

Khóa mode là một kỹ thuật trong quang học qua đó làm cho laser có thể phát ra những xung ánh sáng cực ngắn, vào bậc pico giây (10^{-12} s) hoặc femto giây (10^{-15} s). Các kỹ thuật là tạo ra mối quan hệ về pha xác định giữa các mode trong buồng cộng hưởng laser. Do đó, laser cũng là bộ khóa pha hoặc khóa mode. Giao thoa giữa các mode này làm cho ánh sáng laser phát ra là một chuỗi các xung. Tùy thuộc vào tính chất của laser, những xung này có thể cực ngắn, cỡ vài femto giây.

www.mientayvn.com

I. LÝ THUYẾT KHÓA MODE:

Trong một laser đơn mode dao động c lập, với mối quan hệ không xác định với nhau, về cơ bản thì ngay như một tập hợp các laser c lập thì phát ánh sáng với tần số khác nhau. Pha riêng của các sóng ánh sáng trong một mode có tần số không xác định và có thể biến đổi ngẫu nhiên do những tác nhân bên ngoài như nhiễu trong môi trường hoặc tính của laser. Trong laser có ít mode dao động, giao thoa giữa các mode có thể gây ra các hiệu ứng phá vỡ, làm cho chúng dao động ngẫu nhiên; trong laser có hàng nghìn mode, những hiệu ứng giao thoa này dường như trung bình, tức là chúng dao động như những sóng, và laser hoạt động như một sóng liên tục (cw).

Nếu thay vì dao động c lập, một mode hoạt động với một pha xác định giữa nó và các mode còn lại, tính của laser hoàn toàn khác. Thay vì chúng dao động không đồng bộ ngẫu nhiên, tất cả các mode của laser sẽ giao thoa đồng bộ một cách tuần hoàn với nhau, tạo ra một xung ánh sáng. Một laser như thế gọi là khóa mode hoặc khóa pha. Những xung này cách nhau một khoảng thời gian $T=2L/c$, đây T chính là thời gian ánh sáng đi một vòng kín trong buồng cộng hưởng. Thời gian này tương đương với khoảng cách mode của laser, $\Delta\nu = 1/T$.

Khoảng thời gian của một xung ánh sáng chính xác bằng số mode đang dao động cùng pha (trong laser thì tất cả các mode không cần phải khóa pha). Nếu có N mode khóa với khoảng cách tần số là $\Delta\nu$, băng thông khóa mode toàn phần là $N\Delta\nu$, và băng thông này càng rộng, thì xung của laser càng ngắn. Trong thực tế, độ rộng xung chính xác bằng hình dạng của một xung, nó liên quan đến các xác định biên và mối quan hệ pha của một mode đặc biệt. Chẳng hạn, nếu với một laser tạo ra những xung có dạng Gauss theo thời gian, độ rộng xung cụ thể là:

$$\Delta t = \frac{0.44}{N\Delta\nu}$$

Giá trị 0.44 chính là tích băng thông-thời gian của xung, và thay vì phụ thuộc vào hình dạng xung. Nếu với các laser xung cụ thể ngắn, dạng xung sech² ([hyperbolic-secant-squared](#)) chính là có tích băng thông-thời gian bằng 0.315.

Dùng phương trình này, chúng ta có thể tính toán độ rộng xung cụ thể của một laser. Nếu với laser He-Ne 1.5 GHz, xung Gauss ngắn nhất có thể tạo ra là 300 pico giây; nếu với laser Ti: sapphire, độ rộng xung sẽ là 3.4 femto giây. Những giá trị này bị giới hạn bởi các xung Gauss ngắn nhất có thể có về băng thông của laser; trong các laser khóa mode thì độ rộng xung thì sẽ phụ thuộc vào nhiễu yếu tố khác, chẳng hạn như hình dạng xung và sự tán xạ toàn phần của buồng cộng hưởng.

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÓA MODE:

Phương pháp khóa mode laser có thể chia thành hai loại: bên trong và bên ngoài. Phương pháp bên trong liên quan đến việc dùng một tín hiệu bên ngoài để điều chỉnh tần số của ánh sáng trong buồng cộng hưởng. Phương pháp bên ngoài không dùng tín hiệu bên ngoài, mà liên quan đến việc điều chỉnh yếu tố nào đó trong buồng cộng hưởng để gây ra sự biến đổi ánh sáng.

II.1. KHÓA MODE THỰC DẠNG:

Khóa mode thực dạng là những kỹ thuật không đòi hỏi một tín hiệu từ bên ngoài vào laser (chẳng hạn như tín hiệu từ một bộ điều chỉnh) để tạo các xung. Thay vào đó, chúng dùng ánh sáng trong buồng cộng hưởng để gây ra sự điều chỉnh yếu tố nào đó trong buồng cộng hưởng, do đó nó sẽ tạo ra sự thay đổi ánh

sáng trong buồng cộng hưởng. Lợi ích thì thể hiện rõ ràng là làm việc này là bước khởi đầu.

Bước khởi đầu hòa là một thí nghiệm quang học có tính là sự truyền qua phụ thuộc vào cường độ. Điều này có nghĩa là thí nghiệm có tính chất thay đổi tùy thuộc vào cường độ của ánh sáng qua nó. Điều kiện khóa mode thì ngược lại, lý tưởng nhất là một bước khởi đầu hòa sẽ phụ thuộc vào cường độ ánh sáng có cường độ thấp, và cho qua những ánh sáng có cường độ cao.

Khi thực hiện trong buồng cộng hưởng, một bước khởi đầu hòa sẽ làm suy yếu sóng ánh sáng không cộng hưởng (các cộng hưởng). Tuy nhiên, bởi vì dao động cộng hưởng có pha ngược với dao động laser không khóa mode, bước sóng ngược lại, những cộng hưởng sẽ ưu tiên truyền qua bước khởi đầu hòa. Khi ánh sáng trong buồng cộng hưởng dao động, quá trình này lặp lại, dần dần sẽ khuếch đại dần dần các cộng hưởng cao, và sẽ phụ thuộc ánh sáng cộng hưởng thấp. Sau nhiều vòng kín, cái này dần dần mất dần các cộng hưởng và sẽ khóa mode laser.

Bước khởi đầu hòa thông thường là thu nhận như một hướng dẫn quang học, nhưng chúng ta có thể có một cấu trúc tinh thể bán dẫn. Bước khởi đầu bán dẫn thông thường có khuynh hướng thời gian đáp ứng rất nhanh (~100 fs), nó là một trong những yếu tố xác định rằng cùng các cộng hưởng trong laser khóa mode thì ngược lại. Trong laser khóa mode xung và chế độ thì phụ thuộc làm cho sự biến đổi trong khi môi trường phát làm đảo ngược sau các cộng hưởng.

Có nhiều chế độ thì bước khởi đầu hòa trong thực tế: SESAM, SWCNT và Graphene, nó được trình bày trong Nature Asia Materials.

Về mặt vật lý, Graphene là một bề mặt phẳng dày một nguyên tử của các nguyên tử carbon lai hóa sp² xếp chặt trong mạng tinh thể đồng nhất. Gần đây người ta phát hiện rằng sự phụ thuộc quang học của graphene có thể trở nên bước khởi đầu hòa khi cường độ ánh sáng vào vượt trên giá trị ngưỡng. Hành vi quang học phi tuyến này có nghĩa là sự phụ thuộc bước khởi đầu hòa và giá trị ngưỡng có nghĩa là tín hiệu bước khởi đầu hòa. Graphene có thể bước khởi đầu hòa dễ dàng khi bị kích thích mạnh bằng ánh sáng trong vùng khả kiến nhìn thấy, do sự phụ thuộc quang học thông thường và trong vùng cộng hưởng không. Điều này có liên quan đến sự khóa mode laser siêu quang, đó khiến người ta nghĩ rằng có thể thu được cộng hưởng graphene như chế độ thì bước khởi đầu hòa. Do tính chất đặc biệt này, graphene có thể được ứng dụng trong photonic siêu nhanh. Hơn nữa, so với các SWCNT, vì graphene có cấu trúc hai chiều nó sẽ có sự mất mát không bước khởi đầu hòa như hai chiều và ngược lại hai chiều cao hai chiều. Quan trọng, vì một laser siêu nhanh pha erbium chúng ta khóa mode truyền và xung soliton nên phát triển quang học cao tốc.

Cũng có những phương pháp khóa mode thì ngược lại không phụ thuộc vào vật lý có sự phụ thuộc phụ thuộc cường độ. Trong những phương pháp này, các hiệu ứng quang phi tuyến trong các thành phần bên trong buồng cộng hưởng sẽ dùng cùng các phương pháp khuếch đại có cường độ ánh sáng cộng hưởng cao trong buồng cộng hưởng, và làm yếu ánh sáng cộng hưởng thấp. Một trong những phương pháp thành công có nghĩa là khóa mode thì thấu kính Kerr (dùng hiệu ứng Kerr).