

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0238-03

一种基于双通 MZI 型 Interleaver 的研究

张婷, 陈凯, 盛秋琴

(南开大学物理科学学院, 天津, 300071)

摘要 提出了一种基于双通 Mach-Zehnder(M-Z)干涉仪型波长交错复用技术(Interleaver), 并对这种器件的原理和相关性能进行了理论分析和实验研究。结果表明, 新结构 Interleaver 的光谱与常规的 M-Z 干涉仪型 Interleaver 相比, 其消光比得到了很大提高。当信道间隔为 50 GHz 时, 消光比大于 25 dB。研究结果对该型器件的研制有着重要的指导意义。

关键词 光纤通信技术; 双通 Mach-Zehnder 干涉仪; 波长交错复用技术; 密集波分复用

中图分类号 TN253

文献标识码 A

Study on a Novel Interleaver Based on Dual-Pass Mach-Zehnder Interferometer

ZHANG Ting, CHEN Kai, SHENG Qiu-qin

(Department of Photoelectricity Information Science, Institute of Physics, Nankai University, Tianjin 300071 China)

Abstract A novel interleaver based on dual-pass Mach-Zehnder interferometer is proposed, of which the principle and the characteristics are analyzed both on theory and experiment. Compared with the traditional M-Z interferometer, the isolation of the new structure is enhanced greatly. When the frequency spacing reaches 50 GHz, its isolation is more than 25 dB. The experiment result is of importance in the application of interleaver.

Key words fiber communication technique; dual-pass Mach-Zehnder interferometer; interleaver; DWDM

1 引言

M-Z 干涉仪以其独特的性能在全光通信中得到广泛的研究和应用,然而在光波分复用系统当中,当 M-Z 干涉仪用于 Interleaver 时,干涉仪的滤光消光比和占空比的大小对上下路波长隔离度等因素的影响极为重要,如何提高其消光比和占空比成为亟待解决的课题。通常采用的方法是调整光的偏振态^[1,2]或采用多个 M-Z 干涉仪级联^[3,4],但前者效果不很明显,而后者大大增加了 M-Z 干涉仪设计的难度,其臂长差也很难精确控制。

本文提出一种基于双通 M-Z 干涉仪型 Interleaver,这种新结构改善了光纤 M-Z 干涉仪型 Interleaver 的滤波特性,与常规的 M-Z 干涉仪型 Interleaver 相比,消光比得到了很大提高。

2 结构原理

Interleaver 结构如图 1 所示。它由 3 dB 耦合器,双通 M-Z 干涉仪和光隔离器构成。从宽带光源输出的光波 E_{in} 经 3 dB 耦合器后分为 E_I 和 E_{II} 两束

光波,分别输入两个双通 M-Z 干涉仪中,双通 M-Z 干涉仪的两个输出端与光隔离器串接,然后反向传播,所产生的干涉谱分别从端口 I out 和 2out 输出,由于两个光隔离器相对于输入光的串接方向不同,因而可以构成奇偶通道。

假定器件的初始注入条件为 $E_{in}=1$,忽略光纤及耦合器损耗。根据 M-Z 干涉仪的传输特性,从 E_I 端和 E_{II} 端输出的光可写作

$$\begin{cases} E_I = \frac{-j}{2\sqrt{2}}(1 - e^{j\Delta\phi}) \\ E_{II} = \frac{-j}{2\sqrt{2}}(1 + e^{j\Delta\phi}) \end{cases} \quad (1)$$

这里 $j = \sqrt{-1}$, $\Delta\phi = 2\pi n \Delta L / \lambda$, 代表 M-Z 干涉仪两个干涉臂的传输位相差。其中 ΔL 是干涉仪两臂差, n 为光纤有效折射率, λ 是工作波长。对于 E_I , 输出光 E_I 经光隔离器作为输入光从端口 4 反向传播并在端口 1 和端口 2 处干涉输出。同理,对于另一束光 E_{II} , 输出光 E_{II} 经光隔离器作为输入光从端口 III 反向传播并在端口 I 和端口 II 处干涉输出。利用

作者简介: 张婷(1980-),女,天津人,南开大学硕士研究生。主要从事现代光通信和光波技术的研究。

E-mail: zhang_t@eyou.com

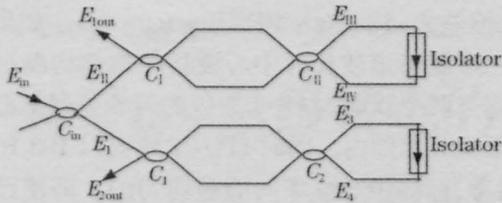


图 1 基于双通 M-Z 干涉仪型 Interleaver

Fig.1 A novel interleaver based on dual-pass M-Z interferometer

以上关系可计算出 E_{1out} 和 E_{2out} 的输出为

$$\begin{cases} E_{1out} = \frac{-1}{4\sqrt{2}} [1 + \exp(j\Delta\phi)]^2 \\ E_{2out} = \frac{j}{4\sqrt{2}} [1 - \exp(j\Delta\phi)]^2 \end{cases} \quad (2)$$

因此,输出光功率分别为

$$\begin{cases} P_{Iout} = E_{1out} \cdot E_{1out}^* = \frac{1}{8} (1 + \cos\Delta\phi)^2 \\ P_{IIout} = E_{2out} \cdot E_{2out}^* = \frac{1}{8} (1 - \cos\Delta\phi)^2 \end{cases} \quad (3)$$

可见两个输出端的输出谱 P_{Iout} 和 P_{IIout} 是波长的简谐函数,变化周期是波长和两干涉臂长差的函数,且二者是互补的。

3 数值模拟

假设输入载波的信道频率间隔为 50 GHz (波长间隔 0.4 nm), 在输出端口将其分离成间隔为 100 GHz 的信道间隔。可推导出 ΔL 为 2.04 mm, 其中取 $n=1.47, \lambda_0=1552.52$ nm。在此参数下, P_{IIout} 的数值模拟结果如图 2 中实线所示,可见其谱线在波长域是由一系列等间距的透射峰组成。为了与常规 M-Z 干涉仪型 Interleaver 输出谱进行比较,给

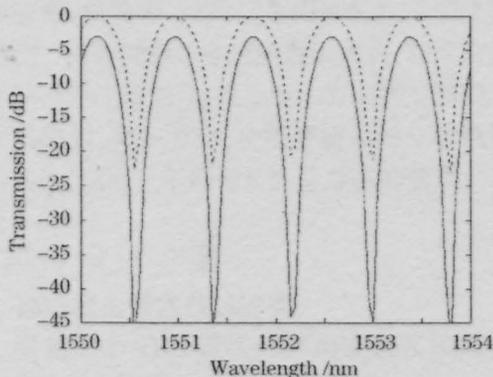


图 2 双通 M-Z 干涉仪型 Interleaver 消光比与常规 M-Z 干涉仪型 Interleaver 消光比的比较

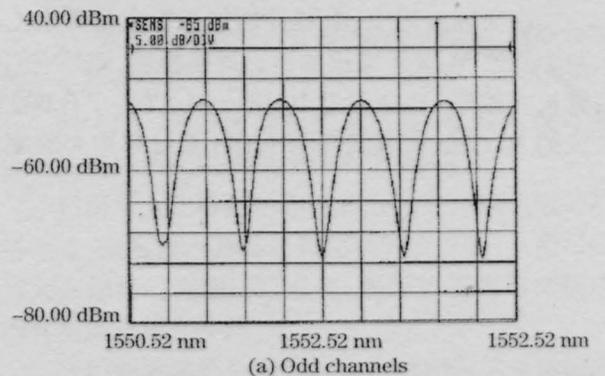
Fig.2 The calculated spectrum of interleaver based on dual-pass M-Z interferometer (solid line) and interleaver based on conventional M-Z interferometer (dotted line)

出了在相同参数情况下的输出谱,如图 2 中虚线所示。由图可以看出,新结构的基于双通 M-Z 干涉仪型 Interleaver 的消光比约为 40 dB,与常规 M-Z 干涉仪型 Interleaver 消光比 20 dB 相比有较大的提高,两者之间有两倍关系。

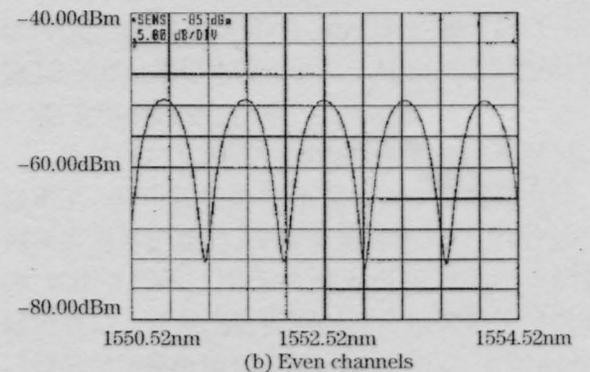
4 实验结果

实验采用一个双通 M-Z 干涉仪,通过改变光隔离器(宽带 1550 nm)相对于输入光的串接方向不同,分别与 3 dB 耦合器的两个输出端熔接,因而可以模拟构成奇偶通道。实验中所用光源为自制的 980 nm 半导体激光器抽运的铒光纤宽带光源,输出在 1550 nm 波段。3 dB 耦合器为宽带耦合器,波长范围 1550 ± 20 nm。所用的 M-Z 干涉仪熔融拉锥的方法制作。光谱仪采用惠普公司的 70952 B 型光谱分析仪。

宽带光源自端口 in 输入,用光谱分析仪分别监测端口 I 和端口 2 的输出谱如图 3 所示,消光比约为 25 dB。与常规用熔融拉锥的方法制作的 M-Z 干涉仪型 Interleaver 的输出谱(如图 4 所示,消光比约为 12 dB)相比,提高了一倍,实验与理论基本吻合。该器件消光比的提高取决于常规 M-Z 干涉仪的消光比,因此为了得到更大的消光比,应该尽可能提



(a) Odd channels



(b) Even channels

图 3 双通 M-Z 干涉仪型 Interleaver 的传输光谱
Fig.3 The transmission spectra interleaver based on dual-pass M-Z interferometer

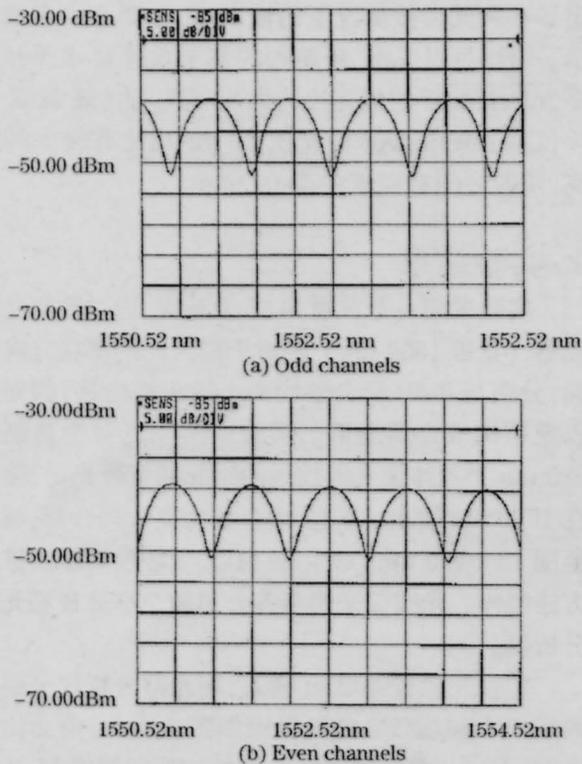


图4 常规M-Z干涉仪型Interleaver的传输光谱
Fig.4 The transmission spectra of interleaver based on conventional M-Z Interferometer

高常规M-Z干涉仪的消光比。

在实际应用中,本器件的加工重点是要求上下两个双通M-Z干涉仪的输出周期相等,即是它们的臂长差相等。在速率为10 Gb/s时,ITU-T G.692建议的50 GHz信道间隔的WDM系统对中心频率的

最大偏差为 ± 10 GHz,相当于 ± 0.08 nm。如果要C波段32路信道波长对中心波长的偏差均满足此要求,那么两个双通M-Z干涉仪的臂长误差都应在0.005 mm范围内。同时ITU-T建议以193.10 THz为参考,标称中心频率间隔是均匀的。即使已经获得满意的周期,其峰值位置也不一定符合要求,需要再采用微调技术。这些在目前的工艺情况下都是可以达到的。

5 结 论

提出并实验研究了一种新型结构的高消光比基于双通M-Z干涉仪型Interleaver。在信道间隔为50 GHz时,消光比达到了25~30 dB,比常规的M-Z干涉仪型Interleaver消光比10~15 dB提高了一倍。该器件有望用于50 GHz及以下信道间隔的密集波分复用(DWDM)系统中。

参 考 文 献

- 1 J. T. Ahn, H. K. Lee, K. H. Kim *et al.*. A stabilised fibre-optic Mach-Zehnder interferometer filter using an independent stabilisation light source[J]. *Opt. Commun.*, 1998, **157**:62-66
- 2 Joon Tae Ahn, Hak Kyu Lee. Continuously tunable multi-wavelength transmission filter based on a stabilised fiber-optic interferometer [J]. *Opt. Commun.*, 1999, **165**:33-37
- 3 M. Kuznelsov. Cascaded coupler Mach-Zehnder channel dropping filters for wavelength-division-multiplexed optical systems[J]. *J. Lightwave Technology*, 1994, **12** (2):226-230
- 4 J. Li, Z. Tong, H. Meng, W. Zhang *et al.*. Optical comb-filter of cascaded M-Z interferometer[C]. *SPIE*, 2002, **4906**:453-457