

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/094 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380101437.4

[45] 授权公告日 2008年4月30日

[11] 授权公告号 CN 100385752C

[22] 申请日 2003.10.14

[21] 申请号 200380101437.4

[30] 优先权

[32] 2002.10.15 [33] IT [31] MI2002A002190

[86] 国际申请 PCT/GB2003/004472 2003.10.14

[87] 国际公布 WO2004/036704 英 2004.4.29

[85] 进入国家阶段日期 2005.4.15

[73] 专利权人 马科尼英国知识产权有限公司

地址 英国考文垂

共同专利权人 爱立信股份有限公司

[72] 发明人 P·费拉 R·迪穆罗

[56] 参考文献

US6288834B1 2001.9.11

US5453873A 1995.9.26

Excited State Absorption at 980nm in Erbium Doped Glass. Richard S. Quimby et. al. . SPIE, Vol. 1581 . 1991

Tunable Green Upconversion Erbium Fiber Laser. J. Y. Allain, M. Monerie, H. Poignant. Electronics Letters, Vol. 28 No. 2. 1992

审查员 肖霞

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王岳梁 永

权利要求书4页 说明书11页 附图1页

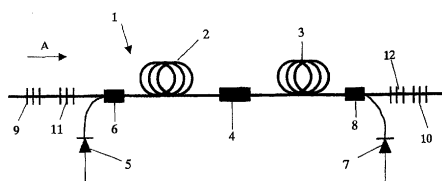
[54] 发明名称

掺铒光纤

[57] 摘要

一种产生绿色光信号的方法，包括将来自至少一个泵浦源的泵浦信号耦合到至少一个掺铒光纤(EDF)中，以产生绿色光信号，所述泵浦信号引起EDF的铒离子中的基态吸收(GSA)和激发态吸收(ESA)，其中多数泵浦信号具有在EDF中出现ESA的概率大于在EDF中出现GSA的概率的波长。多数泵浦信号可具有范围从大约920nm到大约980nm，或在960nm区域内的波长。一种用于放大通信量承载信号的掺铒光纤放大器(EDFA)(1)，用于放大由本发明的方法产生的绿色光信号泵浦的通信量承载信号。可构建一种产生绿色光信号的激光器，其包括至少一个EDF，耦合到至少一个泵浦源以接收来自其上的泵浦信号，这引起EDF的铒离子中的GSA和ESA，并产生绿色光信号，以及包括占多数的具有在EDF中出现ESA的概率大于在EDF

中出现GSA的概率的波长的泵浦信号。



1. 一种在掺铒光纤放大器 EDFA (1) 中放大通信量承载信号的方法, 包括

将来自至少一个泵浦源 (5, 7) 的泵浦信号耦合到至少一个掺铒光纤 EDF (2, 3) 中, 这样引起 EDF (2, 3) 的铒离子中的基态吸收 GSA 和激发态吸收 ESA, 从而产生绿色光信号, 其中多数泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长, 和使用所述绿色光信号泵浦 EDFA (1)。

2. 根据权利要求 1 的放大方法, 其中 60% 的泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长。

3. 根据权利要求 1 或 2 的放大方法, 其中多数泵浦信号具有范围从 920nm 到 980nm 的波长。

4. 根据权利要求 3 的放大方法, 其中多数泵浦信号具有基本上 960nm 的波长。

5. 根据权利要求 1 的放大方法, 其中多数泵浦信号具有小于 EDF 的 GSA 和 ESA 横截面峰值交叉点的交叉波长的波长。

6. 根据权利要求 1 的放大方法, 其中在 EDFA (1) 外面产生绿色光信号, 并且将所述绿色光信号耦合到 EDFA (1) 中。

7. 根据权利要求 6 的放大方法, 其中 EDFA (1) 包括一个或多个 EDF (2, 3), 并且将所述绿色光信号耦合到每个或一些 EDF (2, 3) 中。

8. 根据权利要求 7 的放大方法, 其中同向设备耦合到 EDF, 即绿色光信号被耦合到 EDF 中以沿着与通信量承载信号相同的方向 (A) 传播。

9. 根据权利要求 7 或 8 的放大方法, 其中反向设备耦合到 EDF, 即绿色光信号被耦合到 EDF 中以沿着与通信量承载信号相反的方向传播。

10. 根据权利要求 1 的放大方法, 其中在 EDFA (1) 内产生绿色光信号。

11. 根据权利要求 10 的放大方法, 其中 EDFA (1) 包括一个或多个 EDF (2, 3), 并且一个或多个泵浦源 (5, 7) 耦合到每个或一些 EDF (2, 3)。

12. 根据权利要求 11 的放大方法, 其中同向泵浦源 (5) 耦合到 EDF (2), 即泵浦信号被耦合到 EDF (2) 中以沿着与通信量承载信号相同的方向 (A) 传播。

13. 根据权利要求 11 或 12 的放大方法, 其中反向泵浦源 (7) 耦合到 EDF (3), 即泵浦信号被耦合到 EDF (3) 中以沿着与通信量承载信号相反的方向传播。

14. 根据权利要求 1 的放大方法, 包括将从 EDFA 逃离的至少一些泵浦信号反射回 EDFA 中。

15. 根据权利要求 14 的放大方法, 其中反射泵浦信号包括将泵浦信号反射器 (9) 放在 EDFA (1) 的第一末端, 和/或将泵浦信号反射器 (10) 放在 EDFA (1) 的第二末端。

16. 根据权利要求 14 的放大方法, 其中 EDFA 包括一个或多个 EDF (2, 3), 并且反射泵浦信号包括将泵浦信号反射器 (9) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第一末端, 和/或将泵浦信号反射器 (10) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第二末端。

17. 根据权利要求 15 或 16 的放大方法, 其中每个或一些泵浦信号反射器 (9, 10) 反射具有范围在 920nm 到 980nm 波长的泵浦信号。

18. 根据权利要求 1 的放大方法, 包括将从 EDFA 逃离的至少一些绿色光信号反射回 EDFA 中。

19. 根据权利要求 18 的放大方法, 其中反射绿色光信号包括将绿色光信号反射器 (11) 放在 EDFA (1) 的第一末端, 和/或将绿色光信号反射器 (12) 放在 EDFA (1) 的第二末端。

20. 根据权利要求 18 的放大方法, 其中 EDFA 包括一个或多个 EDF (2, 3), 并且反射绿色光信号包括将绿色光信号反射器 (11) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第一末端, 和/或将绿色光信号反射器 (12) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第二末端。

21. 根据权利要求 1 的放大方法, 包括阻止了从 EDFA 发射绿色光信号。

22. 根据权利要求 21 的放大方法, 其中阻止发射绿色光信号包括将绿色光信号反射器 (11) 放在 EDFA 的输入端, 和/或将绿色光信号反射器 (12) 放在 EDFA 的输出端。

23. 一种放大通信量承载信号的掺铒光纤放大器 EDFA (1), 包

括

至少一个掺铒光纤 EDF (2, 3), 耦合到至少一个泵浦源 (5, 7) 以从中接收泵浦信号, 这样引起掺铒光纤的铒离子中的基态吸收 GSA 和激发态吸收 ESA, 从而产生绿色光信号, 其中多数泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长, 和其中通过所述绿色光信号泵浦放大器 (1)。

24. 根据权利要求 23 的放大器, 其中 60% 的泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长。

25. 根据权利要求 23 或 24 的放大器, 其中多数泵浦信号具有范围从 920nm 到 980nm 的波长。

26. 根据权利要求 25 的放大器, 其中多数泵浦信号具有基本上 960nm 的波长。

27. 根据权利要求 23 的放大器, 其中多数泵浦信号具有小于 EDF 的 GSA 和 ESA 横截面峰值交叉点的交叉波长的波长。

28. 根据权利要求 23 的放大器, 其中同向泵浦源 (5) 耦合到 EDF (2), 即泵浦信号被耦合到 EDF (2) 中以沿着与通信量承载信号相同的方向 (A) 传播。

29. 根据权利要求 28 的放大器, 其中反向泵浦源 (7) 耦合到 EDF (3), 即泵浦信号被耦合到 EDF (3) 中以沿着与通信量承载信号相反的方向传播。

30. 根据权利要求 23 的放大器, 其中从 EDFA 逃离的至少一些泵浦信号反射回 EDFA 中。

31. 根据权利要求 30 的放大器, 其中泵浦信号反射器 (9) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第一末端, 和/或将泵浦信号反射器 (10) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第二末端以反射泵浦信号。

32. 根据权利要求 31 的放大器, 其中每个或一些泵浦信号反射器 (9, 10) 反射具有范围在 920nm 到 980nm 波长的泵浦信号。

33. 根据权利要求 23 的放大器, 其中将从 EDFA 逃离的至少一些绿色光信号反射回 EDFA 中。

34. 根据权利要求 33 的放大器, 其中将绿色光信号反射器 (11) 放在 EDFA (1) 的第一末端, 和/或将绿色光信号反射器 (12) 放在 EDFA (1) 的第二末端以反射绿色光信号。

35. 根据权利要求 33 的放大器, 其中 EDFA 包括一个或多个 EDF (2, 3), 并且绿色光信号反射器 (11) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第一末端, 和/或将绿色光信号反射器 (12) 放在每个或一些 EDF (2, 3) 的第二末端以反射绿色光信号。

掺铒光纤

技术领域

本发明涉及使用掺铒光纤，用以产生绿色光信号，具体地涉及在放大器和激光器中使用这样的掺铒光纤。

背景技术

在一段时间里，已经在一些应用中使用了掺铒光纤(EDF)。特别地，已经在电信网络中的放大器中使用了EDF。这样的掺铒光纤放大器(EDFA)将波长范围为大约1520nm到大约1610nm，即在1550nm左右的通信量承载信号放大。放大的实现是通过将通信量承载信号的光子与处于亚稳态、即处于铒离子基态之上大约1550nm的铒离子的电子相互作用。该相互作用引起由电子激励的发射，产生与通信量承载信号同相并且与通信量承载信号的波长基本相同的光子。以这种方式相互作用的通信量承载信号的每个光子变成两个光子，放大发生。

对于上述过程的有效放大，通信量承载信号需要遇到在其上处于亚稳态的铒离子要多于处于基态的铒离子的EDF。这是通过已知为泵浦的过程来完成的，其中来自泵浦源的信号被耦合到EDF中，在该EDF中它们通过将处于基态的铒离子增加到亚稳态而被吸收。波长大约为980nm或1480nm的泵浦信号被广泛地使用，因为EDF的吸收范围展现出这些波长周围的峰值，并且具有这些波长的泵浦源是可用的。当使用980nm泵浦信号时，这些信号引起EDF中的基态吸收(GSA)，即是通过处于基态的铒离子的电子将980nm泵浦信号提升到更高的而随后又衰落到亚稳态的泵浦状态来吸收980nm泵浦信号。除了980nm泵浦信号的GSA之外，已知为激发态的另一个过程也出现在EDF内。其中，处于泵浦状态的铒离子的电子通过将980nm泵浦信号提升到更加高的激发态来吸收它们，通过发射具有范围从大约520nm到大约560nm的波长、即绿色光信号的光子，980nm泵浦信号从激发态衰落。因此，这样的ESA被认为是负效应，这导致了通过减少亚稳态的粒子总数在EDFA中进行放大的效率，并且先前选择了EDFA条件来最小化该效应，并因而产生绿色光信号。但是，发明者意识到，这种由ESA产生的绿色光信号具有多种有利的应用，例如它们可用来致使增加EDFA中的通

信量承载信号的放大。因此，本发明提出了在 EDF 中绿色光信号产生的增强，以及这样的绿色光信号的应用。

发明内容

根据本发明的第一方面，提供了一种产生绿色光信号的方法，包括

将来自至少一个泵浦源的泵浦信号耦合到至少一个掺铒光纤 (EDF) 中，以产生绿色光信号，所述泵浦信号引起 EDF 的铒离子中的基态吸收 (GSA) 和激发态吸收 (ESA)，

其中多数泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长。

根据本发明的第二方面，提供了一种产生绿色光信号的设备，包括

至少一个掺铒光纤 (EDF)，耦合到至少一个泵浦源以接收来自其上的泵浦信号，这引起掺铒光纤的铒离子中的基态吸收 (GSA) 和激发态吸收 (ESA)，并产生绿色光信号，

占多数的具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长的泵浦信号。

通过绿色信号，意味着每个信号具有范围从大约 520nm 到大约 560nm 的波长。

通过选择这样的泵浦信号波长，相对于 EDF 中 GSA 的出现，ESA 的出现是优先的。一旦一些基态铒离子已经经受了 GSA，另外的入射泵浦信号在这些泵浦状态铒离子的 ESA 中被吸收比在其他的基态铒离子的 GSA 中被吸收的可能性更大。对于已知的 EDF 的情况，ESA 的增强出现导致绿色光信号的增强产生。如已经阐明的，发明者意识到绿色光信号具有多种有利的应用，因此产生这些信号是所期望的。

优选地，至少 60% 的泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长。

存在许多被使用的泵浦信号的波长，在这些波长上，在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率。多数泵浦信号可具有范围从大约 920nm 到大约 980nm 的波长。多数泵浦信号具有 960nm 区域内的波长。

出现 GSA 的概率 (横截面) 和出现 ESA 的概率 (横截面) 对于 EDF

的波长范围以峰值的形式展现了多个增强横截面的区域。GSA 横截面峰值和 ESA 横截面峰值一起在多个特定的波长上出现，而 ESA 横截面峰值通常相对于 GSA 横截面峰值在波长中向下移动。例如，在 GSA 和 ESA 横截面相对于在 980nm 区域内的波长范围中都有峰值。对于每个 GSA/ESA 横截面峰值集合，因为 ESA 的向下移动，在特定波长上，ESA 峰值的上侧与 GSA 峰值的下侧相交，即是在一个交叉波长上存在 GSA 和 ESA 峰值之间的交叉点。实际的交叉波长在整个 EDF 上变化，并且取决于例如 EDF 的成分。在小于交叉波长的波长上，EDA 的横截面大于 GSA 的横截面，即是在这些波长上，相对于 GSA，ESA 是优先的。多数泵浦信号可具有小于 EDF 的 GSA 和 ESA 横截面峰值交叉点的交叉波长的波长。对于在 980nm 区域中的 GSA/ESA 横截面峰值对，交叉波长可出现在 920nm 和 980nm 之间，这例如取决于 EDF，并且多数泵浦信号可具有在该范围内的波长。

泵浦源可耦合到 EDF，使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在第一方向上传播。另外，泵浦源可耦合到 EDF，使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与第一方向相反的第二方向上传播。在一个通路中提供两个或更多的 EDF。泵浦源可耦合到通路中的第一 EDF，使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在第一方向上传播，和/或泵浦源可耦合到通路中的最后一个 EDF，使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与第一方向相反的第二方向上传播。可使用泵浦耦合器将该泵浦源或每个泵浦源耦合到 EDF。

泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括激光器二极管。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括分布反馈 (DFB) 激光器。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括 Fabry-Perot 激光器。Fabry-Perot 激光器或多个 Fabry-Perot 激光器的每个或一些可输出具有范围从大约 940nm 到大约 1000nm 的波长的泵浦信号。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可输出范围从大约 50mW 到大约 1W 或更高的功率级。产生绿色光信号的功率级正比于泵浦源或每个泵浦源的输出功率级。

产生绿色光信号的方法可包括将从 EDF 或多个 EDF 的每个或一些逃离的至少一些泵浦信号反射回 EDF 中。这包括将泵浦信号反射器放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第一末端，和/或将泵浦信号反射器放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第二末端。在通路中提供两个或

更多的 EDF, 并且这包括将泵浦信号反射器放在通路中第一个 EDF 的外部末端, 和/或将泵浦信号反射器放在通路中最后一个 EDF 的外部末端。在这种布置中, 泵浦信号反射器或泵浦信号反射器的每个可包括用于产生绿色光信号的设备部分, 或可被放置在设备的外部。泵浦信号反射器或多个泵浦信号反射器的每个或一些可反射具有范围在大约 920nm 到大约 980nm 的波长的泵浦信号。泵浦信号反射器或多个泵浦信号反射器的每个或一些可包括光栅。使用这样的反射器将增加绿色光信号的产生。

EDF 或多个 EDF 的每个或一些是以光纤线圈的形式。EDF 或多个 EDF 的每个或一些包括不同的掺杂物, 选择掺杂物的浓度, 以相对于已知的 EDF 情况增强 ESA 的出现并且导致绿色光信号的增强产生。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有一个和多个下列特性: 在大约 6dB/m 到大约 8dB/m 的大约 1530nm 上的吸收峰值、大约 5.3 μm 的模场直径、大约 0.25 到大约 0.29 的数值孔径、大约 850nm 到大约 970nm 范围内的截止波长。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有范围从大约 5cm, 例如具有重掺杂浓度或使用不同的大块材料, 到大约 80m 的长度, 这取决于光纤的吸收系数。

根据本发明的第三方面, 提供了一种在掺铒光纤放大器 (EDFA) 中放大通信量承载信号的方法, 包括用根据本发明的第一方面的方法产生的绿色光信号来泵浦 EDFA。

根据本发明的第四方面, 提供了一种用于放大通信量承载信号的掺铒光纤放大器 (EDFA), 用根据本发明的第一方面的方法产生的绿色光信号来泵浦该掺铒光纤放大器。

吸收相对于 EDF 的波长范围展现了 550nm 区域内的峰值, 其大于在 980nm 区域中的峰值。因此, EDF 对绿色光信号的吸收将很高, 特别地将高于对 980nm 信号的吸收。当 980nm ESA 出现在 EDFA 内时, 增加了激发态的粒子数量。在这些状态中的一些电子将衰落到基态, 自发地导致绿色光信号的产生。这些信号的一些与处于激发态的电子相互作用并使它们衰落到更低的状态, 即发生激励的发射, 并且这导致具有波长大约为 800nm、1480nm 和 1530nm 的光子的产生。800nm 和 1480nm 的光子由 EDFA 吸收并且导致亚稳态的粒子总数增加 (即如泵浦信号那样起作用), 并且接着放大具有波长在 1550nm 附近的通信量

承载信号。1530nm 光子以直接的方式放大通信量承载信号。因此，可以看到，当在 EDFA 中被吸收时，绿色光信号将提供对具有波长在 1550nm 附近的通信量承载信号的放大。在用由本发明的第一方面的方法产生的绿色光信号泵浦 EDFA 时，因为相对于在已知 EDF 中出现的情况，绿色光信号的产生被增强，并且因为在 EDF 中对该绿色光泵浦信号的吸收大于对其他例如 980nm 的泵浦信号的吸收，因此由以上方法产生的放大倍数将大于已知 EDFA 的放大倍数。

基本上都在外面将绿色光信号产生到 EDFA，并且绿色光信号可被耦合到 EDFA 中。可使用一个或多个根据本发明的第二方面的设备产生绿色光信号，并将绿色光信号耦合到 EDFA。一个设备可耦合到 EDFA 的第一末端，和/或一个设备可耦合到 EDFA 的第二末端。EDFA 可包括一个或多个 EDF。一个或多个设备可耦合到 EDF 或多个 EDF 的每个或一些。一个同向设备可耦合到 EDF，即绿色光信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与通信量承载信号相同的方向上传播。附加地或可替换地，一个反向设备可耦合到 EDF，即绿色光信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与通信量承载信号相反的方向上传播。在通路中，EDFA 可包括两个或更多的 EDF，并且同向设备可耦合到通路中的第一个 EDF，并且反向设备可耦合到通路中的最后一个 EDF。可使用耦合器将该设备或其每一个耦合到 EDF。

基本上在 EDFA 内产生绿色光信号。其可包括用一个或多个耦合到 EDFA 上的泵浦源泵浦 EDFA，其中多数泵浦信号具有在 EDFA 中出现 ESA 的概率大于在 EDFA 中出现 GSA 的概率的波长。优选地，至少 60% 的泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长。多数泵浦信号可具有范围从大约 920nm 到大约 980nm 的波长。多数泵浦信号具有 960nm 区域内的波长。多数泵浦信号具有的波长小于 EDF 的 GSA 和 ESA 横截面峰值交差点交叉的交叉波长。泵浦源可耦合到 EDFA 的第一末端，和/或泵浦源可耦合到 EDFA 的第二末端。EDFA 可包括一个或多个 EDF。一个或多个泵浦源可耦合到 EDF 或多个 EDF 的每个或一些。一个同向泵浦源可耦合到 EDF，即泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与通信量承载信号相同的方向上传播。附加地或可替换地，一个反向泵浦源可耦合到 EDF，即泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与通信量承载信号相反的方向上传播。在通路中，EDFA 可包括两

一个或更多的 EDF，并且同向泵浦源可耦合到通路中的第一个 EDF，并且反向泵浦源可耦合到通路中的最后一个 EDF。可使用耦合器将该泵浦源或其每一个耦合到 EDF。使用一个或多个泵浦源，泵浦信号的一些将引起 GSA、ESA 和绿色光信号产生，并接着引起通信量承载信号的放大。其他的泵浦信号将引起 GSA 以及通信量承载信号的放大。两个放大过程一起工作，导致 EDFA 比已知 EDFA 的放大倍数更高。

泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括激光器二极管。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括分布反馈 (DFB) 激光器。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括 Fabry-Perot 激光器。Fabry-Perot 激光器或多个 Fabry-Perot 激光器的每个或一些可输出具有范围从大约 940nm 到大约 1000nm 的波长的泵浦信号。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可输出范围从大约 50mW 到大约 1W 或更高的功率级。产生绿色光信号的功率级以及放大倍数正比于每个泵浦源的输出功率级。

放大的方法可包括将从 EDFA 逃离的至少一些泵浦信号反射回 EDFA 中。这包括将泵浦信号反射器放在 EDFA 的第一末端，和/或将泵浦信号反射器放在 EDFA 的第二末端。泵浦信号反射器或泵浦信号反射器的每个可包括 EDFA 部分，或可被放置在 EDFA 的外部。EDFA 可包括一个或多个 EDF。反射泵浦信号可包括将泵浦信号反射器放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第一末端，和/或将泵浦信号反射器放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第二末端。在通路中，EDFA 可包括两个或更多的 EDF。反射泵浦信号可包括将泵浦信号反射器放在通路中第一个 EDF 的外部末端，和/或将泵浦信号反射器放在通路中最后一个 EDF 的外部末端。泵浦信号反射器或多个泵浦信号反射器的每个或一些可反射具有范围在大约 920nm 到大约 980nm 的波长的泵浦信号。使用这样的反射器将增加 EDFA 的放大倍数。泵浦信号反射器或多个泵浦信号反射器的每个或一些可包括光栅。

放大的方法可包括将从 EDFA 逃离的至少一些绿色光信号反射回 EDFA 中。这包括将绿色光信号反射器放在 EDFA 的第一末端，和/或将绿色光信号反射器放在 EDFA 的第二末端。绿色光信号反射器或绿色光信号反射器的每个可包括 EDFA 部分，或可被放置在 EDFA 的外部。EDFA 可包括一个或多个 EDF。反射绿色光信号可包括将绿色光信号反射器放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第一末端，和/或将绿色光信号反射

器放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第二末端。在通路中, EDFA 可包括两个或更多的 EDF。反射绿色光信号可包括将绿色光信号反射器放在通路中第一个 EDF 的外部末端, 和/或将绿色光信号反射器放在通路中最后一个 EDF 的外部末端。绿色光信号反射器或多个绿色光信号反射器的每个或一些可反射具有范围在大约 520nm 到大约 560nm 内的波长的信号。绿色光信号反射器或多个绿色光信号反射器的每个或一些可包括光栅。使用这样的反射器将增加 EDFA 的放大倍数。

该放大方法还包括基本上阻止了从 EDFA 发射绿色光信号。这包括将至少一个绿色光信号反射器放在 EDFA 的输入端, 和/或将至少一个绿色光信号反射器放在 EDFA 的输出端。绿色光信号反射器或绿色光信号反射器的每个可包括 EDFA 部分, 或可被放置在 EDFA 的外部。这对于以下情况特比有利, 即当 EDFA 在网络中位于一个如果接收了绿色光信号就会损坏的元件的之前或之后时。

EDFA 包括一个或多个 EDF。特别地, 在通路中 EDFA 可包括两个 EDFA。因而, 这样的 EDFA 具有两个放大级, 在每个 EDF 中有一个。EDF 可由一个内部级连接。例如, 内部级可包括抽头或耦合器或分裂器或光敏二极管或可变的光衰减器或滤波器或隔离器。EDF 或多个 EDF 的每个或一些是以光纤线圈的形式。EDF 或多个 EDF 的每个或一些包括不同的掺杂物, 选择掺杂物的浓度, 以相对于已知的 EDF 的情况增强 ESA 的出现并且导致绿色光信号的增强产生。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有一个和多个下列特性: 在大约 6dB/m 到大约 8dB/m 的大约 1530nm 上的吸收峰值、大约 5.3 μm 的模场直径、大约 0.25 到大约 0.29 的数值孔径、大约 850nm 到大约 970nm 范围内的截至波长。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有范围从大约 5cm, 例如具有重掺杂浓度或使用不同的大块材料, 到大约 80m 的长度, 这取决于光纤的吸收系数。在 EDF 中吸收的绿色光信号的程度要大于例如 980nm 的信号。为了在 EDFA 中实现期望的放大倍数, 当用绿色光信号泵浦 EDFA 时, 与用 980nm 的信号泵浦 EDFA 中的 EDF 的长度相比, 减少了位于其中的每个 EDF 的长度。该较短长度的 EDF 提供与绿色泵浦的 EDFA 的尺寸、制造、维护和成本有关的优点。

EDFA 可包括一个或多个增益平坦滤波器。EDFA 可包括一个或多个隔离器。其允许通信量承载信号通过它们, 但是阻止反向的自发辐射

放大 (ASE) 信号通过它们。

通信量承载信号具有在 C 频带中的波长, 即大约从 1530nm 到大约 1560nm。EDFA 可包括 C 频带 EDFA。C 频带 EDFA 可包括一个或多个 EDF 线圈, 其长度根据 EDF 吸收系数而变化, 例如如果吸收系数在大约 6dB/km 到大约 8dB/km 的范围内, 那么要求线圈达到大约 80m 的长度。通信量承载信号具有在 L 频带中的波长, 即大约从 1570nm 到大约 1610nm。EDFA 可包括 L 频带 EDFA。L 频带 EDFA 可包括一个或多个 EDF 线圈, 其长度根据 EDF 吸收系数而变化, 例如如果吸收系数在大约 12dB/km 到大约 15dB/km 的范围内, 那么要求线圈达到大约 40m 的长度。

根据本发明的第五方面, 提供一种产生绿色光信号的激光器, 包括

至少一个掺铒光纤 (EDF), 耦合到至少一个泵浦源以接收来自其上的泵浦信号, 这引起掺铒光纤的铒离子中的基态吸收 (GSA) 和激发态吸收 (ESA), 并产生绿色光信号,

占多数的具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长的泵浦信号。

优选地, 至少 60% 的泵浦信号具有在 EDF 中出现 ESA 的概率大于在 EDF 中出现 GSA 的概率的波长。

多数泵浦信号可具有范围从大约 920nm 到大约 980nm 的波长。多数泵浦信号具有 960nm 区域内的波长。多数泵浦信号可具有小于 EDF 的 GSA 和 ESA 横截面峰值交叉点的交叉波长的波长。使用这样的泵浦源能够在激光器中产生相当多的绿色光信号功率。

泵浦源可耦合到 EDF, 使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在第一方向上传播。另外或可替换地, 泵浦源可耦合到 EDF, 使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与第一方向相反的第二方向上传播。在通路中, 激光器包括两个或更多的 EDF。泵浦源可耦合到通路中的第一个 EDF, 使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在第一方向上传播, 和/或泵浦源可耦合到通路中的最后一个 EDF, 使得泵浦信号被耦合到 EDF 中以沿着它在与第一方向相反的第二方向上传播。可使用泵浦耦合器将该泵浦源或每个泵浦源耦合到激光器的 EDF。

泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括激光器二极管。泵浦源

或多个泵浦源的每个或一些可包括分布反馈 (DFB) 激光器。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可包括 Fabry-Perot 激光器。Fabry-Perot 激光器或多个 Fabry-Perot 激光器的每个或一些可输出具有范围从大约 940nm 到大约 1000nm 的波长的泵浦信号。泵浦源或多个泵浦源的每个或一些可输出范围从大约 50mW 到大约 1W 或更高的功率级。绿色光信号产生的功率级正比于泵浦源或每个泵浦源的输出功率级。

该激光器提供了将从激光器逃离的至少一些泵浦信号反射回激光器中的装置。将泵浦信号反射器放在激光器的第一末端, 和/或将泵浦信号反射器放在激光器的第二末端。泵浦信号反射器或泵浦信号反射器的每个可包括激光器部分, 或可被放置在激光器的外部。激光器可包括一个或多个 EDF, 并且泵浦信号反射器可放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第一末端, 和/或泵浦信号反射器可放在 EDF 或多个 EDF 的每个或一些的第二末端。在通路中, 激光器可包括两个或更多的 EDF。将泵浦信号反射器放在通路中第一个 EDF 的外部末端, 和/或将泵浦信号反射器放在通路中最后一个 EDF 的外部末端。泵浦信号反射器或多个泵浦信号反射器的每个或一些可反射具有范围在大约 920nm 到大约 980nm 的波长的泵浦信号。泵浦信号反射器或多个泵浦信号反射器的每个或一些可包括光栅。使用一个或多个反射器将引起泵浦信号沿着激光器/EDF 的长度来回反弹, 并且将增加完全吸收泵浦信号和接着放大绿色光信号的几率。因此, 使用这样的反射器能够在激光器中产生相当大的绿色光信号功率, 并且将增加激光器的效率。

EDF 或多个 EDF 的每个或一些是以光纤线圈的形式。EDF 或多个 EDF 的每个或一些包括不同的掺杂物, 选择掺杂物的浓度, 以相对于已知的 EDF 情况增强 ESA 的出现并且导致绿色光信号的增强产生。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有一个和多个下列特性: 在大约 6dB/m 到大约 8dB/m 的大约 1530nm 上的吸收峰值、大约 5.3 μm 的模场直径、大约 0.25 到大约 0.29 的数值孔径、大约 850nm 到大约 970nm 范围内的截至波长。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有范围从大约 5cm, 例如具有重掺杂浓度或使用不同的大块材料, 到大约 80m 的长度, 这取决于光纤的吸收系数。EDF 或多个 EDF 的每个或一些可具有几十厘米的长度。使用较短的 EDF 长度将避免激光器内对绿色光信号的过度吸收。相对于已知的绿色光激光器, 还可以减少激光器的尺寸。激光器的尺

寸可在 50mm × 50mm × 20mm 的区域内。

提出的绿色光激光器可包括一个或多个商用的 EDF、泵浦源、泵浦耦合器和光栅。因此，很容易制造、使用和维护这样的激光器，并且节省成本。相比于现有的绿色光激光器，它们太复杂并且体积太大使得难以使用它们，并且价格昂贵。本发明的绿色光激光器具有许多有利的应用。例如，这样的激光器可用于比如在与红色和蓝色激光器相连的阴极射线管内的显示/成像应用场合，并可用于用绿色光信号泵浦 EDFA。

根据本发明的第六方面，提供了一种用绿色光信号泵浦 EDFA 的方法，包括将来自根据本发明的第五方面的激光器的绿色光信号耦合到 EDFA 中。

附图说明

现在参考附图，通过举例的方式描述本发明的实施例。

图 1 是根据本发明的第四方面的掺铒光纤放大器的示意图，和图 2 是根据本发明的第五方面的激光器的示意图。

具体实施方式

图 1 显示了一个两级掺铒光纤放大器 (EDFA)，用于放大沿着 EDFA 在箭头 A 方向传播的通信量承载信号。EDFA 包括第一掺铒光纤 (EDF) 2 和第二 EDF3，其每一个是以光纤线圈的形式。这些 EDF 由内部级 4 连接。同向泵浦源 5 通过耦合器 6 耦合到 EDFA 的第一末端，以及反向泵浦源 7 通过耦合器 8 耦合到 EDFA 的第二末端。每个泵浦源输出范围从大约 50mW 到大约 250mW 的功率级。使用在 EDFA 内产生的绿色光信号来泵浦 EDFA。这是通过用产生泵浦信号的泵浦源 5、7 来泵浦 EDFA 来实现的，其中多数泵浦信号具有在 960nm 区域内的波长。来自被耦合到 EDFA 1 中的泵浦源 5、7 的泵浦信号被 EDF 中的铒离子吸收，引起 GSA、ESA 以及绿色光信号的产生。对于这些 EDF，在这些泵浦信号波长上，ESA 的出现相对于 GSA 的出现是优先的，并因此增强了绿色光信号的产生。绿色光信号与 EDF 中的铒离子相互作用，导致具有波长大约为 800nm、1480nm 和 1530nm 的光子的产生。800nm 和 1480nm 的光子由 EDFA 吸收并且导致亚稳态的粒子总数增加（即如泵浦信号那样起作用），并且接着放大具有波长在 1550nm 附近的通信量承载信号。1530nm 光子以直接的方式放大通信量承载信号。因此，当在 EDFA 中

被吸收时，绿色光信号将提供对通信量承载信号的放大。

泵浦信号反射器 9 放在 EDFA 1 的第一末端的 EDFA 1 外面，而泵浦信号反射器 10 放在 EDFA 的第二末端的 EDFA 外面。每个泵浦信号反射器包括光栅，并反射具有波长在 960nm 区域内的泵浦信号。从 EDFA 1 逃离的来自泵浦源 5、7 的每一个的泵浦信号的至少一些被反射回 EDFA 中，并且这增加了由 EDFA 实现的放大。

绿色光信号反射器 11 放在 EDFA 1 的第一末端的 EDFA 1 外面，而绿色光信号反射器 12 放在 EDFA 的第二末端的 EDFA 外面。每个绿色光信号反射器包括光栅，并反射具有范围在大约 520nm 到大约 560nm 的波长的信号。在 EDF 2、3 内产生的并从上逃离的绿色光信号的至少一些被反射回 EDFA 中，并且这增加了 EDFA 的放大。内部级 4 还包括一个或多个泵浦信号反射器和/或一个或多个绿色光信号反射器。

绿色光信号反射器 11、12 还基本上将阻止从 EDFA 1 发射绿色光信号。这对于以下情况特别有利，当 EDFA 在网络中位于一个如果接收了绿色光信号就会损坏的元件的之前和/或之后时。

图 2 显示了产生绿色光信号的激光器 20。其包括以光纤线圈形式的 EDF 21。使用通过耦合器 23 耦合到激光器的泵浦源 22 泵浦激光器。泵浦源输出范围从大约 50mW 到大约 250mW 的功率级。泵浦源产生多数具有在 960nm 区域内的波长的泵浦信号。从激光器输出的泵浦信号被耦合到激光器 20 中，并且被 EDF 21 的铒离子吸收，引起 GSA、ESA 和绿色光信号的产生。在这些泵浦信号波长上相对于在 EDF 21 中 GSA 的出现，ESA 的出现是优先的，并因此增强了绿色光信号的产生。EDF 21 的长度大约为 10cm。通过将 EDF 的长度保持为最小值，降低了在激光器内对绿色光信号的吸收。也可以减小激光器的尺寸，并可在 50mm × 50mm × 20mm 的量级内。

泵浦信号反射器 24 放在激光器的第二末端的激光器外面。泵浦信号反射器包括光栅，并反射具有波长在 960nm 区域内的泵浦信号。从激光器逃离的泵浦信号的至少一些被反射回激光器中，并且这增加了由激光器实现的绿色光信号的功率。

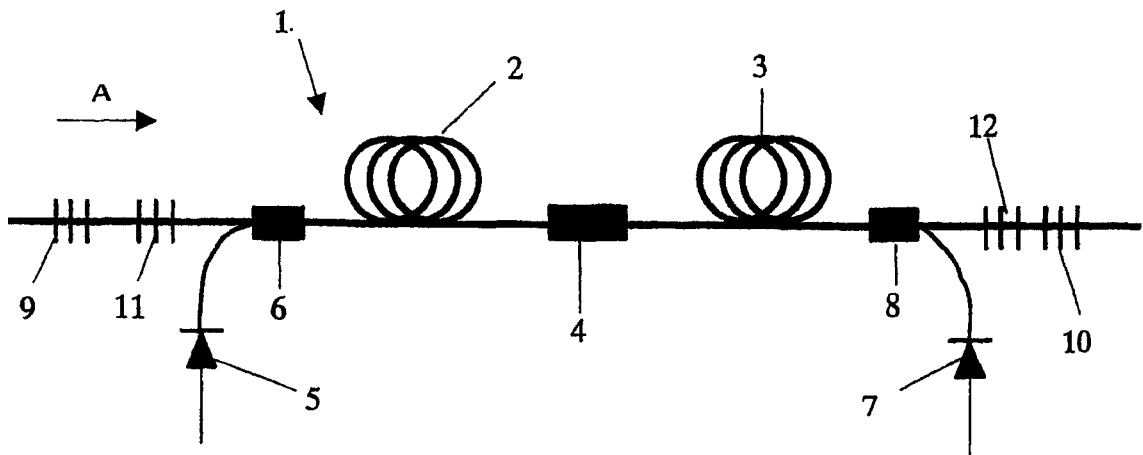


图 1

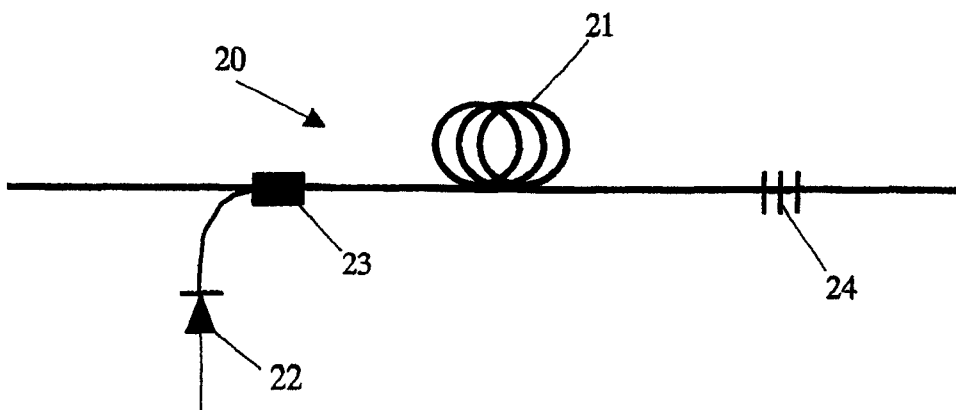


图 2