

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tao dung niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:

www.mientayvn.com

Từ bản gốc:

https://docs.google.com/document/d/19A8UHEmONmsbelt_NbOqqQnQ7TwqzGAE5sVxNHX4OEK/edit

Liên hệ:

thanhlam1910_2006@yahoo.com hoặc frbwrthes@gmail.com

Dịch tài liệu của bạn:

http://www.mientayvn.com/dich_tiang_anh_chuyen_nghanh.html

PHOTONIC FRONTIERS: FIBER LASERS: Fiber lasers ramp up the power

Chân trời mới của photonic (frontier là ranh giới giữa sự hiểu biết và điều chưa ai biết, chúng tôi dịch thoáng là chân trời mới): Laser sợi quang: laser sợi quang tăng công suất

With single-mode powers reaching 10 kW, and multimode powers to 50 kW, fiber lasers are going beyond industrial applications to become candidates for battlefield deployment as high-energy laser weapons.

Với công suất đơn mode đạt được 10 kW, và công suất đa mode 50 kW, laser sợi quang ngoài ứng dụng trong công nghiệp, chúng còn là ứng cử viên cho việc triển khai chiến tranh với vũ khí laser năng lượng cao.

Jeff Hecht contributing editor

Biên tập viên Jeff Hecht

In the early days of the laser industry, the best way to reach high powers was to extract energy from a large volume of laser material. That's still the case for some purposes, such as assembling large glass amplifiers to deliver 1.8 MJ pulses from the National Ignition Facility at the Lawrence Livermore National Laboratory. But for many industrial applications, the high-power laser medium of choice has become an optical fiber with an ytterbium-doped core. Fiber-laser powers have come a long way since Elias Snitzer made the first one in 1963. In June IPG Photonics (Oxford, MA) reported continuous-wave single-mode output of 10 kW at Laser 2009 in Munich and at the Solid State and Diode Laser conference held by the Directed Energy Professional Society (DEPS) in Newton, MA. IPG has also built a 50 kW multimode fiber laser, which Bill Shiner, vice president for industrial markets, says Raytheon (Waltham, MA) has tested for potential weapons applications. But IPG's bread-and-butter business is industrial materials-working, from cutting silicon wafers for solar cells to robotic welding of metal sheets.

Trong giai đoạn đầu của công nghệ laser, cách tốt nhất để đạt được công suất cao là lấy năng lượng từ một thể tích vật liệu laser lớn. Điều đó vẫn đúng cho một số mục đích, chẳng hạn như tổ hợp các bộ khuếch đại thủy tinh lớn để cung cấp xung

1,8 MJ từ Hệ thống kích hoạt Quốc gia tại Phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Livermore. Nhưng đối với nhiều ứng dụng công nghiệp, môi trường laser công suất cao thường được chọn là một sợi quang với lõi được pha tạp ytterbium.

Công suất của các laser sợi quang đã phát triển qua một chặng đường dài kể từ khi Elias Snitzer lần đầu tiên đã chế tạo được nó vào năm 1963. Vào tháng sáu, IPG Photonics (Oxford, MA) đã báo cáo đầu ra đơn mode liên tục 10 kW tại Laser

2009 ở Munich và tại hội thảo Laser trạng thái rắn và diode được tổ chức bởi Directed Energy Professional Society (DEPS) ở Newton, MA. IPG cũng đã chế tạo được laser sợi quang đa mode 50 kW, dụng cụ mà Bill Shiner, phó chủ tịch thị trường công nghiệp, nói Raytheon (Waltham, MA) sẽ có các ứng dụng vũ khí tiềm năng. Tuy nhiên, sản phẩm kinh doanh chính của IPG là gia công vật liệu công nghiệp, từ việc cắt các tấm silic cho pin mặt trời đến hàn tự động bằng robot các tấm kim loại.

Why fibers for high power?

Tại sao lại là sợi quang cho các ứng dụng công suất cao?

Like other diode-pumped lasers, fiber lasers essentially convert the raw low-quality pump laser output into a much higher-quality laser beam that can be used in applications from medicine and materials-working to weapons. The fiber geometry has two important advantages for high-power operation: efficient conversion of pump power into output in a high-quality beam, and good dissipation of the inevitable waste heat.

Giống như các laser được bơm bằng diode khác, về cơ bản, laser sợi quang chuyển đầu ra laser bơm chất lượng thấp ban đầu thành chùm laser chất lượng cao hơn nhiều có thể được sử dụng trong các ứng dụng từ y học và gia công vật liệu đến vũ khí. Cấu trúc sợi quang có hai ưu điểm quan trọng cho hoạt động công suất cao: hiệu suất chuyển đổi công suất bơm thành đầu ra trong chùm chất lượng cao, và tản nhiệt thừa tốt.

The high efficiency comes from diode pumping, careful choice of the active laser species, and optimization of fiber design. The fibers used in high-power fiber lasers have an inner core containing the laser species, and an outer core that confines the pump light, a more recent Snitzer invention. The pump light can enter

the outer core through the end of the fiber or by being coupled through the side of the fiber in a direction nearly parallel to the fiber axis (see Fig. 1). The latter approach is called “side pumping,” but does not mean the pumping is transverse to the laser cavity, as in bulk lasers. Once guided within the outer core, the pump light passes repeatedly through the inner core as it travels the length of the fiber, giving high pumping efficiency. Stimulated emission is guided inside the inner core, building to high intensities before it emerges as a laser beam.

Hiệu suất cao là do sự bơm diode, việc chọn lựa cẩn thận các loại môi trường hoạt tính, và tối ưu hóa thiết kế sợi quang. Các sợi quang được sử dụng trong laser sợi quang công suất cao có lõi bên trong chứa môi trường hoạt tính phát laser, và lõi bên ngoài giam cầm ánh sáng bơm, một phát minh gần đây của Snitzer. Ánh sáng bơm có thể đi vào lõi bên ngoài qua đầu của sợi quang hoặc bằng cách ghép với một bên của sợi quang theo hướng gần như song song với trục sợi quang (xem hình 1). Cách tiếp cận thứ hai được gọi là "bơm bên", nhưng không có nghĩa là việc bơm ngang với buồng cộng hưởng laser, như trong laser khối. Một khi được dẫn vào lõi bên ngoài, ánh sáng bơm nhiều lần đi qua các lõi bên trong khi nó đi dọc chiều dài sợi quang, để cho hiệu suất bơm cao. Phát xạ cảm ứng được dẫn vào lõi bên trong, tạo ra cường độ cao trước khi phát ra chùm tia laser.

The active species in most fiber lasers is ytterbium, chosen because the small quantum defect—the difference between energy of pump and output photons—is only about 6% when pumping a 1035 nm Yb-fiber laser on its 975 nm absorption line. In contrast, the quantum defect of a 1064 nm neodymium laser pumped on its 808 nm absorption line is 20%. The small quantum defect helps allow optical-to-optical pumping efficiency to exceed 60% for ytterbium-fiber lasers. With electrical-to-optical conversion efficiency of 50% for pump diodes, that means wall-plug efficiency can reach 30%.

Môi trường hoạt tính trong hầu hết các laser sợi quang là ytterbium, được chọn bởi vì sai hỏng lượng tử nhỏ - sự khác nhau giữa năng lượng photon bơm và đầu ra-chỉ khoảng 6% khi bơm một laser sợi quang Yb 1035 nm ở vạch hấp thụ 975 nm của nó. Ngược lại, sai hỏng lượng tử của laser neodymium 1064 nm được bơm ở vạch hấp thụ 808 nm của nó là 20%. Sai hỏng lượng tử nhỏ cho phép hiệu suất bơm quang -quang vượt quá 60% đối với laser sợi quang ytterbium. Với hiệu suất

chuyển đổi điện-quang 50% đối với các điốt bơm, có nghĩa là hiệu suất bức xạ có thể đạt tới 30%.

Fiber geometry exposes a large surface area per unit volume, aiding cooling of fiber lasers, but even with water cooling, heat dissipation can limit performance. Five years ago developers had hoped that increasing dopant level and size of the inner core could allow fiber lasers to reach higher powers, but Johan Nilsson of the University of Southampton says that at high average powers “thermal effects come back to kill you” because residual heat becomes harder to remove from the fiber.

Cấu trúc sợi quang phô ra nhiều diện tích bề mặt lớn trên mỗi đơn vị thể tích, giúp cho việc làm mát laser sợi quang, nhưng ngay cả làm mát với nước, tản nhiệt có thể hạn chế hiệu suất. Năm năm trước, các nhà phát triển đã hy vọng rằng việc tăng mức pha tạp và kích thước của lõi bên trong có thể cho phép laser sợi quang đạt được hiệu suất cao hơn, nhưng Johan Nilsson ở Đại học Southampton nói rằng ở công suất trung bình cao "các hiệu ứng nhiệt quay lại giết bạn" vì nhiệt thừa khó di chuyển khỏi sợi quang hơn.

Single- and multimode fiber lasers

Laser sợi quang đơn mode và đa mode

Traditionally fiber lasers have been pumped directly with diode lasers, but the limited brightness of 980 nm pump diodes restricts high-power Yb-fiber lasers to generating kilowatt-class output, Oleg Shkurikin of IPG told the DEPS meeting. The key to obtaining higher powers from Yb-fiber amplifiers or lasers is to switch to brighter pump sources, such as Yb-fiber lasers emitting at 1018 nm. Yb-fiber absorption at 1018 nm is an order of magnitude below that at the 975 nm absorption peak, but the 1018 nm fiber laser is 100 times brighter.

Laser sợi quang truyền thống đã được bơm trực tiếp với laser diode, nhưng độ sáng hạn chế của các diode bơm 980 nm đã hạn chế các laser sợi quang Yb công suất cao tạo ra đầu ra cỡ kilowatt, Oleg Shkurikin của IPG phát biểu tại cuộc họp DEPS. Chìa khóa để thu được công suất cao hơn từ các bộ khuếch đại hoặc laser sợi quang Yb là chuyển sang các nguồn bơm sáng hơn, chẳng hạn như laser sợi quang Yb phát bước sóng 1018 nm. Sợi quang Yb hấp thụ tại 1018 nm thấp hơn

một bậc về độ lớn ở peak hấp thụ 975 nm, nhưng laser sợi quang 1018 nm sáng hơn 100 lần.

“Both approaches are viable,” Shkurikin said, but there are tradeoffs. Direct diode pumping provides efficiency up to 35% and permits smaller devices, but results in higher heat loads per unit length of fiber, and single-fiber versions with gigahertz laser bandwidth now are limited to output of 400 to 600 W. Erbium-fiber laser pumping reduces efficiency to 25% to 28% and roughly doubles the size of the laser package, but now offers total power of 1 to 1.5 kW from a single fiber.

"Cả hai phương pháp đều khả thi," Shkurikin nói, nhưng có ưu và nhược điểm riêng. Bơm diode trực tiếp cung cấp hiệu suất lên đến 35% và cho phép các thiết bị nhỏ hơn, nhưng dẫn đến sự tải nhiệt cao hơn trên một đơn vị chiều dài của sợi quang, và hiện nay các phiên bản một sợi quang với băng thông laser gigahertz bị giới hạn ở đầu ra 400 đến 600 W. Sự bơm laser sợi quang Erbium làm giảm hiệu suất từ 25% đến 28% và tăng gấp đôi kích thước của gói laser, nhưng hiện nay cung cấp tổng công suất từ 1 đến 1,5 kW từ một sợi quang.

Higher-power out with good beam quality can be generated by combining the outputs of many single-mode Yb-fiber laser modules in a 2.5 m output fiber with 100 μm core. At the DEPS, Alex Yusin of IPG reported obtaining just above 10 kW in a beam with M below 1.3, an impressive jump from the 5 kW achieved in 2008. IPG hopes to have a commercial version ready by year-end. “It will be very difficult to get to 15 or 20 kW, but we hope to by 2010 or 2011,” he added. The system draws 40 kW of power, and is refrigerator-size (see Fig. 2).

Công suất đầu ra cao hơn cùng với chất lượng chùm tốt có thể được tạo ra bằng cách kết hợp các đầu ra của nhiều modul laser sợi quang Yb đơn mode ở sợi quang đầu ra 2.5 m với lõi 100 micromet. Tại DEPS, Alex Yusin của IPG báo cáo đã thu được trên 10 kW trong một chùm với M^2 dưới 1.3, một bước nhảy ấn tượng so với 5 kW đạt được trong năm 2008. IPG hy vọng sẽ có một phiên bản thương mại vào cuối năm. "Rất khó để đạt được 15 hoặc 20 kW, nhưng chúng tôi hy vọng vào năm 2010 hoặc 2011", ông nói thêm. Hệ thống có công suất 40 kW, và có kích thước cỡ tủ lạnh (xem hình 2).

Reaching that power required an oscillator-amplifier configuration and a two-stage pumping process. First 975 nm diodes pumped Yb-fiber lasers emitting at 1018

nm, which then pumped Yb-fiber lasers emitting at the 1070 nm output wavelength. That reduced heat dissipation in the 1070 nm Yb-fiber laser, and the good beam quality of the 1018 nm pump reduced divergence of the 1070 nm output.

Để đạt được công suất đó đòi hỏi một cấu hình dao động- khuếch đại và quá trình bơm hai giai đoạn. Đầu tiên, các diode 975 nm được bơm với laser sợi quang Yb ở 1018 nm, sau đó được bơm với laser sợi quang Yb phát ra bước sóng đầu ra 1070 nm. Điều đó giảm tản nhiệt trong laser sợi quang Yb 1070 nm, và chất lượng chùm tốt của bơm 1018 nm làm giảm sự phân kỳ của đầu ra 1070 nm.

Producing higher powers comes at a steep cost in beam quality. Yusin said IPG's 50 kW laser has a beam quality M of 33, although with 170 kW of power needed to generate the multimode beam, its wall-plug efficiency is higher than the single-mode laser. The output comes from combining the beams from an array of 1.1 kW modules in a single length of 200 μm core output fiber. The whole system is about the size of three large refrigerators (see Fig. 3).

Tạo ra công suất cao hơn đi kèm với chi phí đáng kể của chất lượng chùm tia. Yusin cho biết laser 50 kW của IPG có chất lượng chùm M^2 bằng 33, mặc dù cần đến công suất 170 KW để tạo ra chùm đa mode, hiệu suất phát xạ của nó cao hơn so với laser đơn mode. Đầu ra do sự kết hợp của các chùm tia từ một mảng các mô-đun 1.1 kW trong một sợi quang đầu ra lõi dài 200 micromet. Toàn bộ hệ có kích thước bằng ba tủ lạnh lớn (xem hình 3).

Eye-safe fiber lasers

Laser sợi quang an toàn cho mắt

One important drawback of Yb-fiber lasers is that their output poses a serious retinal hazard. That concerns military planners because they don't want to expose troops or noncombatants to dangerous beams during training exercises or cause collateral damage during military operations. Operating at wavelengths longer than 1.4 μm increases the safety margin for retinal damage by a factor of between 100 and 1000, Josh Rothenberg of Northrop Grumman Aerospace Systems (Redondo Beach, CA) told the DEPS meeting. Air transmits the 1.55 μm wavelength of standard erbium-fiber lasers quite well, but diode pumping is inefficient. He thinks

thulium (Tm)-doped fiber lasers emitting near 2 μm are more attractive because a single 790 nm pump photon can excite two thulium atoms to the upper laser level, doubling quantum efficiency from 40% to 80%.

Một nhược điểm quan trọng của laser sợi quang Yb là đầu ra của chúng rất nguy hiểm đối với võng mạc. Điều đó được các nhà hoạch định quân sự quan tâm bởi vì họ không muốn các chùm nguy hiểm chiếu vào binh lính hoặc nhân viên trong quá trình huấn luyện hoặc gây thiệt hại phụ trong hoạt động quân sự. Hoạt động ở bước sóng dài hơn 1,4 micromet làm tăng biên độ an toàn cho mắt một hệ số từ 100 đến 1000, Josh Rothenberg ở Hệ thống hàng không vũ trụ Northrop Grumman (Redondo Beach, CA) cho biết trong cuộc họp DEPS. Không khí truyền bước sóng 1,55 micromet của laser sợi quang erbium khá tốt, nhưng sự bơm diode không hiệu quả. Ông cho rằng laser sợi quang được pha tạp thulium (Tm) phát xạ gần 2 micromet đáng quan tâm hơn bởi vì một photon bơm 790 nm có thể kích thích hai nguyên tử thulium đến mức laser cao, tăng gấp đôi hiệu suất lượng tử từ 40% lên 80%.

He reported that Northrop Grumman reached single-mode output of 608 W from a Tm-fiber system with 5 MHz linewidth at 2040 nm. A 3 mW distributed-feedback oscillator and a series of preamplifiers were followed by the main amplifier, a 3.1 m length of dual-clad Tm-doped fiber with 25 μm inner core and 400 μm cladding. Pump power absorbed in the amplifier was 1.1 kW. Rothenberg reported M of 1.05 for the full 608 W beam, with more than 98% of the power confined to the core, “all very favorable for coherent combination” of multiple fiber-amplifier outputs to deliver even higher powers.

Ông đã phát biểu rằng Northrop Grumman đã thu được đầu ra đơn mode 608 W từ một hệ thống sợi quang Tm với độ rộng vạch phổ 5 MHz tại 2040 nm. Một bộ dao động phản hồi phân bố 3 mW và một loạt các bộ tiền khuếch đại được tiếp nối theo với bộ khuếch đại chính, chiều dài của sợi quang được pha tạp Tm bọc kép là 3,1 m với lõi bên trong 25 micromet và lớp phủ 400 micromet. Công suất bơm được hấp thụ trong bộ khuếch đại là 1,1 kW. Rothenberg báo cáo M^2 là 1,05 đối với chùm 608 W đầy đủ, với hơn 98% công suất được giam cầm trong lõi, “tất cả đều rất thuận lợi cho sự tổ hợp kết hợp” của nhiều đầu ra bộ khuếch đại sợi quang để cung cấp công suất thậm chí còn cao hơn.

A different approach to erbium pumping could be promising, said Mark Dubinskii of the U.S. Army Research Laboratory in Adelphi, MD. Instead of pumping at the usual 980 nm line, he tried pumping erbium at 1530 nm to excite emission at 1600 nm, a quantum defect of only about 4%. Corning demonstrated the idea in 2003, but only reached 500 mW from a double-ended laser. Dubinskii generated 45 to 50 W of pure single-mode output at 1580 nm when pumped with a 100 W narrowband source at 1532.5 nm—85 W of which were absorbed. “We expect to get to 6 kW before reaching nonlinearity limits,” he said.

Một cách tiếp cận khác để bơm erbium có thể đầy hứa hẹn, ông Mark Dubinskii ở Phòng thí nghiệm Nghiên cứu Quân sự Mỹ ở Adelphi, MD đã nói như vậy. Thay vì bơm tại vạch 980 nm thông thường, ông thử bơm erbium ở 1530 nm để kích thích phát xạ tại 1600 nm, sai hỏng lượng tử chỉ khoảng 4%. Corning đã trình diễn ý tưởng vào năm 2003, nhưng chỉ đạt được 500 mW từ laser hai đầu. Dubinskii đã tạo ra đầu ra đơn mode từ 45 đến 50 W ở 1580 nm khi được bơm với nguồn dải hẹp 100 W ở 1532,5 nm-85 W của vạch được hấp thụ. "Chúng tôi hy vọng đạt được đến 6 kW trước khi đạt giới hạn phi tuyến," ông nói.

Single-fiber limits and beam combination

Giới hạn một sợi quang và sự kết hợp chùm

Nonlinearities are one of the inherent limitations of the fiber form. The most important is stimulated Brillouin scattering, which scatters light propagating through a fiber in the reverse direction, effectively limiting the maximum power transmission. The effect is strongest for light concentrated in a bandwidth smaller than the Brillouin bandwidth of the material, tens of megahertz for silica, where it limits power from a single-mode fiber to hundreds of watts. Increasing bandwidth to gigahertz or tens of gigahertz allows higher power, but eventually optical damage and other effects limit power.

Phi tuyến là một trong những hạn chế vốn có của dạng sợi quang. Quan trọng nhất là tán xạ Brillouin cảm ứng, nó tán xạ ánh sáng truyền qua sợi quang theo hướng ngược lại, giới hạn đáng kể sự truyền công suất cực đại. Hiệu ứng này mạnh nhất đối với ánh sáng được tập trung trong một băng thông nhỏ hơn so với băng thông Brillouin của vật liệu, hàng chục megahertz đối với silic đioxit, nó giới hạn công suất của sợi quang đơn mode ở vài trăm watt.¹ Tăng băng thông đến gigahertz hoặc

hàng chục GHz cho phép công suất cao hơn, nhưng cuối cùng sự phá hủy quang học và các hiệu ứng khác lại hạn chế công suất.

Combining beams from a number of single-mode fiber lasers is an obvious route to higher power, but the question is how to do it (see www.laserfocusworld.com/articles/332972). Coherent beam combination is attractive in theory, but has been tougher in practice; phase-matching the sources stably enough for constructive interference among the beams requires active feedback control. Nilsson says a promising approach is a synthetic phase-matching approach developed by Thomas Shay of the Air Force Research Laboratory (Kirtland AFB, NM).²

Kết hợp các chùm từ một số laser sợi quang đơn mode là một con đường để đạt được công suất cao hơn, nhưng vấn đề là phải thực hiện như thế nào (xem www.laserfocusworld.com/articles/332972). Sự tổ hợp các chùm tia kết hợp hấp dẫn về mặt lý thuyết, nhưng khó khăn hơn trong thực tế, sự hợp pha- nguồn đủ ổn định cho sự giao thoa tăng cường giữa các chùm tia đòi hỏi kiểm soát phản hồi tích cực. Nilsson nói rằng một phương pháp tiếp cận đầy hứa hẹn là phương pháp hợp pha nhân tạo được phát triển bởi Thomas Shay của Phòng thí nghiệm Nghiên cứu Không quân (Kirtland AFB, NM).²

So far, incoherent phase combination is ahead in output power. IPG uses spatial beam combination, tiling fiber-laser beams across the input end of a multimode beam-delivery fiber. Another approach is spectral beam combination, which overlays beams at different wavelengths, in a high-power version of wavelength-division multiplexing.

Raw power is far from the only story. Nilsson is working on wavelength conversion and Raman fiber lasers. Others are working on ultrafast fiber lasers, which Photonic Frontiers will cover in February.

Cho đến nay, sự tổ hợp pha không kết hợp đang vượt trước công suất đầu ra. IPG sử dụng sự kết hợp chùm không gian, xếp các chùm tia laser sợi quang qua đầu vào của một sợi quang phân phát chùm đa mode. Một cách khác là kết hợp chùm quang phổ, nó xen phủ các chùm có bước sóng khác nhau, trong một phiên bản công suất cao của sự ghép kênh phân chia bước sóng.³

Công suất ban đầu chưa có gì đáng nói. Nilsson đang nghiên cứu các laser sợi quang chuyển đổi bước sóng và Raman. Những người khác đang nghiên cứu các laser sợi quang siêu nhanh, mà Chân trời mới của photonic sẽ giới thiệu vào tháng hai.