u phân c c tuy n tính và ASE kèm theo c cho qua m t kính phân c c và b l c quang h c tr c khi phát hi n .



Hình 6.3| (a) Sự phát hiện ánh sáng khuếch đại và ASE. (b) Phổ quang học đầu vào detector. (c) Phổ nhiễu phách dòng quang điện

B l c quang h c có hàm truy n d ng ch nh t v i b ng thông B_0 (Hz) xung quanh b c sóng tín hi u. Photodetector có ph áp ng là R và b ng thông g i - phát hi n B_e . Ch c n ng c a kính phân c c là cho tín hi u phân c c tuy n tính i qua và gi m phân n a nhi u ASE. i u này là do m i photon phát x t phát có th t n t i m t trong hai ch phân c c vuông góc v i nhau (gi s r ng s phân c c không nh y v i s khu ch i quang h c). Nhi u ASE t i detector σ_{ASE} c gi s có m t ph công su t quang h c ng u tr ng thái phân c c n trên b ng thông b l c. Gi thi t này có giá tr khi các b l c quang h c c dùng trong th c t có b ng thông h p h n nhi u so v i b ng thông ph SOA thông th ng. Thành ph n tín hi u c a i n tr ng c a detector có th c bi u di n là

$$E_{sig}(t) = \sqrt{2P_{sig}} \cos(\omega_{sig} t) \quad (6.13)$$

ây P_{sig} và ω_{sig} t ng ng là công su t tín hi u và t n s góc quang h c. Thành ph n ASE c a i n tr ng u vào có th c bi u di n là

$$E_{sp}(t) = \sum_{i=-B_0/2\delta\nu}^{B_0/2\delta\nu} \sqrt{2\sigma_{ASE}\delta\nu} \cos[(\omega_{sig} + 2\pi i\delta\nu)t + \phi_i] \quad (6.14)$$

ây $\delta\nu$ là kho ng t n s nh và ϕ_i là pha ng u nhi ên. Do ó i n tr ng c phát hi n toàn ph n là

$$E(t) = E_{sig}(t) + E_{sp}(t) \quad (6.15)$$

Dòng quang i n cu i cùng theo (6.2) là

$$\begin{aligned} i_d &= R \left\langle \left[E_{sig}(t) + E_{sp}(t) \right]^2 \right\rangle \\ &= R \left[\left\langle E_{sig}^2(t) \right\rangle + 2 \left\langle E_{sig}(t) E_{sp}(t) \right\rangle + \left\langle E_{sp}^2(t) \right\rangle \right] \end{aligned} \quad (6.16)$$

S h ng u tiên v ph i c a (6.16) n gi n là dòng quang i n tín hi u c phát hi n $I_s (= RP_{in})$. Nó là m t quá trình nhi u h t v i ph ng sai

$$\overline{i_{sig-shot}^2} = 2eB_e R P_{sig} \quad (6.17)$$

S h ng th hai v ph i c a (6.16) do s phách c a tín hi u v i ASE. Nó có th c vi t là:

$$i_{sig-sp} = 2R \sqrt{P_{in} \sigma_{sp} \delta\nu} \sum_{i=-M}^M \cos(2\pi i\delta\nu t + \phi_i) \quad (6.18)$$

ây $M = B_0 / (2\delta\nu)$ và các s h ng xung quanh t n s $2\omega_{sig}$ ã c b qua. M i t n s $2\pi i\delta\nu$ trong (6.18) có hai thành ph n v i pha ng u nhi ên. i u này có ngh a là ph công su t c a i_{sig-sp} ng u trong kho ng t n s $[0, B_0/2]$ v i m t ph công su t (A^2/Hz).

$$\sigma_{sig-sp}^2 = 4R^2 P_{sig} \sigma_{ASE} \quad (6.19)$$

Vì th ph ng sai c a dòng nhi u phách tín hi u - t phát là:

$$\bar{i}_{sig-sp}^{-2} = 4R^2 P_{sig} \sigma_{ASE} B_e \quad (6.20)$$

S h ng th ba v ph i c a (6.16) là do s phách c a nhi u t phát v i chính nó và c tính b ng công th c

$$i_{sig-sp} = 2R\sigma_{ASE} \delta v \left\langle \sum_{i=-M}^M \cos(\beta_i) \sum_{j=-M}^M \cos(\beta_j) \right\rangle \quad (6.21)$$

V i

$$\begin{aligned} \beta_i &= (\omega_{sig} + 2\pi i \delta v) t + \phi_i \\ \beta_j &= (\omega_{sig} + 2\pi j \delta v) t + \phi_j \end{aligned} \quad (6.22)$$

Tính (6.21) b qua các s h ng v i t n s xung quanh $2\omega_{sig}$, ta c

$$i_{sp-sp} = R\sigma_{ASE} \sum_{i=0}^{2M} \sum_{j=0}^{2M} c \cos[(i-j)2\pi\delta v t + \phi_i - \phi_j] \quad (6.23)$$

S h ng t i t n s b ng không thu c khi $i=j$. Có $2M$ s h ng nh th nên dòng t phát trung bình là

$$I_{sp} = R\sigma_{ASE} B_0 \quad (6.24)$$

Dòng này là m t quá trình nhi u h t v i ph ng sai

$$\bar{i}_{sig-shot}^{-2} = 2eB_e I_{sp} \quad (6.25)$$

Các s h ng còn l i trong (6.23) có th c s p x p theo t n s c a chúng. S các s h ng t i t n s $l\delta v$ là $2M-l$, ây l là s nguyên n m trong kho ng $-(2M-l)$ n $-l$ và trong kho ng t l n $2M+l$. Các s h ng v i tr tuy t i c a các t n s b ng nhau c ng pha vì v y m t ph công su t m t phía σ_{sp-sp}^2 c a i_{sp-sp} m r ng t 0 t i B_0 v i d ng hình tam giác. B i vì B_0 l n h n nhi u so v i B_e , chúng ta ch c n quan tâm n m t ph công su t g n t n s b ng không vì v y

$$\sigma_{sp-sp}^2 \approx 2R^2 \sigma_{ASE}^2 B_0 \quad (6.26)$$

Vì th ph ng sai dòng nhi u phách t phát - t phát là:

$$\bar{i}_{sp-sp}^{-2} = 2R^2 \sigma_{ASE}^2 B_0 B_e \quad (6.27)$$

Ph ng sai dòng quang i n toàn ph n là t ng c a các ph ng sai dòng nói trên ngh a là

$$\bar{i}_d^{-2} = \bar{i}_{sig-shot}^{-2} + \bar{i}_{sp-shot}^{-2} + \bar{i}_{sig-sp}^{-2} + \bar{i}_{sp-sp}^{-2} \quad (6.28)$$

Trong các b thu th c t , s phân c c c a tín hi u u vào th ng không th bi t c vì v y không th dùng kính phân c c. Trong tr ng h p này, ph ng sai dòng nhi u h t t phát và ph ng sai dòng phách t phát - t phát ph i c nhân ôi. Ph ng sai dòng nhi u phách tín hi u-t phát không b nh h ng vì tín hi u ch có th phách v i nhi u có cùng tr ng thái phân c c nh chính nó.

6.2.1. H s t p nhi u t ng ng v m t i n (electrically equivalent noise figure) c a b khu ch i quang h c

M th s ph m ch th u đ ng c a b khu ch i quang h c là $h s t p nhi u t ng ng v m t i n F$, c nh ngh a là t s gi a các SNR i n u vào và ra c a b khu ch i ngh a là

$$F = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_{out}} \quad (6.29)$$

Các SNR c tính toán b ng cách gi s r ng tín hi u u vào và tín hi u u ra c a b khu ch i c ng ASE c cho i qua b l c quang h c đ i h p tr c khi c phát hi n b i m t photodetector lý t ng (ngh a là hi u su t l ng t b ng 1). Trong tr ng h p này, ch có các s h ng nhi u dòng quang i n c n c tính toán là nhi u h t tín hi u và nhi u phách tín hi u - t phát. N u công su t tín hi u u vào c a b khu ch i là P_{sig} , thì SNR u vào t ng ng v m t i n là

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{in} = \frac{(RP_{sig})^2}{2eB_e RP_{sig}} \quad (6.30)$$

SNR t ng ng v m t i n u ra b khu ch i là

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{out} = \frac{(GRP_{sig})^2}{2eB_e GRP_{sig} + 4R^2 GP_{sig} \sigma_{ASE} B_e} \quad (6.31)$$

ây G là l i khu ch i. L y t s c a (6.30) vào (6.31) ta c

$$F = \frac{1}{G} + \frac{2\sigma_{ASE}}{h\nu G} \quad (6.32)$$

ây v là t n s tín hi u. T (2.24), σ_{ASE} có th c bi u di n là

$$\sigma_{ASE} = n_{sp} h\nu (G-1) \quad (6.33)$$

ây n_{sp} là h s phát x t phát. N u $G \gg 1$ h s t p nhi u tr thành

$$F = 2n_{sp} \quad (6.34)$$

Giá tr c c ti u có th có c a $n_{sp} = 1$, vì v y h s t p nhi u c a b khu ch i quang h c lý t ng b ng hai (ngh a là 3dB). N u b khu ch i có hi u su t ghép u vào η_{in} , h s t p nhi u là

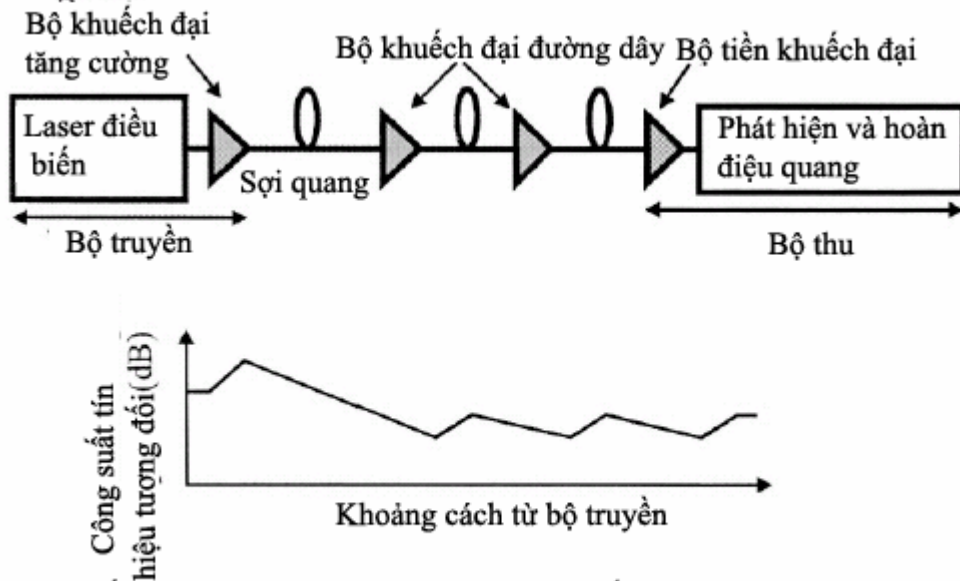
$$F = \eta_{in} \left(\frac{1}{G} + \frac{2\sigma_{ASE}}{h\nu G} \right) \quad (6.35)$$

H s t p nhi u không b suy gi m do các m t mát ghép u ra c a b khu ch i. N u không dùng kính phân c c, h s t p nhi u nh nh t là 6dB và s h ng th hai v ph i c a công th c (6.35) ph i c nhân ôi

6.3. CÁC KH I L ISOA TRONG CÁC M NG QUANG H C

Chú ý r ng chúng ta ã phân tích các tính ch t c a ánh sáng khu ch ai c phát hi n, chúng ta ang v trí khám phá ng đ ng c a SOA nh

những khi cần tích hợp trong các hệ thống truyền thông quang học. Những ứng dụng này được biểu diễn trong hình 6.4 là post-amplifier hoặc bộ khuếch đại tín hiệu, bộ khuếch đại sợi dây và bộ tiền khuếch đại. Điều chính của các bộ khuếch đại quang học cho các ứng dụng như thế là các đặc điểm được liệt kê trong bảng 6.1.



Hình 6.4| Ứng dụng của các SOA như các bộ khuếch đại tăng cường, bộ khuếch đại đường dây và bộ tiền khuếch đại trong các đường truyền quang học

Bảng 6.1. Các yêu cầu đối với bộ khuếch đại quang học trong hệ thống truyền quang học

	Khuếch đại tăng cường	Khuếch đại đường dây	
Độ lợi cao	Yes	Yes	Yes
Công suất đầu ra bão hòa cao	Yes	Yes	Không giới hạn
Chỉ số nhiễu thấp	Không giới hạn	Yes	Yes
Độ nhạy phân cực thấp	Không giới hạn	Yes	Yes
Sự mất mát do chèn thấp	Không giới hạn	Yes	Yes
Bộ lọc quang học	Không cần	Không giới hạn	Yes
Bộ cách ly quang học	Yes	Không giới hạn	Không giới hạn

6.3.1. Bộ khuếch đại tín hiệu

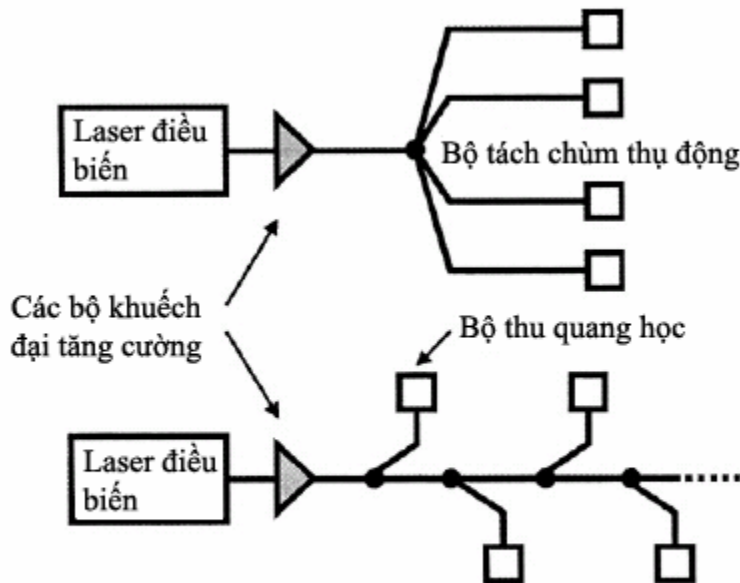
Chức năng của bộ khuếch đại tín hiệu là tăng tín hiệu vào vào công suất tín hiệu cao trước khi truyền. Các ứng dụng chính của bộ khuếch đại tín hiệu được liệt kê trong bảng 6.2. Sự tăng công suất laser trong bộ truyền quang học làm cho có thể xây dựng các ứng dụng dây dài trung bình với khoảng cách truyền ngắn. Những ứng dụng như thế này bao gồm mã số quang giao tiếp và bộ thu. Bởi vì lý do này không liên quan đến các thành phần tích cực trong truyền, tín hiệu và hiệu suất của nó.

Trong các ứng dụng truyền dài, việc dùng các bộ khuếch đại tín hiệu có thể tăng công suất truyền và có thể giảm số bộ khuếch đại

ng dây ho c s b tái sinh c n thi t. Các b khu ch i t ng c ng c ng có ích trong các m ng phân b nh c bi u di n trong hình 6.5, ây có nh ng s m t mát tách l n ho c s dây l l n (taps). Các b khu ch i t ng c ng c ng c n thi t khi òi h i khu ch i ng th i m t s tín hi u u vào t i các b c sóng khác nhau, nh tr ng h p truy n WDM. T i t c bit cao (thông th ng l n h n 2.5 Gb/s), các laser bán d n c i u bi n tr c ti p d b chirp b c sóng. ây b c sóng dao ng laser thay i v i dòng kích thích. Chirp t ng r ng ph hi u d ng c a laser. i u này t ng tán s c s i quang d n n t ng ISI và s suy hao c a h th ng BER. tránh hi u ng này, t i t c bit cao, các laser th ng c i u bi n ngoài. **T n hao do chèn bên trong** c a các b i u bi n ngoài có c bù b ng vì c s d ng các b khu ch i t ng c ng quang h c.

Bảng 6.2. Ứng dụng của các bộ khuếch đại tăng cường quang học

Tăng khoảng cách đường truyền quang học trung bình
Tăng lượng công suất đường truyền quang học dài
Bù cho sự mất mát do tách và tap loss trong các mạng phân phối quang học
Khuếch đại đồng thời các tín hiệu WDM

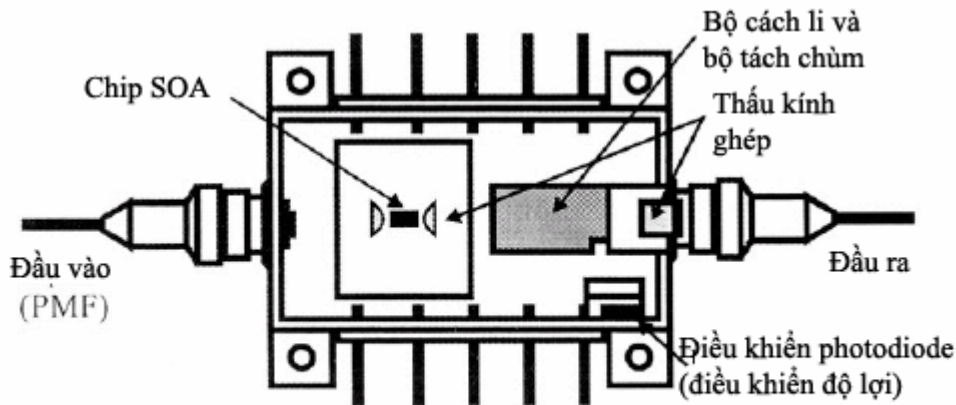


Hình 6|5. Ứng dụng khuếch đại tăng cường trong các mạng phân phối quang

B i vì công su t tín hi u u vào c a b khu ch i t ng c ng th ng cao, b khu ch i ph i có công su t bão hòa u ra $P_{o,sat}$ cao. i u này làm cho có th t c công su t tín hi u u ra c a b khu ch i cao và c ng gi m các hi u ng v n do bão hòa l i. Các hi u ng v n t ng d i khi công su t tín hi u u vào c a b khu ch i và t c bit t ng. M t $P_{o,sat}$ cao c ng c n cho các ng d ng c a b khu ch i t ng c ng trong h th ng truy n WDM [6]. Trong tr ng h p này, c tuy n bão hòa c a b

khu ch i c xác nh b i công su t u vào toàn ph n. i u này là do b n ch t ng nh t c a môi tr ng l i khu ch i. M t $P_{o,sat}$ cao gi m nhi u xuyên kênh. Ph l i b khu ch i r ng c ng c n cho s khu ch i kênh a b c sóng. Các c u trúc SOA có th c dùng th c hi n công su t u ra bão hòa cao c mô t trong ch ng 3.

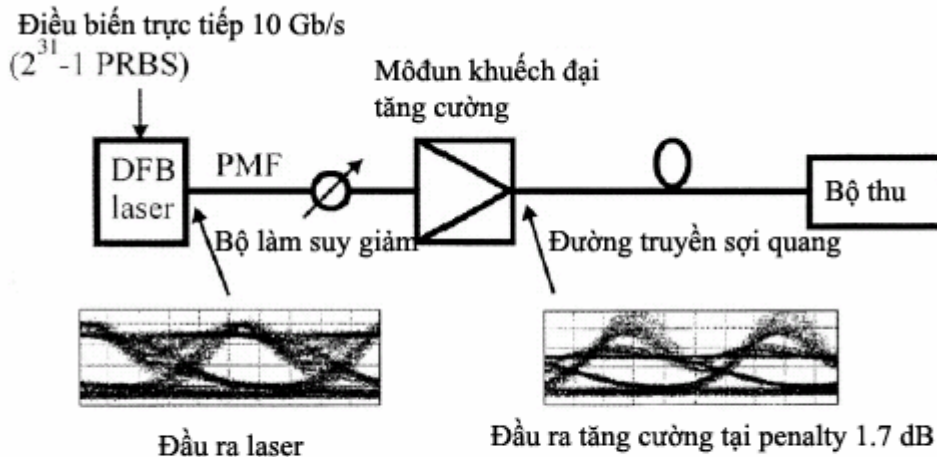
M t mô un SOA t ng c ng i n hình c bi u di n trong hình 6.6[7]. Mô un bao g m m t chip SOA MQW ng d n sóng b vu t c dán trên m t n n có th i u khi n nhi t và ghép quang h c v i các th u kính Aspheric cùng v i b cách li u ra, b l y m u chùm và photodiode i u khi n công su t u ra. *S i quang duy trì s phân c c* (PMF) và s i quang n mode tiêu chu n c dùng cho các k t n i u ra và u vào t ng ng .



Hình 6.6] Cấu trúc của môđun tăng cường SOA (theo [7])

Ví d v vi c s d ng b khu ch i t ng c ng quang h c t ng kho ng cách ng truy n trung bình c bi u di n trong hình 6.7 [8]. Trong phép th h th ng, b truy n bao g m m t laser DFB c i u bi n tr c ti p b i m t *chu i bit gi ng u nhiên* dài (PRBS) $2^{31} - 1$ t i 10Gb/s. B c sóng phát laser là 1310nm, t ng ng v i vùng tán s c trong v t li u c c ti u c a s i quang n mode tiêu chu n. M t module khu ch i t ng c ng quang h c ti p theo laser. SOA c dùng trong module là m t thi t b MQW v i b n gi ng l ng t kéo c ng. l i chirp là 21dB v i công su t u ra bão hòa là 3dB c a 20 dBm. c c ti u hóa các nh h ng c a nh ng ph n x bên ngoài, các b cách ly quang h c c dùng c hai phía SOA. Các b cách ly ch cho qua m t tr ng thái phân c c n. B cách ly u ra c ng chia ôi ASE t b khu ch i. Trong mô un, ánh sáng u vào c t p trung lên b cách ly b ng các th u kính aspheric n làm n y sinh s m t mát do ghép nh h n 2dB. Mô un c ng ch a b làm l nh nhi t i n và m t i n tr nhi t có th i u khi n nhi t c a chip SOA. Các thí

nghi m dùng laser và mô un t ng c ng nói trên v i b thu photodiode p-i-n cho l ng công su t c c i kho ng 26.8dB i v i m t công su t u ra khu ch i t ng c ng trung bình 15.8dB. L ng công su t này b c c u 70km s i quang n mode. Trong thí nghi m th này, ng i ta th y r ng l i nh y b thu do b khu ch i t ng c ng nh h n 1dB n u công su t u ra t ng c ng trung bình c gi th p h n so v i công su t bão hòa 1dB c a nó kho ng 15dBm. L ng công su t c c i thu c t i công su t u ra cao h ng n 1dB. S méo d ng xung i n hình do bão hòa l i ng l ch c t i công su t ho t ng này c bi u di n trong hình 6.7. Khi b t i n khu ch i quang h c c s d ng tr c khi thu nh n , l ng phân ph i công su t t ng 39.4dB cho m t chi u dài không l p l i t i m n ng 100km t i 10Gb/s.



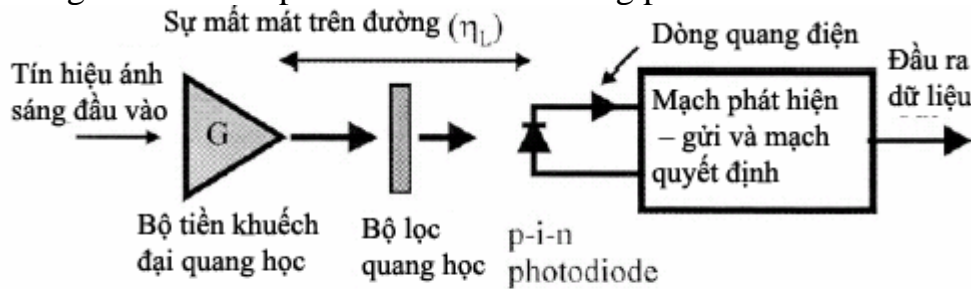
Hình 6.7| Thí nghiệm truyền khuếch đại tăng cường với laser và giảm độ mất đầu ra tăng cường (theo [8] với sự cho phép của IEEE).

6.3.2. B t i n khu ch i

Ch c n ng c a b t i n khu ch i quang h c là t ng m c công su t c a tín hi u n tr c khi nh n ho c gi i i u bi n thông th ng. T ng m c công su t có th t ng áng k nh y b thu và vì v y t ng l ng công su t ng truy n. i u này cho phép các các ng truy n không l p l i dài h n c xây d ng. Các b thu IMDD dùng b t i n khu ch i quang h c nh y h n nhi u so v i b thu IMDD truy n th ng dùng các photodiode p-i-n ho c APD. So v i m t APD , n b khu ch i quang h c phân ph i m t l i l n h n và b ng thông r ng h n. Không có l i ích trong v i c dùng b t i n khu ch i quang h c trong m t b thu k th p vì tín hi u dao ng c c b có th t ng n m c mà hi u su t gi i h n nhi u h t có th t t i.

S c a b thu quang h c s t i n khu ch i c bi u di n trong hình 6.8. B thu bao g m m t b t i n khu ch i quang h c v i l i ng

u G , m t b l c quang h c b ng thông B_0 , m t photodiode p-i-n v i hi u su t l ng t η và ti p theo là m t m ch g i phát hi n b ng thông i n B_e và m t m ch quy t nh. Các b l c i n và quang ph i có b ng thông r ng ít nh t b ng b ng thông tín hi u i u bi n tránh méo tín hi u. B l c quang h c gi m phát x t phát n detector d n n gi m s ph thu c c a ASE vào dòng nhi u. N u tr ng thái phân c c c a tín hi u ánh sáng n c bi t, kính phân c c có th c chèn vào gi a b t i n khu ch i và detector. Kính phân c c cho tín hi u khu ch i i qua nh ng lo i b ASE phân c c vuông góc. i u này c i ti n nh y b thu 3 dB trong gi i h n nhi u phách tín hi u - t phát. Tuy nhiên tr ng thái phân c c c a tín hi u ánh sáng th ng không bi t c. Các m ch g i-phát hi n khu ch i và x lý dòng quang i n t detector. Các lo i x lý g i-phát hi n i n hình nh t là “integrate and dump” c th o lu n trong ph n 6.11.



Hình 6.8] Bộ thu quang học tiền khuếch đại.

Trong m t b thu quang h c không có b t i n khu ch i, dòng nhi u quang i n chỉ m u th là nhi u m ch. Nhi u này th ng l n h n m t n hai b c v l n so v i gi i h n nhi u h t c a b thu. Trong m t b thu quang h c IMDD ti n khu ch i v i b ng thông quang h c d i h p, dòng nhi u quang i n chỉ m u th là nhi u phách tín hi u t phát. Gi s r ng l i khu ch i $G \gg 1$, t s tín hi u trên nhi u c a b thu (6.31) là

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{out} = \frac{P_{sig}}{4n_{sp}h\nu B_e} \quad (6.36)$$

Nh ng c i ti n i n hình trong SNR so v i b thu truy n th ng l n h n 10dB. D ng c a (6.36) ch ra r ng, trong gi i h n nhi u phách tín hi u - t phát, b thu SNR không ph thu c vào c l i khu ch i và b ng thông b l c quang h c.

C ng có m t s suy hao trên ng truy n η_L gi a b t i n khu ch i và detector. i u này ch y u là do s m t mát b l c quang h c và hi u su t ghép n detector quang h c. S m t mát do ghép này s không d n n b t kì s suy hao nào trong hi u su t c a b thu m i n là tích $G\eta \gg 1$. i u này phù h p t t v i b thu truy n th ng trong ó l i công su t b ng v i s

m t mát do ghép. Phân tích chi ti t h n v b thu ti n khu ch i quang h c c c p trong [9-12].

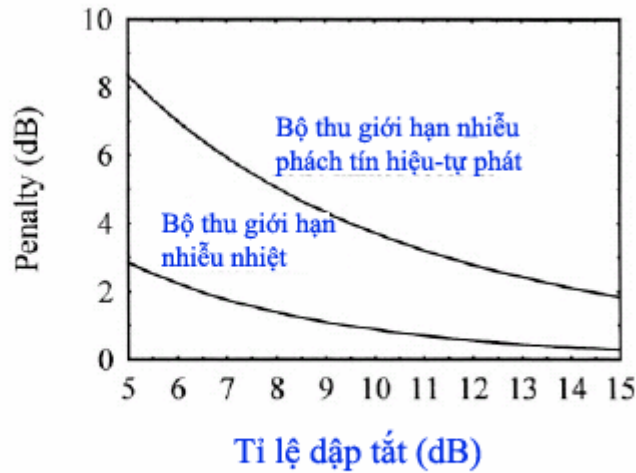
L I CÔNG SU T ĐO T S T T QUANG XÁC NH

Trong các h th ng th c t ngu n quang h c diode laser th ng c phân c c trên ng ng m b o ho t ng v n t c cao và gi m chirp laser. i u này có ngh a là m t s công su t quang h c s c a vào trong không gian c a dòng bit quang h c c truy n, ngh a là t s t t quang h c không vô h n. i u này đ n n l i công su t c a b thu. L i công su t trong tr ng h p này c nh ngh a là s chênh l ch dB gi a các công su t tín hi u cho các BER gi ng nhau i v i t s t t quang xác nh và không xác nh r. L i là :

$$penalty = \begin{cases} 10 \log \left[\frac{(r+1)}{(r-1)} \right] \\ 10 \log \left[\frac{(r+1)(\sqrt{r}+1)}{(r-1)(\sqrt{r}-1)} \right] \end{cases} \quad (6.37)$$

L i c v trong hình 6.9 nh hàm s theo r. L i nh h n 1dB c n $r > 10$ dB trong tr ng h p b thu b gi i h n nhi u nhi t và $r > 20$ dB trong tr ng h p b thu b gi i h n nhi u tín hi u-t phát. Tuy nhiên s nh y n n c a b thu sau cao h n cái tr c. Trong b thu ti n khu ch i quang h c, s suy hao t s t t quang h c ch y u là do s bão hòa l i khu ch i.

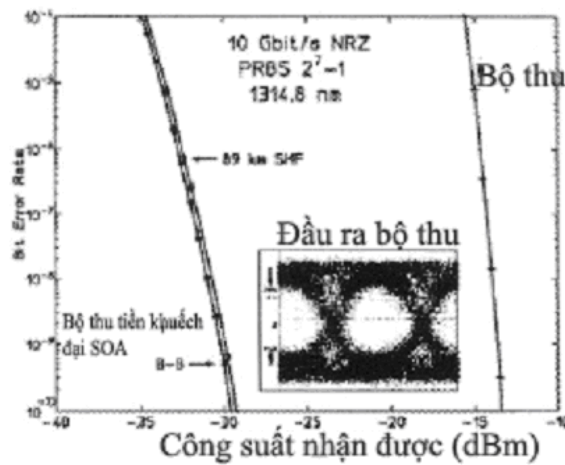
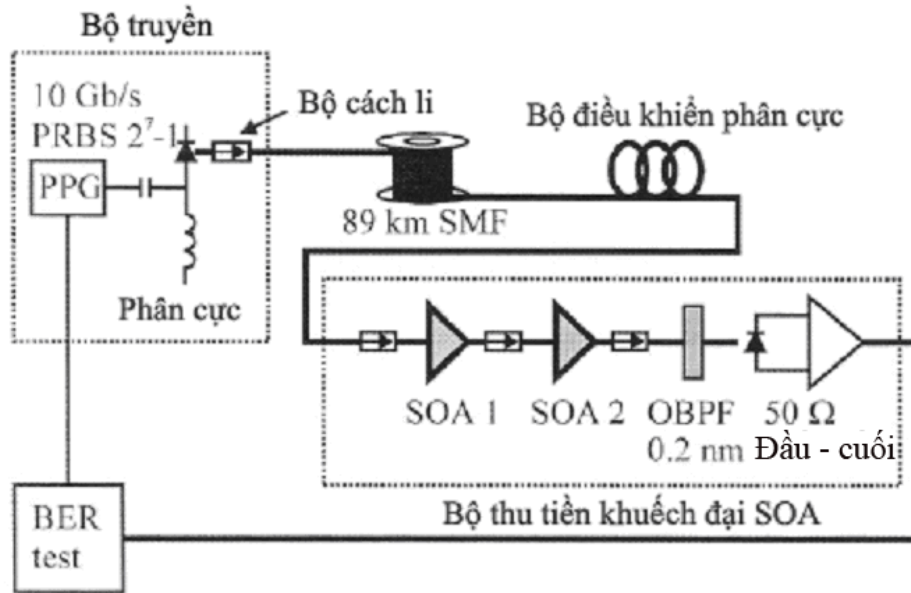
Minh h a thí nghi m truy n dùng các b ti n khu ch i quang h c c bi u di n trong hình 6.10 [14]. Thí nghi m dùng c a s s i quang 1300 nm thu c s truy n t do g n tán s c 10Gb/s. H th ng òi h i l ng công su t l n h n s úng trong vùng 1550nm do s m t mát s i quang t ng. Laser truy n c i u bi n 10Gb/s biên d ng đ li u $2^7 - 1$ PSBS NRZ. Đ li u có th i gian t ng và gi m t ng ng là 38ns và 72ns v i t s t t quang h c 7.8dB. B thu quang h c bao g m m t b khu ch i u cu i quang h c 50Ω và b khu ch i i n đ i r ng c ghép xoay chi u. B ng thông i n c a b khu ch i là 10.6GHz. Nó t ng ng v i nh y là -13.7dBm t i 10Gb/s i v i BER b ng 10^{-9} . t ng c ng nh y c a b thu, s c a hai b ti n khu ch i ghép t ng SOA MQW 1310nm v i b l c đ i qua quang h c t t i b c sóng tín hi u tr c khi nh n. l i ghép t ng toàn ph n c a hai b khu ch i là 26.8 dB v i nh y phân c c là 3.4 dB. S hi n di n c a b cách ly quang h c gi a hai b khu ch i c i ti n hi u su t bão hòa l i so v i m t b khu ch i cùng l i. B cách ly th hai ng n ph n x t b l c quang h c ghép v i SOA th hai. Dùng b l c quang h c b ng thông 0.2nm nh y t t nh t thu c là -30dBm. Các liên k t truy n c g p 89 km s i quang n mode truy n th ng v i s m t mát toàn ph n là 34dB và b c sóng tán s c b ng không t i 1305nm. B c sóng tín hi u là 1314.8ns, làm n y sinh l i b thu nh 0.3dB.



Hình 6.9| Penalty công suất bộ thu quang học theo tỉ số dập tắt tín hiệu

6.3.3.B khu chế tạo sợi quang và các thành phần khu chế tạo

Trong các hệ thống truyền thông quang học hiện nay, các bộ khu chế tạo sợi quang sử dụng bù mất mát trong sợi quang do đó khi cần phải cần chú ý tái tạo quang học. Ưu điểm chính trong các SOA sợi quang là: trong suốt với các điều kiện và hình thức sử dụng (trong chế độ không bão hòa và tái tạo bit cao), tính hai chiều, khả năng WDM, chi phí thấp, dễ dàng tích hợp, tiêu thụ công suất thấp và gọn nhẹ. Hai ưu điểm sau đây là quan trọng vì các thành phần quang học rất xa.

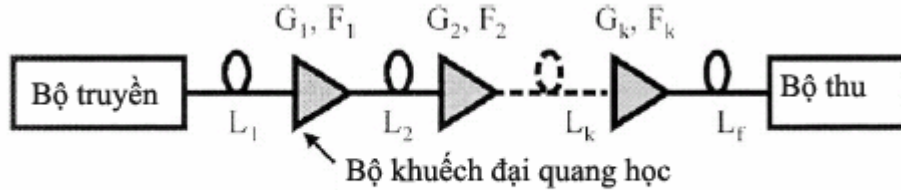


Hình 6.10| Thí nghiệm truyền 89 km dùng hai bộ tiền khuếch đại SOA và hiệu suất BER của bộ thu tiền khuếch đại SOA 10 Gbit/s 1310 nm. Giảm độ mất bộ thu được biểu diễn cho công suất quang học thu được -29.8 dBm cho một BER $6.3 \cdot 10^{-9}$. OBPF: Bộ lọc dải qua quang học, PPG: Bộ tạo dạng xung

H s t p nhi u c a m t t ng khu ch i

H s ph m ch t t t cho m t t ng khu ch i quang h c là h s t p nhi u toàn ph n F_{tot} t i u r a c a b khu ch i c u i c ùng trong ãng truy n. tính F_{tot} , hãy xét t ng khu ch i trong hình 6.11, nó bao g m k b khu ch i v i l i G_i (k c m t mát do ghép) và ch s nhi u $F_i (i=1...k)$ c tách nhau b i các ãng truy n s i quang v i m t mát L_i . H n n a, gi s r ng b l c d i h p c t p trung t i b c sóng tín hi u c a vào t i m i u r a c a b khu ch i v i v y h th ãng ho t ãng trong gi i h n nhi u

phách tín hiệu u-t phát. Ph thu c vào chi u dài c a ng truy n cu i cùng, SNR th c s c a b thu có th là nhi u phách tín hiệu u-t phát ho c nhi u m ch b thu b gi i h n. M i b khu ch i c gi s là ho t ng trong ch không bão hòa.



Hình 6.11 | Đường truyền sợi quang với các bộ khuếch đại ghép tầng

H s t p nhi u toàn ph n sau b khu ch i th k là

$$F_{tot} = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_{out}} = \frac{F_1}{L_1} + \frac{F_2}{L_1 G_1 L_2} + \dots + \frac{F_k}{\left(\sum_{i=1}^k L_i G_i\right) L_k} \quad (6.38)$$

ây $(S/N)_{in}$ và $(S/N)_{out}$ t ng ng là các SNR c a u vào và u ra c a t ng khu ch i. N u chúng ta xét tr ng h p khi $L_i=1$, ngh a là s khu ch i t ng h p c a l i tín hiệu u toàn ph n $G_{tot} = kG$, c t o ra b i m t chu i c a b khu ch i nh h n v i l i G b chia tách b i các b l c quang h c d i h p, thì

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_2}{G} + \dots + \frac{F_k}{G^k} \quad (6.39)$$

B i u th c này ch ra r ng b khu ch i l i cao, nhi u th p có th c t o ra b ng cách k th p m t b khu ch i t ng u tiên nhi u th p và t i p theo sau là các b khu ch i công su t u ra bão hòa cao. K thu t này c b i th u d ng khi xây d ng các b t i n khu ch i quang h c nhi u th p nh trong thí nghi m truy n trên trong ó b cách ly gi a hai SOA ho t ng c i t i nh s t p nhi u c a b khu ch i u tiên và t ng công su t u ra bão hòa c a b khu ch i th hai.

N u chúng ta t i p t c xét tr ng h p ch c n ng c a m i b khu ch i trong t ng là bù cho s m t mát c a s i quang phía tr c, ngh a là $G_i L_i = 1$, thì t (6.38) h s t p nhi u toàn ph n c a t ng là

$$F_{tot} = \sum_{i=1}^k G_i F_i \quad (6.40)$$

N u t t c các G_i và L_i b ng nhau thì

$$F_{tot} = kGF \quad (6.41)$$

i u này có ngh a là m i b khu ch i óng góp ngang nhau vào h s t p nhi u toàn ph n c a h th ng. N u bi t SNR cho phép t i b thu thì s b khu ch i ghép t ng c c i k_{max} có th c xác nh. Kho ng cách truy n không l p l i c c i b ng $k_{max}l$ ây l là kho ng cách gi a các b khu ch i liên ti p nhau. t i a hóa kho ng cách truy n c n ph i có các b khu ch i công su t u ra bão hòa cao, nhi u th p.

Trong m t ng truy n không có các b khu ch i ng dây, SNR nh m t hàm theo kho ng cách z t b truy n là [16],

$$SNR(z) = \frac{P_s^2 e^{2\alpha_f z}}{\left(2eB_e P_s e^{\alpha_f z} + \frac{4kTF_e B_e}{R_L} \right)} \quad (6.42)$$

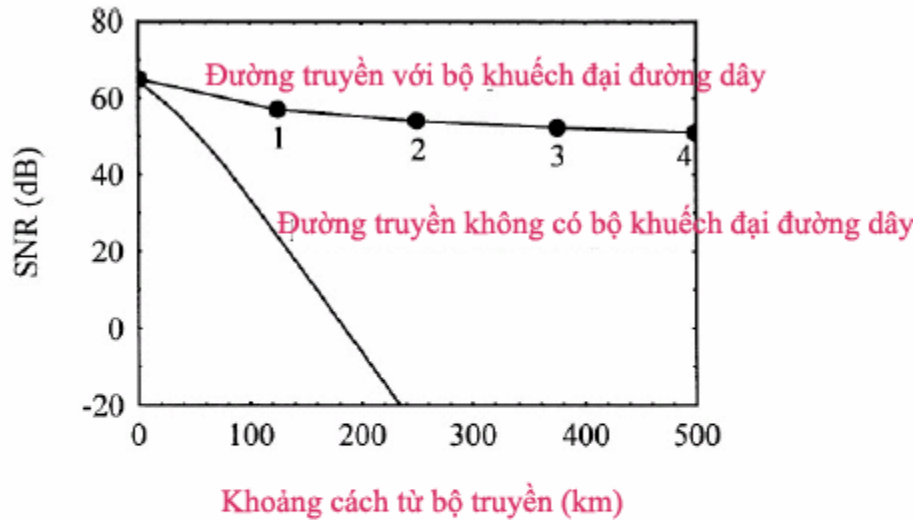
Trong (6.42) gi s r ng detector có hi u su t l ng t b ng m t. S h ng th nh t và th hai m u c a (6.42) t ng ng là nhi u h t tín hi u và nhi u nhi t b thu. F_e là h s t p nhi u c a b thu, B_e là b ng thông i n, R_L là tr kháng t i c a photodetector và α_f là h s m t mát c a s i quang. Hình 6.12 bi u di n SNR c a ng truy n khu ch i quang h c th c t nh m t hàm theo kho ng cách so v i ng truy n không khu ch i. SNR c a ng truy n khu ch i quang h c gi m r t ch m theo kho ng cách, ng c l i SNR c a ng truy n không khu ch i gi m r t nhanh. Trong tr ng h p này, kho ng cách c c i có th c chuy n t i b i m t ng truy n không khu ch i sao cho BER t i b thu nh h n 10^{-9} i v i d li u NRZ là 145km. i v i ng truy n khu ch i, n u SNR là h s duy nh t c tính n, kho ng cách truy n toàn ph n có th không xác nh. Trong th c t, các h s khác ch ng h n nh bão hòa b khu ch i do ASE, tán s c s i quang (c bi t là tán s c), các hi u ng phân c c và s phi tuy n s i quang gi i h n kho ng cách có th có gi a các b tái sinh.

S BẢO HÒA NHI U TRONG M T CHU I KHU CH I

khía c nh thi t k, i u áng quan tâm nh t trong các chu i khu ch i là s bão hòa l i do tích l y c a nhi u khu ch i. S bão hòa khu ch i gây ra s óng kín trong th m t h th ng d n n s t ng BER. Chúng ta xét chu i b khu ch i c a 6.11 v i k b khu ch i gi ng nhau v i l i là G cách nhau b i chi u dài m t mát s i quang là L, ây $GL=1$. Thêm vào ó, ng i ta c ng gi s r ng các b l c quang h c c a vào u ra c a m i b khu ch i. Các b l c c gi s r ng có áp ng ch nh t lý t ng c t t i b c sóng tín hi u. Công su t nhi u u ra toàn ph n t b khu ch i th k là

$$N_k = 2kn_{sp} l v \eta_{out} \left(\frac{G}{\eta_{in} \eta_{out}} - 1 \right) B_0 \quad (6.43)$$

ây η_{in} và η_{out} t ng ng là h s m t mát ghép u vào và u ra. M t công th c t ng t áp d ng cho nhi u truy n theo h ng ng c l i. Nhi u truy n v phía sau này có th c tri t tiêu dùng các b cách ly. Tuy nhiên dùng các b cách ly không cho phép s truy n theo hai h ng và vì v y c ng lo i tr vì c dùng các k thu t phát hi n l i ch ng h n nh phép o ph n x mi n th i gian quang h c.



Hình 6.12| SNR theo khoảng cách trong đường truyền sợi quang. Các tham số đường truyền là: sự tắt dần sợi quang: 0.2 dB/km, công suất tín hiệu truyền khởi chạy 1 mW, độ lợi khuếch đại 25 dB và chỉ số nhiễu của bộ khuếch đại 8 dB. Các tham số bộ thu là: trở kháng tải 1 kilo ohm, nhiệt độ 300 K và băng thông điện 1 GHz. Trong trường hợp đường truyền khuếch đại quang học, tín hiệu và ASE được cho qua một bộ lọc quang dải hẹp trước khi nhận. Các bộ khuếch đại được đặt cách nhau một khoảng sao cho độ lợi khuếch đại bù chính xác với mất mát sợi quang trước.

Nhi u c ng có th c gi m áng k b ng cách dùng các b l c quang h c d i h p. Tuy nhiên, n u b ng thông b l c quá h p, b ng thông quang h c c a h th ng b gi i h n vì v y ng n c n s t ng c ng s c ch a dùng công ngh WDM.

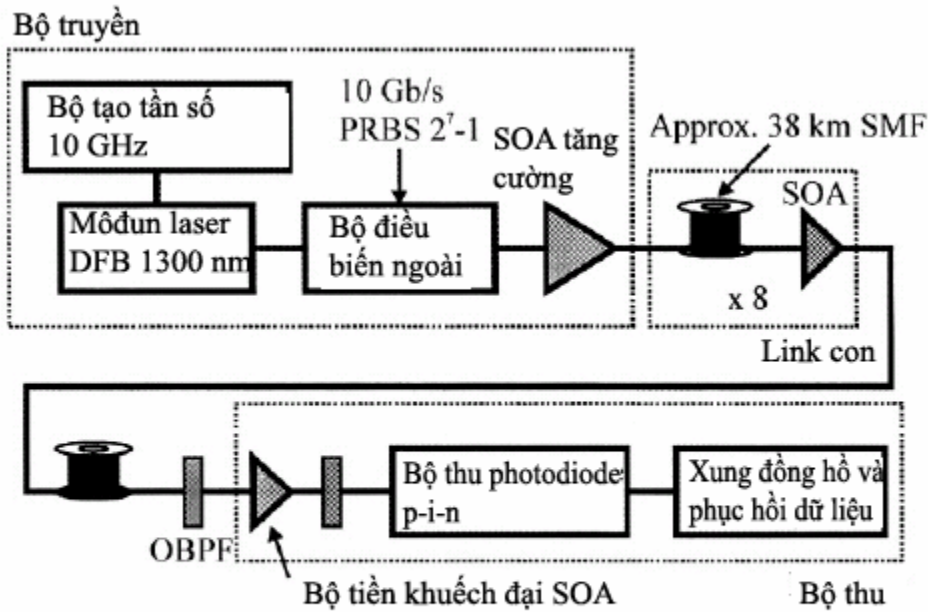
tránh s suy hao nghiêm tr ng hi u su t c a h th ng, công su t nhi u u ra toàn ph n t m i b khu ch i trong chu i ph i nh h n công su t u ra bão hòa c a b khu ch i $P_{o,sat}$. Vì th , s b khu ch i c c i c ghép trong ng truy n t vì c xem xét bão hòa l i là:

$$k_{max} = \frac{P_{o,sat}}{2n_{sp} h\nu \eta_{out} \left(\frac{G}{\eta_{in} \eta_{out}} - 1 \right) B_0} \quad (6.44)$$

Nh m t ví d , hãy xét m t t ng các SOA ho t ng trong vùng 1550nm v i các tham s nh sau : l i s i -s i 25dB, m t mát do ghép u vào và u ra 3dB và công su t u ra bão hòa 5dBm. N u m t b l c

quang h c d i qua b ng thông 10nm c dùng t i u ra c a m i b khu ch i và gi s r ng bão hòa do tín hi u truy n có th b qua, thì dùng (6.44) s b khu ch i ghép t ng c c i là 15. nh h ng chính xác c a nhi u SOA trên hi u su t h th ng ph thu c vào các tham s khác nhau ch ng h n nh t s t t quang h c, chirp, d ng i u bi n, t c bit và thi t k b thu.

M t thí nghi m truy n d n n kênh minh h a vi c dùng các SOA ng dây c bi u di n trong hình 6.13 [17]. B truy n bao g m m t laser DFB 1309nm c i u bi n tr c ti p v i b tái sinh t n s 10GHz t o ra m t chu i các xung v i r ng to àn ph n n a c c i là 40ps. T i 1309nm, s tán s c s i quang nh và kho ng cách truy n c c i ch y u b gi i h n do s suy gi m s i quang. u ra laser c k t n i v i b i u bi n LiNiO₃. u vào i n c a b i u bi n là $2^{31}-1$ PRBS t o ra m t dòng d li u quang h c RZ v i t s t t là 13dB. SOA MQW t ng c ng c dùng t ng công su t truy n trung bình t 0 n 2dBm. Chi u dài truy n là 420km v i 12 SOA MQW ng dây, c dùng bù cho m t mát s i quang t cách nhau 38km. Các b cách ly không ph thu c phân c c c dùng t i u ra c a m i b khu ch i. Các b l c d i qua quang h c không c dùng d c theo ng truy n s i quang. T i b thu, tín hi u c khu ch i b i m t b t i n khu ch i quang h c, gi ng v i các b khu ch i ng dây và c l c b i m t b l c quang h c d i qua 1nm. Sau ó tín hi u c phát hi n b i m t photodiode PIN c theo sau b i m t xung ng h i n và m ch ph c h i d li u. B t i n khu ch i quang h c v à b l c t ng nh y c a b thu t -14dBm t i -31dBm. L i b thu sau 420km là 5dB. Trong thí nghi m này, gi i h n chính trên kho ng cách truy n là s tích l y ASE trong b ng thông b l c quang h c.



Hình 6.13 | Thí nghiệm truyền RZ, 10 Gbit/s trên 420 km tại 1309 nm. Các SOA đường dây cách nhau một khoảng 38 km. OBPF: Bộ lọc dải qua quang học

S. TRUYỀN WDM

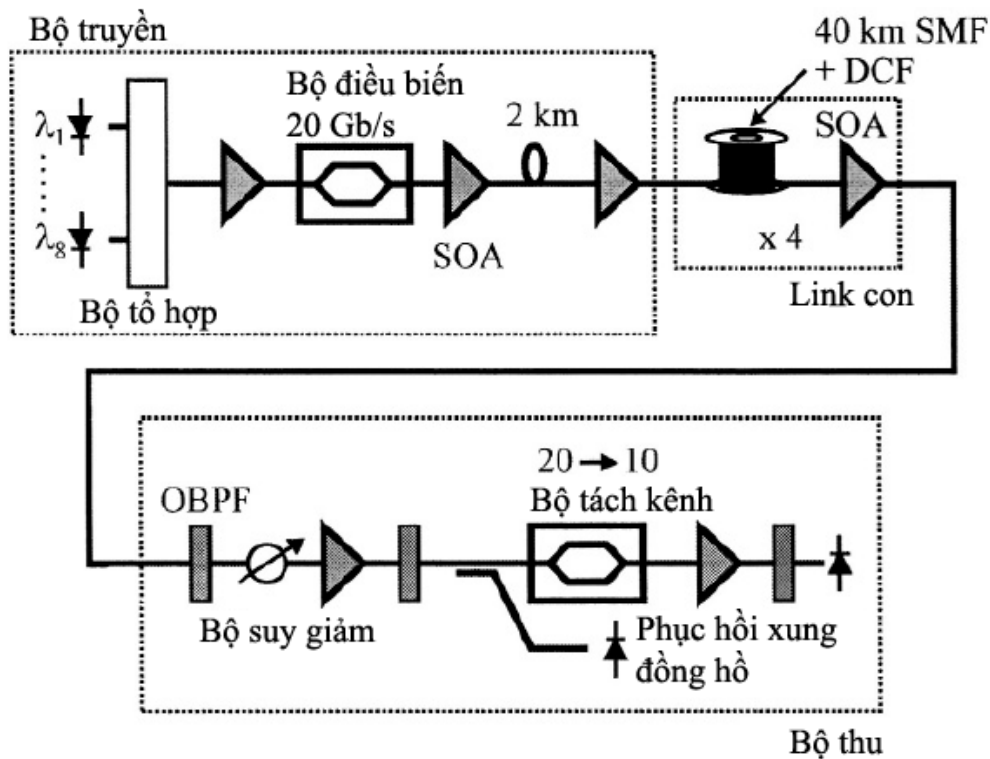
S. truyền WDM có thể dùng cùng một sợi cáp quang để truyền các tín hiệu quang học. Vì các SOA có băng thông lớn, chúng có thể truyền đồng thời nhiều kênh sóng. Để tránh sự bão hòa của kênh, công suất tín hiệu vào phải nhỏ hơn công suất vào bão hòa $P_{i,sat}$, nghĩa là

$$\sum_{k=1}^N P_{k,in} < P_{i,sat} \quad (6.45)$$

ở đây N là số kênh sóng truyền và $P_{k,in}$ là công suất tín hiệu vào của kênh k và λ_k là bước sóng của kênh k .

Ví dụ thí nghiệm truyền WDM được biểu diễn trong hình (6.14)[18]. Hệ truyền bao gồm 8 laser bước sóng ngoài kết nối với nhau qua một bộ ghép 8:1. Các kênh sóng nằm trong khoảng 1558nm đến 1570nm với khoảng cách giữa các kênh là 200 GHz. Các kênh có công suất ngoài tới 20Gbit/s bằng một PRBS $2^{13}-1$ và được cho qua một sợi quang mode dài 2km để tạo ra các đơn vị bit. Ba SOA tăng cường (thiết bị vùng hoạt tính InGaAsP bán dẫn) được kết nối với công suất vào bão hòa 12dBm để dùng bù cho mất mát của bộ ghép và mất mát của sợi quang. Các liên kết truyền bao gồm bốn kênh truyền sợi quang mode 40km để khuếch đại bao gồm sợi quang bù tán sắc. Mất mát bước sóng (span loss) là 13dB. Những lợi ích của khuếch đại

dây t i 1530nm. l i có s n 12 n 14dB t m i b khu ch i thích h p bù cho s m t mát ng truy n. B thu bao g m hai b t i n khu ch i SOA gi a chúng tín hi u c phân kênh n 10Gbit/s b i m t b i u bi n LiNiO₃. D li u c phân kênh sau ó c phát hi n b i diode p-i-n. Dùng s ch nh t ng, m t SNR quang h c 24dB (trong b ng thông phân gi i 0.1nm) thu c cho t t c các kênh. T t c các kênh có th a s phát hi n Q n m trong kho ng 17 n 18dB t ng ng v i BER < 3.10⁻¹³. Hình 6.15 bi u di n s ph thu c th a s Q vào công su t phóng toàn ph n (total launched power). SNR b suy hao t i công su t phóng (launched power) th p do ASE và t i công su t phóng cao do ISI và nhi u xuyên kênh do s t i u bi n l i (hi u ng vân c a kênh) và nhi u xuyên kênh.

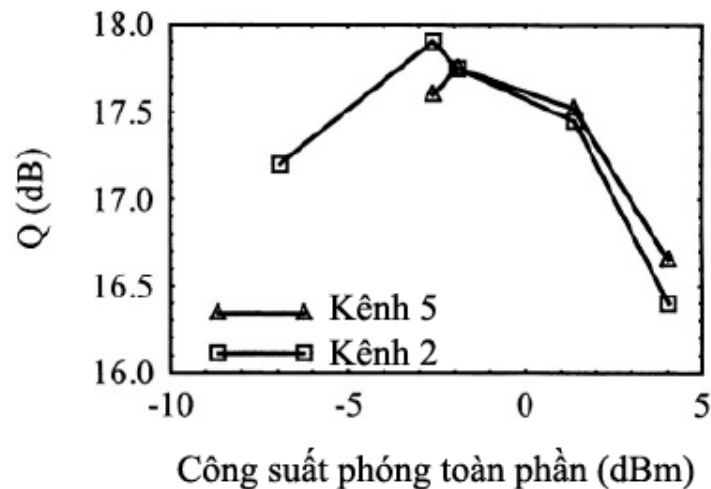


Hình 6.14. Thí nghiệm truyền DWDM 8 kênh. DCF: Sợi quang bù tán sắc

S GI M NHI U XUYÊN KÊNH

Nhi u xuyên kênh có th tránh c b ng cách cho SOA ho t ng trong vùng tín hi u nh . Tuy nhiên, các b khu ch i c n ho t ng trong ch bão hòa t c hi u su t và công su t u ra cao. Các k thu t khác nhau ã c nghiên c u gi m nhi u xuyên kênh[19-23]. M c tiêu chính c a nh ng ph ng pháp này là c c t i u hóa s thay i trong m t h t t i i n c a b khu ch i. Các SOA k p ch t l i (ch ng 3) có th c dùng cho m c ích này [19-20].

Trong [21], k thu t ghép kênh phân c c c dùng gi m nhi u xuyên kênh WDM trong các SOA. Trong ph ng pháp này, c bi u di n trong hình 6.16(a), hai ngu n laser c tách thành hai dòng r i sau ó c i u bi n b i tín hi u d li u và ph n b sung c a nó. S phân c c c a tín hi u c i u ch nh vuông góc v i nhau. R i sau ó tín hi u c ghép kênh v i s trì hoãn thích h p sao cho t ng vect c a hai dòng có giá tr không i trong khi c khu ch i. T i cu i b thu, các dòng phân c c riêng c tách kênh và công su t c a m t trong nh ng tr ng thái c t i u hóa phát hi n và ph c h i d li u. K thu t này đ n n s c i ti n l n trong hi u su t c a h th ng nh c bi u di n trong các s m t c a hình 6.16(b).



Hình 6.15. Thừa số Q theo công suất phóng toàn phần (bao gồm ASE) tại cuối đường truyền 160 km của hình 6.14.

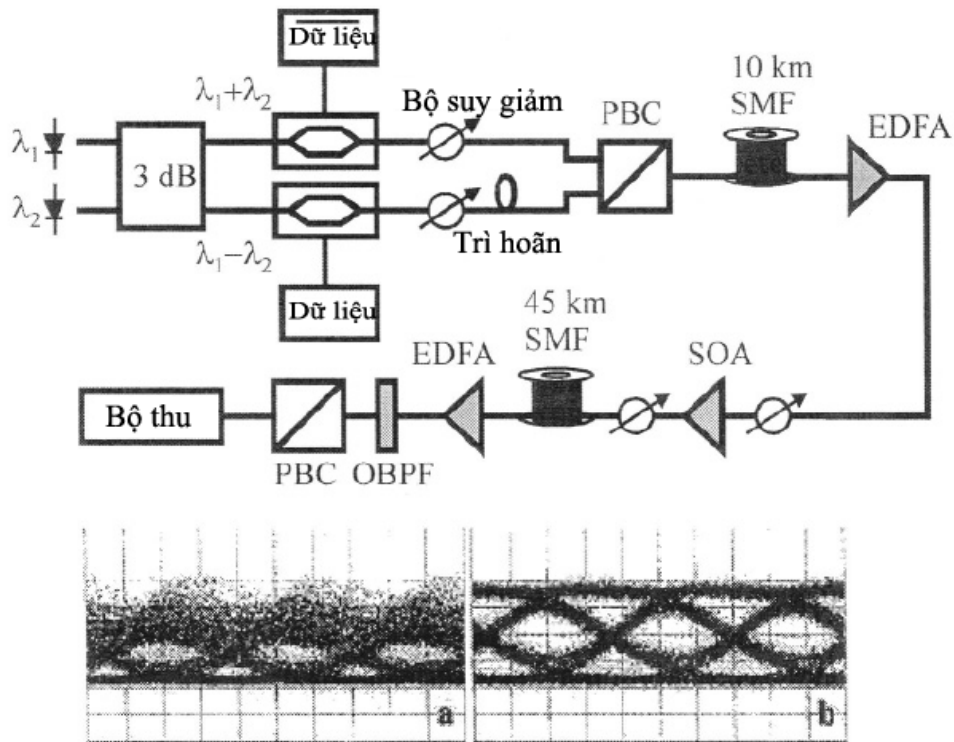
M t k thu t khác c dùng gi m nhi u xuyên kênh là h i ti p v phía tr c. Trong ph ng pháp này, m t h t t i i n c a SOA c gi giá tr không i b ng cách i u khi n thi t b v i dòng phân c c không i và tín hi u t l v i t ng trì hoãn và t ng có tr ng s c a các dòng i u khi n i n c a diode laser ngu n tín hi u. Nh ng k thu t trên t ng i ph c t p và không mang l i nhi u l i ích.

Trong [23], s truy n 32 kênh DWDM qua ba SOA ng dây t c mà không òi h i i u khi n l i c b . i u này ã c th c hi n có th do ba y u t : (a) T i u hóa nh y b thu b ng i u ch nh ng ng phát hi n c a b thu. (b) Nh ng dao ng trong công su t u vào toàn ph n c a b khu ch i gi m khi s kênh b c sóng truy n t ng. i u này là do dòng d li u c mang trên m i kênh không t ng quan, vì v y m t h t t i i n c a b khu ch i ch ph thu c vào s thay i công su t tín hi u

u vào toàn phần m t cách ch m ch p. (c) M t kênh ch a ngoài (không i u bi n) c truy n cùng v i nh ng kênh c i u bi n t i tiêu nh ng hi u ng bi n ng v công su t.

6.3.4. Các SOA trong truy n t ng t

Nói chung, các h th ng truy n t ng t có s ràng bu c ch t ch h n nhi u so v i các h th ng s , i u ó ã gi i h n ng đ ng c a các SOA trong nh ng m ng này [24]. Nh trong tr ng h p truy n s , nh ng hi u ng suy hao ch ng h n nh : méo tín hi u và méo gi a các l n i u ch có th gi m b ng cách cho SOA ho t ng ch không bão hòa [25], s đ ng các thi t b k p ch t l i [26] ho c nh ng k thu t i u khi n l i nh c th o lu n trên.



Hình 6.16| Trên: Bố trí thí nghiệm kỹ thuật ghép kênh phân cực dùng để giảm nhiễu xuyên kênh trong các SOA. Dưới: Giản đồ mắt sau khi khuếch đại bằng SOA khi có (trái) và không có (phải) ghép kênh phân cực. PBC: Bộ tổ hợp chùm phân cực.

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