

**GENERASI SELANJUTNYA NON-ZERO DISPERSION SHIFTED OPTICAL
FIBER “PURE METRO” UNTUK DWDM
DAN FULL SPECTRUM CWDM SYSTEMS**

Shinya TAKAOKA, Fumiyoshi OHKUBO, Kouichi UCHIYAMA, Kazuki KINUTAKE,
Chonde TEI, Takatoshi KATO, Toshiaki OKUNO, Masatoo TANAKA dan Hiroshi
TAKAYANAGI

Abstrak

Teknologi fiber optik mendukung kehidupan informasi sehari-hari dimana dapat di-akses berbagai jenis informasi berisi seperti gambar berwarna dan gambar bergerak. Salah satu kunci teknologi penting dari perkembangan sistem fiber optik adalah Wavelength Division Multiplexing (WDM). Sekarang ini aplikasi dari teknologi WDM telah meluas tidak hanya untuk jaringan jarak jauh, tapi juga untuk jaringan jarak menengah seperti pada area metropolitan. Untuk meningkatkan kapasitas jaringan dengan jarak transmisi lebih jauh, sistem Dense WDM (DWDM) telah dikembangkan terutama untuk sistem jarak jauh dan Coarse WDM (CWDM) sudah baru dikembangkan untuk jaringan jarak menengah yang tidak mahal, dimana sangat diperlukan untuk jaringan metropolitan. Tulisan ini melaporkan karakteristik dan kinerja transmisi dari perkembangan baru Non-Zero Dispersion Shifted Fiber (NZ-DSF), “Pure Metro” cocok untuk DWDM dan sistem CWDM full spectrum.

1. Latar Belakang Dari Perkembangan PureMetro

Sistem DWDM telah dikembangkan untuk meningkatkan kapasitas transmisi dengan kecepatan bit transmisi per saluran dan mempersempit *channel spacing*-nya. Untuk mengatasi kebutuhan teknologi ini, sistem DWDM saat ini memerlukan *high-end components* seperti *wavelength-locked LD (Laser Diode)* dan *high performance dispersion compensating fiber module (DCFM)* untuk mengatur hasil sinyal masing masing secara tepat.

Satu hal yang kontradiksi, CWDM mengajukan konsep sistem yang berbeda daripada DWDM. Untuk arsitektur jaringan yang murah dengan keterbatasan jarak transmisi, sistem CWDM memanfaatkan sinyal optik yang memiliki *channel spacing*

yang lebih lebar (biasanya 20 nm) dikompensasikan dengan penggunaan *high-end optical component*.

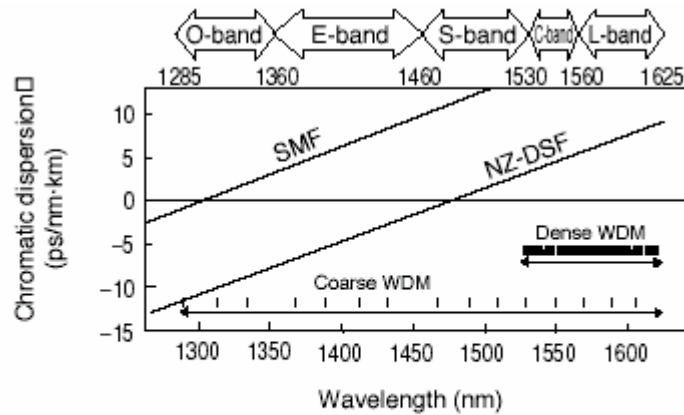


Fig. 1. Chromatic dispersion characteristics and Examples of channel spacing for each WDM

Dengan mengatur *channel spacing* yang lebih lebar tersebut, degradasi sinyal dapat ditekan dengan mengabaikan *drift* panjang gelombang yang muncul dari penggunaan *un-cooled DFB-LD* atau transmisi disekitar *zero dispersion wavelength*. Padahal, fiber memerlukan rentang yang lebih lebar dari *low dispersion* dan karakteristik *low attenuation* khususnya untuk implementasi full spectrum CWDM.

2 Konsep Desain Dari PureMetro

2-1 Optimasi Dari Karakteristik Dispersi Khromatik

Daerah panjang gelombang dari 1530 nm sampai 1565 nm (*C-band*) telah digunakan sebagai *bandwidth* transmisi WDM pertama kali. Dengan permintaan untuk kapasitas transmisi yang lebih besar, panjang gelombang dari 1565 nm sampai 1625 nm (*L-band*) dan dari 1460 nm sampai 1530 nm (*S-band*) digunakan untuk sistem DWDM. Untuk jaringan jarak menengah, bagaimanapun juga, 1310 nm (*O-band*) masih merupakan panjang gelombang mayoritas yang digunakan saat ini dan diharapkan menjadi salah satu *bandwidth* operasional utama untuk sistem CWDM. Sehingga, *PureMetro* harus didesain untuk mendapatkan karakteristik dispersi yang rendah tidak hanya pada daerah C dan L-band tapi juga O-band agar cocok dengan sistem CWDM *full spectrum*. Sebagai tambahan dengan mengatur dispersi khromatik pada 1550 nm

sekitar + 4ps/nm.km, dicoba agar *PureMetro* kompatibel dengan NZ-DSF konvensional untuk sistem DWDM dengan baik.

2-2 Accomplishment of Broad-range Low Attenuation

Untuk mendukung media transmisi ideal untuk *full spectrum* CWDM, karakteristik *low attenuation* sama dengan karakteristik *low dispersion* pada daerah panjang gelombang lebar adalah penting. Teknologi terakhir *Vapor Phase Axial Deposition (VAD)* digunakan untuk manufaktur *PureMetro* membuat mungkin untuk mendapatkan karakteristik *low attenuation* pada daerah panjang gelombang lebar, mencakup daerah penyerapan OH dekat 1383 nm.

3. Karakteristik Dasar Dari *PureMetro*

3-1 Karakteristik Transmisi

Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan karakteristik dasar dari *PureMetro*. Menurut konsep desain yang dijelaskan pada bagian 2 di atas, nilai dispersi kromatik dibuat 4,3 ps/nm-km pada 1550 nm. Sehingga, karakteristik *low attenuation* pada panjang gelombang lebar membuat *PureMetro* ideal untuk pengembangan di masa depan pada setiap panjang gelombang dari 1310 nm sampai 1625 nm.

Table 1. Typical Characteristics of *PureMetro*

1. Geometrical Characteristics	
MFD at 1550 nm	8.3 μm
Core/cladding concentricity error	0.1 μm
Cladding diameter	125 μm
Coating material	UV curable acrylate
Coating diameter	245 μm
2. Optical Characteristics	
Attenuation	0.35 dB/km (1310 nm)
	0.32 dB/km (1383 nm)
	0.23 dB/km (1460 nm)
	0.20 dB/km (1550 nm)
	0.21 dB/km (1625 nm)
Chromatic dispersion	-11.5 ps/nm·km (1310 nm)
	4.3 ps/nm·km (1550 nm)
	8.5 ps/nm·km (1625 nm)
Dispersion slope at 1550 nm	0.058 ps/nm ² ·km
Cable cut-off wavelength	1100 nm

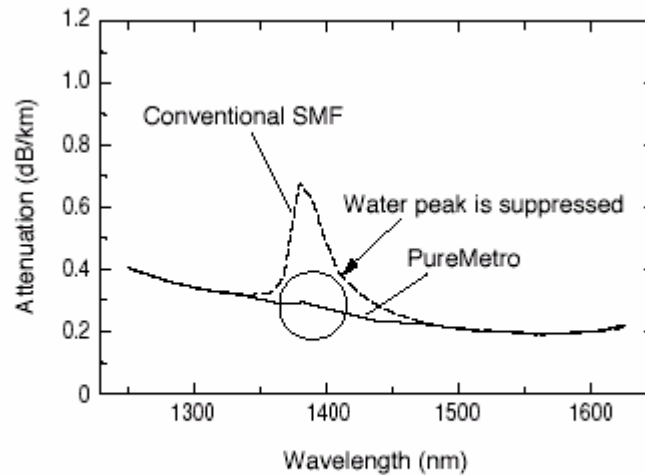


Fig. 2. Spectral attenuation characteristics

3-2 Karakteristik *Splice Loss*

Gambar 3 menunjukkan karakteristik *fusion splice loss* dari *PureMetro* dimana sambungan dari satu ke yang lainnya menggunakan Sumitomo tipe 37 *fusion splicer* dengan sebuah sistem monitoring *direct core*/. 200 kali percobaan *fusion splice* dilakukan menggunakan *PureMetro sample* dari banyak manufaktur yang berbeda. Rata-rata *splice loss* didapatkan cukup kecil 0,03 dB, membuktikan bahwa *PureMetro splice loss* cukup rendah dibandingkan dengan konvensional NZ-DSF dan *Single Mode Fiber (SMF)*

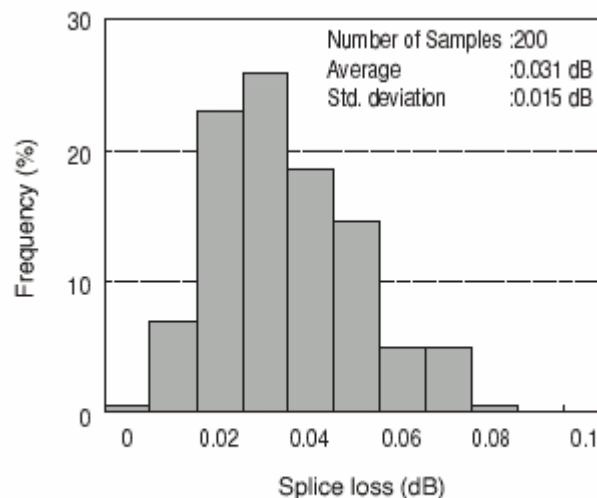


Fig. 3. Splice loss characteristics

4. Eksprimen Transmisi Dari PureMetro

4-1 Transmisi *Full Spectrum* Menggunakan *Directly Modulated DFB-LD*

Eksprimen pada transmisi *full spectrum* menggunakan LD saluran tunggal tanpa DCFM dan penguat optik dilakukan dengan menerapkan PureMetro pada sistem CWDM. *Bit rate* transmisi adalah 2,5 Gb/s dan directly modulated DFB-LD digunakan untuk pancaran sinyal. Sistem konfigurasi pada set-up eksperimen ditunjukkan pada gambar 4.

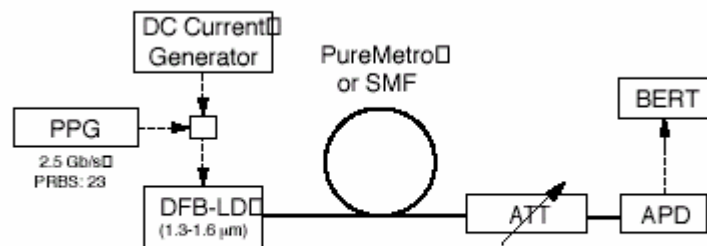


Fig. 4. Experimental setup for full spectrum transmission

Panjang gelombang sinyal pada masing-masing eksperimen dipilih dari 1300 nm sampai 1600 nm . Pada eksperimen ini, *Bit Error Rate (BER)* dari sinyal yang diterima diukur pada panjang fiber yang berbeda dan pinalti daya diukur pada masing-masing eksperimen. Dilakukan juga eksperimen yang sama tapi menggunakan SMF.

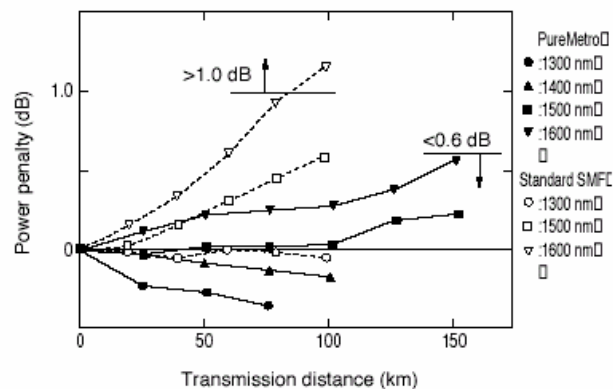


Fig. 5. Transmission distance vs. power penalty

Gambar 5 menunjukkan hasil eksperimen dari *PureMetro* dan SMF. Pada kasus *PureMetro*, jarak transmisi dibatasi oleh total *loss* saluran, bukan oleh distorsi sinyal akibat karakteristik low dispersion-nya. Kinerja yang luar biasa dari *PureMetro* adalah bahwa *penalty free transmission* sepanjang 100 km dapat dengan mudah didapatkan bahkan pada panjang gelombang 1400 nm karena karakteristik *low-attenuation*-nya. Pada operasi 1600 nm *PureMetro* juga menunjukkan *low-penalty transmission*, kurang dari 0,6 dB untuk jarak 150 Km dan lebih. SMF tidak dapat memperoleh transmisi superior tersebut karena disebabkan dispersinya yang tinggi pada 1600 nm dan *power penalty* dengan mudah melebihi 1 dB sesudah transmisi 75 km.

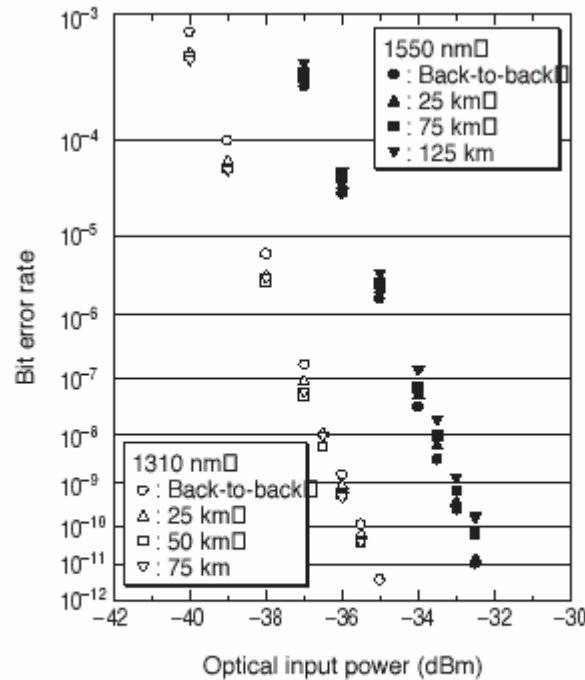


Fig. 6. BER characteristics at 1310 nm and 1550 nm

Gambar 6 menunjukkan karakteristik BER pada 1310 nm dan 1550 nm. Pada kasus transmisi 1310 nm, BER yang rendah dengan saluran *PureMetro* diamati bahkan untuk jarak melebihi 75 km. Peningkatan kinerja ini didapatkan dengan kompresi *positive-chirped* pulsa sinyal dengan dispersi negatif yang dimiliki oleh *PureMetro* pada 1310 nm. Eksperimen ini menunjukkan kinerja yang luar biasa untuk transmisi jarak

menengah dengan operasi panjang gelombang lebar tersedia untuk sistem CWDM *full spectrum*.

4-2 Eksprimen Transmisi DWDM Menggunakan PureMetro

Dilakukan eksperimen transmisi 400 Gb/s (10 Gb/s x 40 *channel*) untuk membuktikan kinerja superior dari PureMetro untuk sistem DWDM. Empat puluh sinyal dari panjang gelombang 1541 nm sampai 1556.6 nm disebarkan dengan 50 GHz *channel spacing* dan level input masukkan masing masing sinyal di-set +1dBm/ch. Saluran ganjil dan genap *interleaved* dengan *orthogonal polarization*. Konfigurasi sistem pada set-up eksperimen ditunjukkan pada gambar 7.

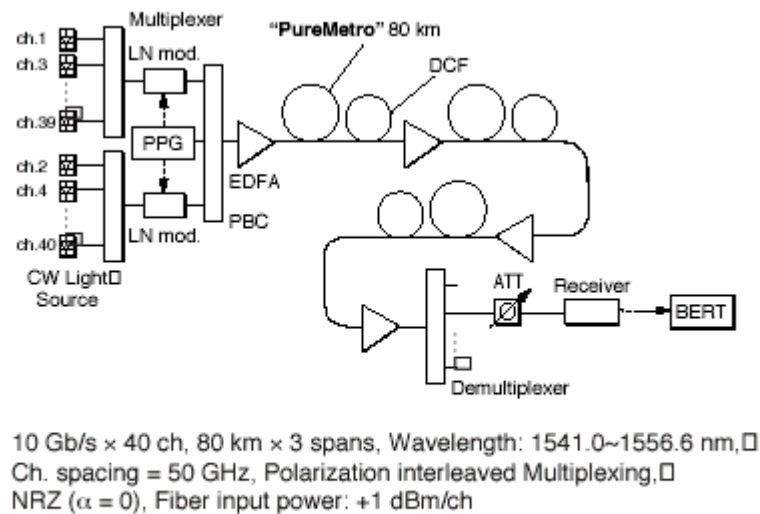


Fig. 7. Experimental setup for DWDM transmission

Tiga 80 km spans dari *PureMetro* direntetkan, dan tipe DCF slope dispersi negatif diletakan pada sisi output masing-masing span. Gambar 8(1) menunjukkan spektrum sinyal sebelum transmisi dan gambar 8 (2) menunjukkan spektrum sinyal setelah transmisi 240 km. Gambar 8(3) menunjukkan pengukuran BER untuk 13 sampel saluran. Pada semua saluran BER 10^{-9} didapatkan tanpa pembulatan. Tidak ada *Four Mixing Wave* (FMW) diamati baik pada spektrum sinyal setelah transmisi 240 km.

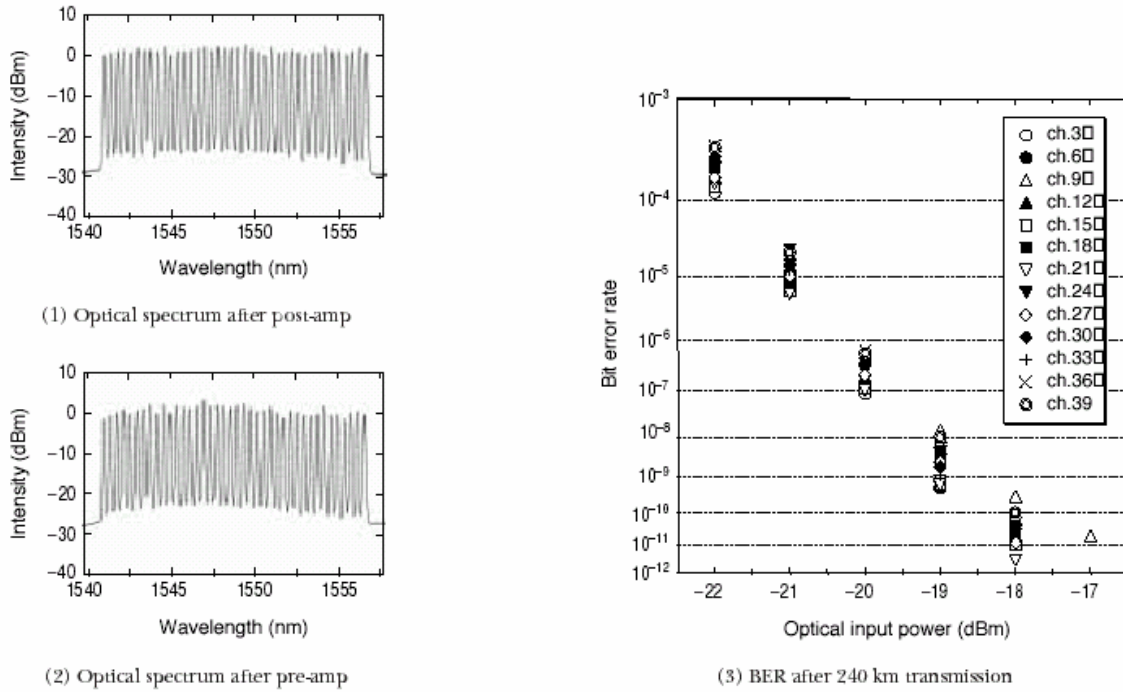


Fig. 8. 400 Gbps DWDM transmission experiment

5. Kesimpulan

Perkembangan yang berhasil dari *PureMetro*, NZ-DSF perkembangan baru untuk DWDM dan sistem CWDM *full spectrum* telah dibuktikan. Hasil test membuktikan *PureMetro* sangat cocok untuk sistem CWDM masa depan sebaik sistem DWDM.

Contributors**S. TAKAOKA**

- Assistant General Manager, Fiber Optics & Photonics Sales Department, International Business Division

F. OHKUBO

- Engineering Department, Fiber Optics Division

K. UCHIYAMA

- Senior Engineer, Manufacturing Department, Kiyohara Sumiden

K. KUNITAKE

- Manufacturing Department, Fiber Optics Division

C. TEI

- Quality Assurance Department, Fiber Optics Division

T. KATO

- Assistant Manager, Optical Communications R&D Department, Yokohama R&D Laboratories

T. OKUNO

- Engineer, Optical Communications R&D Department, Yokohama R&D Laboratories

M. TANAKA

- Optical Communications R&D Department, Yokohama R&D Laboratories

H. TAKAYANAGI

- Cable Connection & Fiber Splicing Products Department, Communications Division