



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0021498

(51)⁷ **B01J 19/12, 19/10, H01J 37/04, 37/05,**
B01J 19/08, C10L 9/00, 5/44

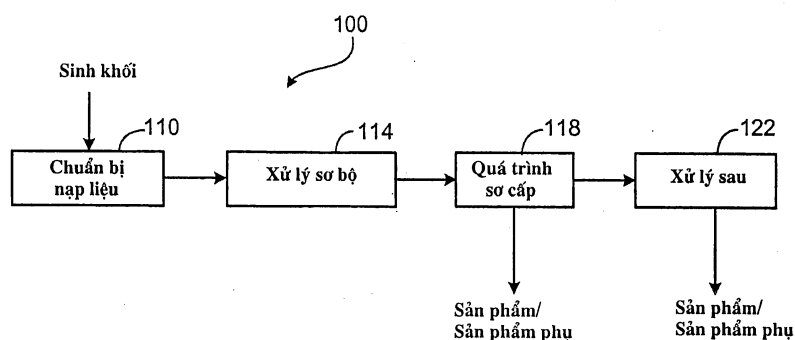
(13) **B**

-
- (21) 1-2013-04054 (22) 17.06.2009
(62) 1-2010-03569
(86) PCT/US2009/047650 17.06.2009 (87) WO2009/155337 23.12.2009
(30) 61/073,680 18.06.2008 US
(45) 26.08.2019 377 (43) 25.03.2014 312
(73) XYLECO, INC. (US)
271 Salem Street, Unit L Woburn, MA 01801, United States of America
(72) MEDOFF Marshall (US)
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)
-

(54) **PHƯƠNG PHÁP THAY ĐỔI CẤU TRÚC PHÂN TỬ CỦA NGUYÊN LIỆU CHỨA HYDROCACBON**

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến nguyên liệu như sinh khối (ví dụ, sinh khối thực vật, sinh khối động vật và chất thải sinh khối đô thị) và nguyên liệu chứa hydrocacbon được xử lý để tạo ra các sản phẩm hữu ích như nhiên liệu. Ví dụ về các hệ được mô tả có thể được sử dụng làm nguyên liệu cấp bao gồm nguyên liệu xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza và/hoặc nguyên liệu tinh bột, hoặc cát dầu, đá phiến dầu mỏ, cát dầu nặng, bitum và than đá để tạo ra nguyên liệu thay đổi như nhiên liệu (ví dụ, etanol và/hoặc butanol). Quá trình xử lý này bao gồm việc chiếu chùm ion vào nguyên liệu nêu trên.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Sinh khối, cụ thể là chất thải sinh khối, và nguyên liệu chứa hydrocacbon như cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, nhựa bitum và than đá, là nguồn sẵn có phong phú. Việc tạo ra nguyên liệu và nhiên liệu, như etanol, từ nguyên liệu chứa sinh khối và hydrocacbon này là rất hữu ích.

Nguyên liệu chứa sinh khối và hydrocacbon có thể được xử lý để thay đổi cấu trúc của nó ở một hoặc nhiều mức. Nguyên liệu đã được xử lý sau đó có thể được dùng làm nguồn nguyên liệu và/hoặc nhiên liệu biến đổi.

Nhiều phương án của đơn sáng chế sử dụng Natural Force™ Chemistry (NFC). Phương pháp của Natural Force™ Chemistry sử dụng ứng dụng có kiểm soát và sử dụng lực vật lý như chùm hạt, trọng lực, ánh sáng, nhiệt độ, v.v., để tạo ra sự thay đổi cấu trúc phân tử và hóa học mong muốn.

Các phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử của nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu sinh khối bất kỳ, có thể bao gồm việc xử lý nguyên liệu bằng bức xạ. Cụ thể, bức xạ có thể bao gồm các hạt, cụ thể là các hạt tích điện (ví dụ, các hạt tích điện tăng). Các hạt tích điện gồm các ion như các ion tích điện dương, như proton, ion cacbon hoặc ion oxy. Bức xạ có thể được dùng với lượng đủ để thay đổi cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử của nguyên liệu. Bức xạ cũng có thể được dùng để tạo ra một hoặc nhiều sản phẩm từ nguyên liệu. Trong một số trường hợp, nguyên liệu có thể bao gồm hydrat cacbon hoặc nguyên liệu chứa hydrat cacbon, ví dụ, nguyên liệu xenluloza, nguyên liệu lignoxenluloza, nguyên liệu tinh bột hoặc hỗn hợp của nguyên liệu sinh khối bất kỳ.

Các hạt có điện tích khác so với các điện tử và/hoặc các hạt nặng hơn so với các điện tử có thể được dùng để chiếu xạ. Ví dụ, proton, nhân heli, ion argon, ion silic, ion neon, ion cacbon, ion phospho, ion oxy hoặc ion nitơ có thể được dùng để cải biến cấu trúc sinh khối, ví dụ, phá vỡ trọng lượng phân tử hoặc làm tăng trọng lượng phân tử

của sinh khối. Theo một số phương án, các hạt nặng hơn có thể gây sự phân cắt mạch lớn hơn so với các điện tử hoặc photon. Ngoài ra, trong một số trường hợp, các hạt tích điện dương có thể gây ra mức phân cắt mạch tương đối lớn do tính axit của chúng. Trong một số trường hợp, các hạt tích điện âm có thể gây ra mức phân cắt mạch tương đối lớn do tính kiềm của chúng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon, bằng cách tạo ra chùm ion bao gồm sự phân bố năng lượng ion thứ nhất có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại bằng W ; điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion để tạo ra sự phân bố năng lượng ion thứ hai trong chùm ion có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại lớn hơn W ; và chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào nguyên liệu. Năng lượng của ít nhất một số ion có thể được điều chỉnh dựa trên, ví dụ, chiều dày của khối nguyên liệu.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon, bằng cách tạo ra chùm ion bao gồm sự phân bố năng lượng ion có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại bằng W ; hướng chùm ion đi qua phân tử tán xạ được cấu trúc để làm tăng độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của phân bố năng lượng ion đến trị số lớn hơn W ; và chiếu chùm ion vào nguyên liệu sau khi chùm ion đã đi qua phân tử tán xạ.

Theo một khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon, bằng cách tạo ra chùm ion có sự phân bố năng lượng ion, sự phân bố này có năng lượng thường gặp nhất E ; lọc chùm ion này để loại bỏ ít nhất một số ion có năng lượng nhỏ hơn E ra khỏi chùm ion; và chiếu chùm ion đã lọc vào nguyên liệu.

Theo một khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon, bằng cách tạo ra chùm ion có sự phân bố năng lượng ion; điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion dựa trên profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu; và chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào nguyên liệu.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon, bằng cách tạo ra chùm ion có sự phân bố năng lượng ion; điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion dựa trên độ rộng toàn phần ở nửa cực đại (FWHM - full width at half maximum) của đỉnh Bragg có profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu; và chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào nguyên liệu, trong đó việc điều chỉnh bao gồm bước làm tăng FWHM để làm giảm mức chênh lệch giữa chiều dày của nguyên liệu sinh khối và FWHM.

Trong một số trường hợp, sau khi điều chỉnh, mức chênh lệch giữa chiều dày của khối nguyên liệu và FWHM bằng hoặc nhỏ hơn 0,01cm.

Theo một khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu bằng cách tạo ra chùm ion thứ nhất từ nguồn ion, chùm ion thứ nhất này có năng lượng ion trung bình thứ nhất; chiếu chùm ion thứ nhất này vào nguyên liệu; điều chỉnh nguồn ion để tạo ra chùm ion thứ hai có năng lượng ion trung bình thứ hai khác với năng lượng ion trung bình thứ nhất; và chiếu chùm ion thứ hai này vào nguyên liệu.

Trong một số trường hợp, phương pháp này còn bao gồm việc lặp lại bước điều chỉnh và chiếu nhiều chùm ion có năng lượng ion trung bình khác nhau vào nguyên liệu. Thành phần của chùm ion thứ nhất và thứ hai có thể là giống nhau.

Theo một khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu bằng cách: tạo ra chùm ion thứ nhất từ nguồn ion, chùm ion thứ nhất này có năng lượng ion trung bình thứ nhất tương ứng với vị trí thứ nhất của đỉnh Bragg trong profin lượng ion mong muốn của nguyên liệu; chiếu chùm ion thứ nhất này vào nguyên liệu; điều chỉnh nguồn ion để tạo ra chùm ion thứ hai có năng lượng ion trung bình thứ hai tương ứng với vị trí thứ hai của đỉnh Bragg, mà khác với vị trí thứ nhất; và chiếu chùm ion thứ hai này vào nguyên liệu.

Trong một số trường hợp, phương pháp nêu trên còn bao gồm việc lặp lại bước điều chỉnh và chiếu vào nguyên liệu bằng nhiều chùm ion tương ứng với các vị trí khác nhau của đỉnh Bragg. Thành phần của chùm ion thứ nhất và thứ hai có thể là giống nhau.

Theo một khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu bằng cách tạo ra chùm ion từ nguồn ion, chùm ion này bao gồm dạng ion thứ nhất và dạng ion thứ hai khác với dạng ion thứ nhất; và chiếu chùm ion này vào nguyên liệu.

Ví dụ, dạng ion thứ nhất có thể bao gồm ion hydro và dạng ion thứ hai có thể bao gồm ion cacbon hoặc dạng ion thứ nhất có thể bao gồm ion hydro và dạng ion thứ hai có thể bao gồm ion oxy hoặc dạng ion thứ nhất và thứ hai có thể bao gồm ít nhất một proton và ion hydro. Trong một số trường hợp, mỗi dạng ion thứ nhất và thứ hai có năng lượng ion nằm trong khoảng từ 0,01 MeV đến 10 MeV.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu bằng cách tạo ra chùm ion có góc phân kỳ bằng 10 độ hoặc lớn hơn, ví dụ, bằng hoặc lớn hơn 20 độ, ở bề mặt của nguyên liệu; và chiếu chùm ion này vào nguyên liệu sinh khối.

Theo một khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu bằng cách điều chỉnh nguồn ion để tạo ra chùm ion có dòng ion trung bình và năng lượng ion trung bình; và chiếu chùm ion này vào nguyên liệu, trong đó nguồn ion được điều chỉnh dựa trên profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu, và trong đó mỗi phần của nguyên liệu này nhận liều lượng chiếu xạ nằm trong khoảng từ 0,01Mrad đến 50Mrad, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,1Mrad đến 20Mrad, do được chiếu chùm ion.

Theo một khía cạnh khác, phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu bao gồm các bước: tạo ra chùm ion gồm sự phân bố năng lượng ion thứ nhất có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại bằng W, điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion dựa trên chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để tạo ra sự phân bố năng lượng ion thứ hai trong chùm ion có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại lớn hơn W, và chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào nguyên liệu chứa hydrocacbon này. Nguyên liệu chứa hydrocacbon này có thể được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, nhựa bitum và than đá.

Theo một khía cạnh khác, phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu gồm các bước: tạo ra chùm ion gồm sự phân bố năng lượng ion thứ nhất có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại bằng W, điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion để

tạo ra sự phân bố năng lượng ion thứ hai trong chùm ion có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại lớn hơn W , và chiều chùm ion đã được điều chỉnh vào nguyên liệu.

Trong một số trường hợp, nguyên liệu là nguyên liệu sinh khối, nguyên liệu không sinh khối hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ về nguyên liệu có thể bao gồm nguyên liệu chứa hydrocacbon như cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, nhựa bitum, than đá và hỗn hợp khác chứa các nguyên liệu hydrocacbon và không hydrocacbon.

Trong một số trường hợp, phương pháp này còn bao gồm bước chiếu nhiều điện tử hoặc năng lượng siêu âm vào nguyên liệu sau khi chiếu chùm ion.

Một số phương án của khía cạnh bất kỳ trên đây của sáng chế có thể bao gồm một hoặc nhiều đặc điểm sau. Bước điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion có thể bao gồm việc điều chỉnh dựa trên chiều dày của nguyên liệu chiếu chùm ion. Trong một số trường hợp, bước điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion có thể bao gồm việc điều chỉnh dựa trên profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu. Bước điều chỉnh cũng có thể bao gồm việc làm tăng độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của đỉnh Bragg có profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu đủ để làm giảm mức chênh lệch giữa chiều dày của nguyên liệu và độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của đỉnh Bragg. Sau khi điều chỉnh, mức chênh lệch giữa chiều dày của nguyên liệu và độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của đỉnh Bragg có thể bằng hoặc nhỏ hơn 0,01 cm.

Độ rộng đầy đủ ở nửa cực đại của sự phân bố thứ hai có thể lớn hơn so với W với hệ số bằng 2,0 hoặc lớn hơn, ví dụ, với hệ số bằng 4,0 hoặc lớn hơn. Bước điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion có thể bao gồm việc hướng ion đi qua phần tử tán xạ, ví dụ, thiết bị phân tích bán cầu. Trong một số trường hợp, chùm ion đã được điều chỉnh đi qua chất lưu trước khi tới nguyên liệu, ví dụ, qua không khí ở áp suất bằng 0,5 atm hoặc lớn hơn. Chùm ion có thể bao gồm hai hoặc nhiều dạng ion khác nhau, ví dụ, ion hydro và ion cacbon hoặc ion hydro và ion oxy. Chùm ion có thể bao gồm ít nhất một proton và ion hydro. Năng lượng trung bình của ion trong chùm ion có thể nằm trong khoảng từ 0,01 MeV đến 10 MeV.

Sự thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, như nguyên liệu sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon, như được dùng trong bản mô tả này, nghĩa là sự thay đổi về sự sắp xếp liên kết hóa học, như dạng và số lượng nhóm chức hoặc hình dạng cấu trúc. Ví dụ, sự thay đổi về cấu trúc phân tử có thể bao gồm sự thay đổi cấu trúc

siêu phân tử của nguyên liệu, oxy hóa nguyên liệu, thay đổi phân tử lượng trung bình, thay đổi độ kết tinh trung bình, thay đổi diện tích bề mặt, thay đổi độ polyme hóa, thay đổi độ xốp, thay đổi độ phân nhánh, ghép trên các nguyên liệu khác, thay đổi kích cỡ vùng kết tinh hoặc thay đổi toàn bộ kích cỡ vùng.

Sinh khối hoặc nguyên liệu chứa hydrocacbon có thể được chiếu xạ, ví dụ, chùm ion, như chùm có một hoặc nhiều cấu hình được đề cập trong bản mô tả này. Chùm và thời gian chiếu có thể được chọn lọc sao cho cấu trúc phân tử của nguyên liệu được thay đổi. Nguyên liệu có thể được xử lý trước khi và/hoặc sau khi chiếu. Nguyên liệu đã chiếu có thể được dùng trong nhiều ứng dụng khác nhau, bao gồm lên men và sản xuất nguyên liệu composit.

Các hệ thống và dụng cụ xử lý nguyên liệu bằng chiếu xạ cũng được đề cập trong bản mô tả này. Ví dụ về hệ thống này bao gồm bể chứa sinh khối, dụng cụ tạo ra chùm hạt, ví dụ như được đề cập trong bản mô tả này, và dụng cụ chuyên chở để chuyển sinh khối từ bể chứa vào dụng cụ tạo ra chùm hạt.

Các phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều đặc điểm được đề cập trong bản mô tả này.

Trừ khi có quy định khác, tất cả các thuật ngữ kỹ thuật và khoa học được dùng trong bản mô tả này có nghĩa như được biết bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà sáng chế có liên quan. Mặc dù các phương pháp và nguyên liệu tương tự hoặc tương đương với các phương pháp và nguyên liệu được đề cập trong bản mô tả này có thể được dùng trong thực tế hoặc thử nghiệm của sáng chế, các phương pháp và nguyên liệu thích hợp được mô tả dưới đây. Tất cả các ấn phẩm, đơn đăng ký sáng chế, Bằng độc quyền sáng chế và các tài liệu tham khảo khác đề cập trong bản mô tả này được đưa vào bằng cách viện dẫn. Trong trường hợp mâu thuẫn, việc sử dụng tuân theo bản mô tả của sáng chế, bao gồm cả định nghĩa. Ngoài ra, nguyên liệu, các phương pháp và các ví dụ chỉ nhằm minh họa và không nhằm giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Các tài liệu sau được đưa vào bản mô tả bằng cách viện dẫn: Đơn quốc tế số PCT/US2007/022719, nộp ngày 26 tháng 10 năm 2007, và đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 61/049,406 nộp ngày 30 tháng 4 năm 2008.

Các dấu hiệu và ưu điểm khác của sáng chế sẽ được làm rõ hơn nhờ phần mô tả và yêu cầu bảo hộ dưới đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là sơ đồ khối minh họa quá trình chuyển hóa của sinh khối thành sản phẩm và sản phẩm phụ.

FIG.2 là biểu đồ thể hiện profin lượng các ion, điện tử và photon trong nguyên liệu ở pha ngưng tụ.

FIG.3 là biểu đồ của hệ chiếu chùm ion.

FIG.4A và FIG.4B là biểu đồ thể hiện sự phân bố năng lượng chùm ion.

FIG.4C là biểu đồ thể hiện profin lượng ion trong mẫu được chiếu.

FIG.5 là biểu đồ của phân tử tán xạ bao gồm nhiều vùng phụ.

FIG.6 là biểu đồ của hệ chiếu chùm ion bao gồm một bộ lọc ion.

Các FIG.7A-C là biểu đồ thể hiện sự phân bố năng lượng đối với chùm ion chưa được lọc và đã được lọc.

FIG.8 là biểu đồ thể hiện ba profin lượng ion tương ứng với việc chiếu các chùm ion có năng lượng trung bình khác nhau vào mẫu.

FIG.9A là biểu đồ thể hiện profin lượng ion thực đối với mẫu được chiếu dựa trên ba profin lượng ion của FIG.8.

FIG.9B là biểu đồ thể hiện ba profin lượng ion khác nhau tương ứng với chùm ion có năng lượng trung bình và dòng ion khác nhau.

FIG.9C là biểu đồ thể hiện profin lượng ion thực dựa trên ba profin lượng ion của FIG.9B.

FIG.10A là biểu đồ thể hiện ba profin lượng ion khác nhau tương ứng với việc chiếu các chùm có ba dạng ion khác nhau vào mẫu.

FIG.10B là biểu đồ thể hiện profin lượng ion thực dựa trên ba profin lượng ion của FIG.10A.

Các ký hiệu tham chiếu giống nhau được dùng trên các hình vẽ khác nhau để chỉ các phần tử giống nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Xử lý sinh khối bằng bức xạ là hữu ích để tạo ra nhiên liệu và sản phẩm. Nói chung, nguyên liệu sinh khối được tạo ra bằng vật lý trước khi xử lý bằng bức xạ. Nguyên liệu có thể được tạo ra sao cho nó được đồng đều hơn, ví dụ, nhằm làm giảm cỡ hạt, nhằm thay đổi lượng nước, nhằm kiểm soát độ nhớt, và v.v. Nguyên liệu được

xử lý bằng bức xạ để làm thay đổi cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử. Ngoài ra, nguyên liệu có thể được xử lý theo các cách khác, ví dụ, bằng siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân, và nổ bằng hơi nước. Nguyên liệu thu được có thể được bảo quản hoặc sử dụng theo nhiều cách khác nhau.

Một ứng dụng là lên men nhằm tạo ra sản phẩm dễ cháy như rượu. Vi sinh vật có thể được kết hợp với nguyên liệu thu được, và, tùy ý, các thành phần khác. Hỗn hợp được lên men và sản phẩm được thu hồi. Ví dụ, rượu có thể được thu hồi bằng cách chưng cất.

Theo một số phương án, bức xạ được áp dụng trên quy mô lớn, ví dụ, với mẻ ít nhất 50kg, 100kg, hoặc 500kg. Việc xử lý cũng có thể được áp dụng theo kiểu liên tục hoặc bán liên tục, ví dụ, với nguyên liệu dịch chuyển dưới chùm bức xạ, ví dụ, sao cho xử lý được ít nhất 100, 500, 1000, 5000, hoặc 20000kg cho mỗi giờ.

Nhiều loại nguyên liệu sinh khối có thể được dùng làm nguyên liệu ban đầu. Ví dụ về sinh khối bao gồm sinh khối thực vật, sinh khối động vật, và sinh khối chất thải đô thị. Sinh khối bao gồm nguyên vật liệu như xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza.

Thông thường, sinh khối là nguyên liệu chứa hydrat cacbon như xenluloza. Nói chung, nguyên liệu sinh khối bất kỳ là hoặc bao gồm hydrat cacbon chứa toàn bộ một hoặc nhiều đơn vị saccarit hoặc chứa một hoặc nhiều đơn vị saccarit có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ được đề cập trong bản mô này. Ví dụ, nguyên liệu sinh khối có thể là nguyên liệu xenluloza hoặc nguyên liệu lignoxenluloza, hoặc nguyên liệu tinh bột như hạt ngô, hạt gạo hoặc các loại thực phẩm khác.

Ví dụ thêm về nguyên liệu sinh khối bao gồm giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu liên quan đến gỗ, mùn cưa, cỏ, vỏ trấu, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, lanh, tre, cây sidan, cây chuối abaca, rom, lõi ngô, vỏ trấu, vỏ dừa, tạo, rong biển, bông, xenluloza tổng hợp, hoặc hỗn hợp của các dạng bất kỳ này. Các ví dụ khác nữa được mô tả trong Công bố đơn quốc tế số WO 2008/073186 nộp ngày 26 tháng 10 năm 2007, và đơn patent Mỹ số 12/429,045 nộp ngày 23 tháng 4 năm 2009.

Nguyên liệu sinh khối khác nhau thường sẵn có nhưng, trừ khi chưa được xử lý, đôi khi có thể là khó xử lý, ví dụ, bằng cách lên men, hoặc có thể thu được hiệu suất

dưới tối ưu ở tốc độ thấp. Trong các phương pháp được đề cập trong bản mô này, trước tiên nguyên vật liệu có thể được tạo ra bằng vật lý để xử lý, thường bằng cách làm giảm kích cỡ nguyên vật liệu thô. Nguyên liệu được tạo ra bằng vật lý có thể được xử lý sơ bộ hoặc được xử lý bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bước xử lý bao gồm bức xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân, và nổ bằng hơi nước. Các hệ thống và các phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau có thể được dùng kết hợp hai, ba, hoặc thậm chí bốn công nghệ này. Việc kết hợp các phương pháp xử lý sơ bộ khác nhau được đề cập trong, ví dụ, WO 2008/073186.

Trong một số trường hợp, để thu được nguyên liệu chứa hydrat cacbon như xenluloza, có thể chuyển hóa bằng vi sinh vật thành một số sản phẩm mong muốn như nhiên liệu dễ cháy (ví dụ, etanol, butanol hoặc hydro), nguyên liệu bao gồm một hoặc nhiều đơn vị saccarit có thể được xử lý bằng một hoặc nhiều quy trình bất kỳ. Các sản phẩm và sản phẩm phụ khác có thể được tạo ra bao gồm, ví dụ, thực phẩm cho người, thức ăn động vật, dược phẩm, và chất dinh dưỡng. Ví dụ về các sản phẩm khác được mô tả trong đơn patent Mỹ số 12/417,900, 12/417,707, 12/417,720, và 12/417,731, đều được nộp ngày 3 tháng 4 năm 2009.

Khi sinh khối là hoặc chứa hydrat cacbon thì nó có thể bao gồm, ví dụ, nguyên liệu có một hoặc nhiều liên kết cầu 13-1,4 và có phân tử lượng trung bình số nằm trong khoảng từ 3.000 đến 50.000. Các hydrat cacbon này là hoặc chứa xenluloza (I), được dẫn xuất từ (β -glucoza 1) qua ngưng tụ của các liên kết $\beta(1\rightarrow4)$ -glycosit. Bản thân liên kết này đối lập với các liên kết $\alpha(1\rightarrow4)$ -glycosit có trong tinh bột và các hydrat cacbon khác.

Nguyên liệu tinh bột bao gồm chính tinh bột, ví dụ, tinh bột ngô, tinh bột lúa mì, tinh bột khoai tây hoặc tinh bột gạo, dẫn xuất của tinh bột, hoặc nguyên liệu bao gồm tinh bột như sản phẩm thực phẩm ăn được hoặc cây trồng. Ví dụ, nguyên liệu tinh bột có thể là aracacha, bột kiều mạch, chuối, lúa mạch, sắn, kudzu, oca, bột cọ sagu, lúa miến, khoai tây thường, khoai tây ngọt, khoai sọ, khoai lang, hoặc một hoặc nhiều đậu như favas, đậu lăng hoặc đậu Hà lan. Hỗn hợp của một hoặc nhiều nguyên liệu tinh bột bất kỳ cũng là nguyên liệu tinh bột. Theo các phương án cụ thể, nguyên liệu tinh bột có nguồn gốc từ ngô. Tinh bột ngô khác nhau và dẫn xuất được mô tả trong "Corn Starch," Corn Refiners Association (11th Edition, 2006).

Nguyên liệu sinh khối bao gồm đường có phân tử lượng thấp có thể, ví dụ, bao gồm ít nhất 0,5% trọng lượng đường thấp phân tử, ví dụ, ít nhất là 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12,5, 25, 35, 50, 60, 70, 80, 90 hoặc thậm chí ít nhất là 95% trọng lượng đường có phân tử lượng thấp. Trong một số trường hợp, sinh khối chứa hầu như đường có phân tử lượng thấp, ví dụ, lớn hơn 95% trọng lượng, như 96, 97, 98, 99 hoặc gần như 100% trọng lượng đường có phân tử lượng thấp.

Nguyên liệu sinh khối bao gồm đường có phân tử lượng thấp có thể là sản phẩm nông nghiệp hoặc sản phẩm thực phẩm, như mía và củ cải đường hoặc sản phẩm chiết từ chúng, ví dụ, nước ép từ mía, hoặc nước ép từ củ cải đường. Nguyên liệu sinh khối bao gồm đường có phân tử lượng thấp có thể gần như là chất chiết tinh khiết, như đường thô hoặc đường kết tinh (sucroza). Đường có phân tử lượng thấp bao gồm các dẫn xuất của đường. Ví dụ, đường có phân tử lượng thấp có thể là oligome (ví dụ, bằng hoặc lớn hơn 4-me, 5-me, 6-me, 7-me, 8-me, 9-me hoặc 10-me), trime, đime, hoặc monome. Khi hydrat cacbon được tạo thành từ hơn một đơn vị lặp lại, mỗi đơn vị lặp lại có thể là giống nhau hoặc khác nhau.

Ví dụ cụ thể về đường có phân tử lượng thấp bao gồm xenlobioza, lactoza, sucroza, glucoza và xyloza, cùng với các dẫn xuất của chúng. Trong một số trường hợp, các dẫn xuất của đường được hòa tan nhanh hơn trong dung dịch hoặc được vi khuẩn sử dụng để tạo ra nguyên liệu hữu ích như etanol hoặc butanol.

Hỗn hợp của nguyên liệu sinh khối bất kỳ được đề cập trong bản mô này (ví dụ, hỗn hợp của nguyên liệu sinh khối bất kỳ, các thành phần, sản phẩm, và/hoặc sản phẩm phụ được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp được đề cập trong bản mô này) có thể được dùng để tạo ra sản phẩm bất kỳ được đề cập trong bản mô này như etanol. Ví dụ, hỗn hợp của nguyên liệu xenluloza và nguyên liệu tinh bột có thể được dùng để tạo ra sản phẩm.

Nhiên liệu và các sản phẩm khác (ví dụ, etanol, bioetanol, rượu khác, và các hydrocacbon dễ cháy khác) được tạo ra bằng các phương pháp được đề cập trong bản mô tả này có thể được trộn với các dạng chứa hydrocacbon khác. Ví dụ, etanol được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ được đề cập trong bản mô tả này có thể được trộn với xăng để tạo ra "gasohol," có thể được dùng làm nhiên liệu dễ cháy trong rất nhiều ứng dụng, bao gồm động cơ ô tô.

Quy trình xử lý sinh khối

FIG. 1 thể hiện hệ thống 100 để chuyển hoá sinh khối, cụ thể là sinh khối với các thành phần xenluloza và lignoxenluloza và/hoặc thành phần tinh bột đáng kể, thành sản phẩm và sản phẩm phụ hữu ích. Hệ thống 100 bao gồm hệ thống chuẩn bị nguyên liệu phụ 110, hệ thống xử lý sơ bộ phụ 114, hệ thống xử lý sơ cấp phụ 118, và hệ thống sau xử lý phụ 122. Hệ thống chuẩn bị nguyên liệu phụ 110 nhận sinh khối ở dạng thô của nó, chuẩn bị sinh khối về mặt vật lý để sử dụng làm nguyên liệu by xuôi dòng các quy trình (ví dụ, làm giảm kích cỡ của và làm đồng nhất sinh khối), và bảo quản sinh khối cả ở dạng thô lẫn dạng nguyên liệu của nó.

Sinh khối với các thành phần xenluloza và/hoặc lignoxenluloza, hoặc thành phần tinh bột đáng kể có thể có phân tử lượng trung bình cao và độ kết tinh được cải biến bằng một hoặc nhiều bước xử lý sơ bộ để làm thuận lợi việc sử dụng nguyên liệu.

Hệ thống xử lý sơ bộ phụ 114 tiếp nhận nguyên liệu từ hệ thống chuẩn bị nguyên liệu phụ 110 và chuẩn bị nguyên liệu để sử dụng trong quy trình điều chế thứ cấp bằng cách, ví dụ, làm giảm phân tử lượng trung bình và độ kết tinh của nguyên liệu và/hoặc làm tăng diện tích bề mặt và/hoặc độ xốp của nguyên liệu. Trong một số trường hợp, nguyên liệu sinh khối đã xử lý sơ bộ có độ ẩm thấp, ví dụ, nhỏ hơn 7,5, 5, 3, 2,5, 2, 1,5, 1, hoặc 0,5% trọng lượng nước. Việc giảm độ ẩm có thể đạt được, ví dụ, bằng cách làm khô nguyên liệu sinh khối. Quy trình xử lý sơ bộ có thể tránh được việc phải sử dụng các hóa chất gắt như axit và bazơ mạnh.

Hệ thống xử lý sơ cấp phụ 118 tiếp nhận nguyên liệu xử lý sơ bộ từ hệ thống xử lý sơ bộ phụ 114 và tạo ra sản phẩm hữu ích (ví dụ, etanol, rượu khác, dược phẩm, và/hoặc sản phẩm thực phẩm). Quy trình điều chế thứ cấp thường bao gồm quy trình như lên men (ví dụ, bằng cách sử dụng vi sinh vật như nấm và/hoặc vi khuẩn), xử lý hóa học (ví dụ, thủy phân), và khí hóa.

Trong một số trường hợp, đầu ra của hệ thống xử lý sơ cấp phụ 118 có thể sử dụng ngay nhưng, trong các trường hợp khác, đầu ra đòi hỏi xử lý tiếp vì phân hệ sau xử lý 122. Phân hệ sau xử lý 122 cần xử lý tiếp hơi nước sản phẩm từ hệ xử lý sơ cấp 118 (ví dụ, chưng cất và làm biến tính etanol) cũng như xử lý dòng nước thải từ các phân hệ khác. Trong một số trường hợp, sản phẩm phụ của các phân hệ 114, 118, 122 cũng có thể dùng làm sản phẩm thứ cấp trực tiếp hoặc gián tiếp và/hoặc làm tăng toàn bộ hiệu suất của hệ 100. Ví dụ, phân hệ sau xử lý 122 có thể tạo ra nước đã xử lý để được tái tuần hoàn nhằm sử dụng làm nước đã xử lý trong các phân hệ khác và/hoặc có

thể tạo ra chất thải dễ cháy có thể được dùng làm nhiên liệu cho nồi đun tạo ra hơi nước và/hoặc điện. Nói chung, các bước sau xử lý có thể bao gồm một hoặc nhiều bước như chưng cất nhằm tách các thành phần khác nhau, xử lý nước thải (ví dụ, sàng lọc, cân bằng hữu cơ, chuyển hóa nước thải), tách bằng cơ học, và/hoặc đốt cháy chất thải.

Các hệ chùm ion để xử lý sơ bộ sinh khối

Xử lý sơ bộ sinh khối bằng chùm ion (ví dụ, chiếu ion) có thể là phương pháp xử lý đặc biệt hiệu quả, kinh tế, và năng suất cao. Xử lý sơ bộ bằng chùm ion thường bao gồm chiếu sinh khối (được xử lý, hoặc không được xử lý bằng cơ học) với một hoặc nhiều dạng ion khác nhau được tạo ra trong một hoặc nhiều nguồn ion. Ion có thể được tăng tốc trong các hệ tăng tốc được nối với nguồn ion, và có thể tạo ra các ion có năng lượng và tốc độ khác nhau. Thông thường, trong xử lý sơ bộ trên cơ sở ion, các ion không được tăng tốc đến năng lượng đủ để gây ra việc tạo ra lượng lớn bức xạ tia x. Do đó, những yêu cầu về việc chắn và che chắn với nguồn ion có thể được xem xét thoải mái so với các yêu cầu tương tự đối với nguồn điện tử.

Khi chùm ion chiếu xạ được dùng, nó có thể được dùng cho mẫu bất kỳ là khô hoặc ướt, hoặc thậm chí phân tán trong chất lưu như nước. Ví dụ, việc chiếu xạ chùm ion có thể được thực hiện trên xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza trong đó nhỏ hơn khoảng 25% trọng lượng của xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza có bề mặt được thấm ướt bằng chất lưu như nước. Theo một số phương án, việc chiếu xạ chùm ion được thực hiện trên xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza trong đó gần như không có xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza được thấm ướt bằng chất lưu như nước.

Khi chùm ion chiếu xạ được dùng, nó có thể được ứng dụng trong khi xenluloza và/hoặc nguyên liệu lignoxenluloza được chiếu không khí, không khí giàu oxy, hoặc thậm chí chính oxy, hoặc được phủ bằng khí trơ như nitơ, argon, hoặc heli. Khi muốn oxy hóa nguyên liệu sinh khối, môi trường oxy hóa được dùng như không khí hoặc oxy, và các đặc tính của chùm nguồn ion có thể được điều chỉnh để gây ra việc tạo thành khí phản ứng, ví dụ, sự tạo thành ozon và/hoặc oxit của nitơ. Các khí phản ứng này phản ứng với nguyên liệu sinh khối, riêng rẽ hoặc cùng với các ion tới, để gây ra sự suy biến nguyên liệu. Ví dụ, khi chiếu sinh khối bằng chùm ion được dùng, sinh khối có thể được chiếu các ion trong điều kiện áp suất của một hoặc nhiều khí lớn hơn 2,5 atm, như lớn hơn 5, 10, 15, 20 hoặc thậm chí lớn hơn 50 atm.

Các ion tới nguyên liệu sinh khối thường phân tán và ion hóa các phần sinh khối nhờ phân tán Coulomb. Sự tương tác giữa ion và sinh khối cũng có thể tạo ra điện tử năng lượng (ví dụ, điện tử thứ cấp) có thể tương tác tiếp với sinh khối (ví dụ, gây ion hóa tiếp). Các ion có thể tích điện dương hoặc tích điện âm, và có thể có một điện tích dương hoặc một điện tích âm, hoặc nhiều điện tích, ví dụ, bằng hoặc lớn hơn một, hai, ba hoặc thậm chí bốn điện tích. Trong các trường hợp muốn phân cắt mạch, có thể cần các hạt tích điện dương, một phần, do bản chất axit của chúng.

Ion mà nguyên liệu sinh khối được chiếu có thể có khối lượng của điện tử nghỉ, hoặc lớn hơn, ví dụ, bằng 500 hoặc lớn hơn, 1000, 1500, hoặc 2000, ví dụ, 10.000 hoặc thậm chí 100.000 lần khối lượng điện tử nghỉ. Ví dụ, ion có thể có khối lượng nằm trong khoảng từ 1 đơn vị nguyên tử đến 150 đơn vị nguyên tử, ví dụ, nằm trong khoảng từ 1 đơn vị nguyên tử đến 50 đơn vị nguyên tử, hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 25, ví dụ, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 hoặc 15 amu. Ví dụ về các ion và thiết bị tăng tốc ion được đề cập trong *Introductory Nuclear Physics*, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, *FIZIKA B* 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy", Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 March 2006, Iwata, Y. và đồng tác giả, "Alternating-Phase Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators", *Proceedings của EPAC 2006*, Edinburgh, Scotland, và Leitner, C.M. và đồng tác giả, "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", *Proceedings of EPAC 2000*, Vienna, Austria.

Rất nhiều dạng ion khác nhau có thể được dùng để xử lý sơ bộ nguyên liệu sinh khối. Ví dụ, proton, nhân heli, ion argon, ion silic, ion neon, ion cacbon, ion phospho, ion oxy hoặc ion nitơ có thể được dùng. Theo một số phương án, ion có thể gây sự phân cắt mạch cao hơn so với liều lượng tương đương của các điện tử. Trong một số trường hợp, các ion tích điện dương có thể tạo ra lượng phân cắt mạch cao hơn và/hoặc các quy trình khác so với các ion tích điện âm do tính axit của chúng. Theo cách khác, theo một số phương án, phụ thuộc vào bản chất của sinh khối, các ion tích điện âm có thể có hiệu quả hơn so với các ion tích điện dương khi gây ra phân cắt mạch và/hoặc các xử lý khác, do bản chất kiềm của chúng.

Sau khi sinh ra và/hoặc tăng tốc, năng lượng trung bình của các ion trong chùm ion có thể nằm trong khoảng từ 1,0MeV/đơn vị nguyên tử đến 6000MeV/đơn vị nguyên tử, ví dụ, nằm trong khoảng từ 3MeV/đơn vị nguyên tử đến 4800MeV/đơn vị

nguyên tử, hoặc nằm trong khoảng từ 10MeV/đơn vị nguyên tử đến 1000MeV/đơn vị nguyên tử.

Nói chung, nhiều dạng ion khác nhau có thể được dùng để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối. Ví dụ, theo một số phương án, chùm ion có thể bao gồm các ion tương đối nhẹ như proton và/hoặc ion heli. Theo một số phương án, chùm ion có thể bao gồm các ion nặng trung bình hơn như ion cacbon, ion nitơ, ion oxy, và/hoặc ion neon. Theo một số phương án, chùm ion có thể bao gồm các ion nặng hơn nữa như ion argon, ion silic, ion phospho, ion natri, ion canxi, và/hoặc ion sắt.

Theo một số phương án, chùm ion được dùng để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối có thể bao gồm hơn một dạng ion khác nhau. Ví dụ, chùm ion có thể bao gồm hỗn hợp của hai hoặc nhiều (ví dụ, ba, bốn, năm, sáu hoặc hơn) dạng ion khác nhau. Ví dụ về hỗn hợp này có thể bao gồm ion cacbon và proton, ion cacbon và ion oxy, ion nitơ và proton, và ion sắt và proton. Phổ biến hơn, hỗn hợp của ion bất kỳ đề cập trong bản mô tả này (hoặc các ion khác bất kỳ) có thể được dùng để tạo ra chùm ion được dùng để chiếu xạ sinh khối. Cụ thể, hỗn hợp của các ion tương đối nhẹ và tương đối nặng hơn có thể được dùng trong một chùm ion, trong đó mỗi chùm có dạng ion khác nhau có hiệu quả khác nhau trong dạng chiếu xạ nguyên liệu sinh khối khác nhau.

Theo một số phương án, chùm ion để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối bao gồm các ion tích điện dương. Các ion tích điện dương có thể bao gồm, ví dụ, ion hydro tích điện dương (ví dụ, proton), các ion khí hiếm (ví dụ, heli, neon, argon), ion cacbon, ion nitơ, ion oxy, ion silic, ion phospho, và các ion kim loại như ion natri, ion canxi, và/hoặc ion sắt. Không bị giới hạn bởi lý thuyết, tin rằng các ion tích điện dương như vậy tác động hóa học như các gốc axit Lewis khi chiếu nguyên liệu sinh khối, khơi mào và tăng tốc các phản ứng như các phản ứng phân cắt mở chuỗi và vòng cation trong môi trường axit và/hoặc oxy hóa.

Theo một số phương án, chùm ion để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối bao gồm các ion tích điện âm. Các ion tích điện âm có thể bao gồm, ví dụ, ion hydro tích điện âm (ví dụ, các ionhydrua), và các ion tích điện âm có nhân điện âm tương đối khác nhau (ví dụ, ion oxy, ion nitơ, ion cacbon, ion silic, và ion phospho). Không bị giới hạn bởi lý thuyết, tin rằng các ion tích điện âm này tác động hóa học như các gốc bazơ Lewis khi chiếu nguyên liệu sinh khối, gây ra các phản ứng phân cắt mở chuỗi và vòng cation trong môi trường bazơ và/hoặc môi trường khử.

Theo một số phương án, chùm để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối có thể bao gồm nguyên tử trung tính. Ví dụ, một hoặc nhiều nguyên tử hydro, nguyên tử heli, nguyên tử cacbon, nitơ nguyên tử, nguyên tử oxy, nguyên tử neon, nguyên tử silic, nguyên tử phospho, nguyên tử argon, và nguyên tử sắt bất kỳ có thể chứa trong chùm được dùng để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối. Nói chung, hỗn hợp của hai hoặc nhiều dạng nguyên tử trên đây (ví dụ, bằng hoặc lớn hơn ba, bằng hoặc lớn hơn bốn, hoặc thậm chí lớn hơn nữa) có thể có trong chùm.

Phần mô tả trên đây tập trung vào chùm ion bao gồm các ion đơn nhân và/hoặc các hạt trung tính (ví dụ, các ion nguyên tử và nguyên tử trung tính). Thông thường, các hạt này – theo thuật ngữ về năng lượng – sinh ra dễ dàng nhất, và các hạt gốc mà từ đó các dạng này được sinh ra có thể là sẵn có và phong phú. Tuy nhiên, theo một số phương án, chùm để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối có thể bao gồm một hoặc nhiều dạng ion hoặc các hạt trung tính là đa nhân, ví dụ, bao gồm nhiều nhân, và thậm chí bao gồm hai hoặc nhiều dạng nhân khác nhau. Ví dụ, chùm ion có thể bao gồm các ion dương và/hoặc âm và/hoặc các hạt trung tính được tạo ra từ các dạng như N_2 , O_2 , H_2 , CH_4 , và các dạng phân tử khác. Chùm ion cũng có thể bao gồm các ion và/hoặc các hạt trung tính được tạo thành từ các dạng nặng hơn thậm chí chứa nhiều nhân như các dạng hydrocacbon khác nhau và/hoặc các dạng vô cơ khác nhau, bao gồm hợp chất kết hợp của các kim loại khác nhau.

Theo một số phương án, chùm ion được dùng để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối bao gồm các ion tích điện một lần như một hoặc nhiều H^+ , H^- , He^+ , He^- , Ne^+ , Ar^+ , C^+ , C^- , O^+ , O^- , N^+ , N^- , Si^+ , Si^- , P^+ , P^- , Na^+ , Ca^+ , Fe^+ , Rh^+ , Ir^+ , Pt^+ , Re^+ , Ru^+ , và Os^+ . Theo một số phương án, chùm ion có thể bao gồm các ion tích điện nhiều lần như một hoặc nhiều C^{2+} , C^{3+} , C^{4+} , N^{3+} , N^{5+} , N^{3-} , O^{2+} , O^{2-} , O_2^{2-} , Si^{2+} , Si^{4+} , Si^{2-} , và Si^{4-} . Nói chung, chùm ion cũng có thể bao gồm nhiều ion đa nhân phức tạp mang nhiều điện tích dương hoặc âm. Theo một số phương án, do cấu trúc của ion đa nhân, điện tích dương hoặc điện tích âm có thể được phân bố một cách hiệu quả gần như trên toàn bộ cấu trúc của ion. Theo một số phương án, ở mức độ nào đó điện tích dương hoặc điện tích âm có thể được hạn chế trên các phần cấu trúc của ion, vì cấu trúc điện tử của ion. Nói chung, chùm ion được dùng để chiếu xạ nguyên liệu sinh khối có thể bao gồm các ion, cả ion dương và/hoặc ion âm, của dạng phân tử bất kỳ được đề cập trong bản mô tả này, và ion có thể thường bao gồm một hoặc nhiều điện tích. Chùm ion cũng có thể bao gồm các dạng ion khác, tích điện dương và/hoặc tích điện âm, mang một hoặc nhiều điện tích.

Ion và chùm ion có thể được sinh ra bằng cách sử dụng rất nhiều phương pháp. Ví dụ, ion hydro (ví dụ, cả proton và ion hydro) có thể được sinh ra bằng cách ion hóa trường của khí hydro và/hoặc nhờ làm nóng bằng nhiệt khí hydro. Các ion khí hiếm có thể được sinh ra bằng cách ion hóa trường. Các ion cacbon, oxy, và nitơ có thể được sinh ra bằng cách ion hóa trường, và có thể được tách khỏi các ion khác (khi chúng được sinh ra đồng thời) bằng thiết bị phân tích bán cầu. Các ion nặng hơn như natri và sắt có thể được tạo ra nhờ phát xạ nhiệt từ nguyên liệu đích thích hợp. Các phương pháp thích hợp để sinh ra chùm ion được mô tả, ví dụ, trong các đơn Mỹ số 61/049,406 và 61/073,665, và 12/417,699.

Rất nhiều thiết bị tăng tốc chùm hạt khác nhau có thể được dùng để tăng tốc ion trước khi chiếu ion vào nguyên liệu sinh khối. Ví dụ, thiết bị tăng tốc chùm hạt thích hợp bao gồm thiết bị tăng tốc Dynamitron®, thiết bị tăng tốc Rhodotron®, thiết bị tăng tốc tĩnh, thiết bị tăng tốc động tuyến tính (ví dụ, LINACs), thiết bị tăng tốc van de Graaff, và thiết bị tăng tốc Pelletron nổi tầng uốn nếp. Các thiết bị tăng tốc thích hợp này và các thiết bị tăng tốc khác được mô tả, ví dụ, trong các đơn patent Mỹ số 61/049,406 và 61/073,665, và 12/417,699.

Theo một số phương án, hỗn hợp của hai hoặc nhiều dạng khác của thiết bị tăng tốc có thể được dùng để tạo ra chùm ion thích hợp để xử lý sinh khối. Ví dụ, thiết bị tăng tốc nổi tầng uốn nếp có thể được dùng kết hợp với thiết bị tăng tốc tuyến tính, thiết bị tăng tốc Rhodotron®, thiết bị tăng tốc Dynamitron®, thiết bị tăng tốc tĩnh, hoặc dạng thiết bị tăng tốc khác bất kỳ để tạo ra chùm ion. Thiết bị tăng tốc có thể được lắp nối tiếp, với chùm ion đầu ra từ một dạng thiết bị tăng tốc được đi trực tiếp vào một thiết bị tăng tốc khác để tăng tốc bổ sung. Theo cách khác, nhiều thiết bị tăng tốc có thể được lắp song song để sinh ra nhiều chùm ion để xử lý sinh khối. Theo một số phương án, nhiều thiết bị tăng tốc có dạng giống nhau có thể được lắp kiểu song song và/hoặc kiểu nối tiếp để sinh ra chùm ion tăng tốc.

Theo một số phương án, nhiều thiết bị tăng tốc giống nhau và/hoặc khác nhau có thể được dùng để sinh ra chùm ion có thành phần khác nhau. Ví dụ, thiết bị tăng tốc thứ nhất có thể được dùng để sinh ra một dạng chùm ion, trong khi thiết bị tăng tốc thứ hai có thể được dùng để sinh ra dạng chùm ion thứ hai. Sau đó, hai chùm ion có thể được tăng tốc riêng tiếp trong một thiết bị tăng tốc khác, hoặc có thể được dùng để xử lý sinh khối.

Ngoài ra, theo một số phương án, một thiết bị tăng tốc có thể được dùng để sinh ra nhiều chùm ion để xử lý sinh khối. Ví dụ, thiết bị tăng tốc bất kỳ được đề cập trong bản mô tả này (và cũng như các dạng thiết bị tăng tốc khác) có thể được cải biến để tạo ra nhiều chùm ion đầu ra bằng cách chia nhỏ dòng ion ban đầu được đưa vào thành thiết bị tăng tốc từ nguồn ion. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, chùm ion bất kỳ được tạo ra bằng thiết bị tăng tốc bất kỳ được đề cập trong bản mô tả này có thể chỉ bao gồm một dạng ion, hoặc nhiều dạng ion khác nhau.

Nói chung, khi nhiều thiết bị tăng tốc khác nhau được dùng để tạo ra một hoặc nhiều chùm ion để xử lý sinh khối, nhiều thiết bị tăng tốc khác nhau có thể được đặt theo trật tự bất kỳ đối với thiết bị tăng tốc kia. Điều này tạo ra tính linh hoạt cao trong việc tạo ra một hoặc nhiều chùm ion, mỗi chùm ion này đã được chọn lọc một cách cẩn thận về đặc tính để xử lý sinh khối (ví dụ, để xử lý các thành phần khác nhau trong sinh khối).

Thiết bị tăng tốc ion được đề cập trong bản mô tả này cũng có thể được dùng kết hợp với các bước xử lý sinh khối khác bất kỳ. Ví dụ, theo một số phương án, các điện tử và các ion có thể được dùng kết hợp để xử lý sinh khối. Các điện tử và các ion có thể được tạo ra và/hoặc tăng tốc riêng rẽ, và được dùng để xử lý sinh khối liên tiếp (theo thứ tự bất kỳ) và/hoặc đồng thời. Theo một số phương án, điện tử và chùm ion có thể được tạo ra trong thiết bị tăng tốc thông thường và được dùng để xử lý sinh khối. Một số thiết bị tăng tốc ion có thể được cấu trúc để tạo ra chùm điện tử để thay thế, hoặc ngoài ra, chùm ion. Ví dụ, thiết bị tăng tốc Dynamitron®, thiết bị tăng tốc Rhodotron®, và LINAC có thể được cấu trúc để tạo ra chùm điện tử để xử lý sinh khối.

Ngoài ra, việc xử lý sơ bộ sinh khối bằng chùm ion có thể được kết hợp với các phương pháp xử lý sơ bộ sinh khối khác như siêu âm, nhiệt phân, oxy hóa, nổ bằng hơi nước, và/hoặc chiếu xạ bằng các dạng bức xạ khác (ví dụ, điện tử, bức xạ gama, tia x, bức xạ tử ngoại). Nói chung, các phương pháp xử lý sơ bộ khác như xử lý sơ bộ trên cơ sở siêu âm có thể xảy ra trước khi, trong khi, hoặc sau khi xử lý sơ bộ sinh khối trên cơ sở ion.

Điều kiện chiếu và đặc tính chùm ion

Nói chung, khi môi trường ngưng tụ được chiếu chùm hạt tích điện, các hạt tích điện thẩm môi trường và lắng đọng trong môi trường ở sự phân bố sâu dưới bề mặt khi các hạt này tới. Đã thấy rằng (xem, ví dụ, Fig. 1 trong Prelec (ở dưới, 1997)) sự phân bố liều lượng đối với các ion bao gồm mức tối đa rõ hơn đáng kể (đỉnh Bragg), và các ion có sự phân tán bên ít hơn đáng kể so với các hạt khác như điện tử và neutron và các dạng khác của bức xạ điện từ như tia x. Do đó, do thông tin liều lượng được kiểm soát tương đối tốt các ion tăng tốc, chúng hoạt động tương đối hiệu quả để làm thay đổi cấu trúc của nguyên liệu sinh khối. Hơn nữa, đã thấy rõ từ Fig. 6 của Prelec (ở dưới, 1997), các ion nặng hơn (như ion cacbon) có thông tin liều lượng thậm chí rõ hơn so với các ion nhẹ hơn như proton, và vì vậy tính hiệu quả tương đối của các ion nặng hơn này khi xử lý nguyên liệu sinh khối thậm chí còn lớn hơn đối với các ion nhẹ hơn.

Theo một số phương án, năng lượng trung bình của các ion tăng tốc tới nguyên liệu sinh khối bằng hoặc lớn hơn 1MeV/u (ví dụ, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 50, 100, 300, 500, 600, 800, hoặc thậm chí lớn hơn 1000MeV/u).

Theo một số phương án, năng lượng trung bình của các ion tăng tốc bằng 10MeV hoặc lớn hơn (ví dụ, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 2000, 3000, 4000 hoặc thậm chí lớn hơn 5000MeV).

Theo một số phương án, tốc độ trung bình của các ion tăng tốc bằng hoặc lớn hơn 0,0005 c (ví dụ, bằng 0,005 hoặc lớn hơn c, bằng 0,05 hoặc lớn hơn c, bằng 0,1 hoặc lớn hơn c, bằng hoặc lớn hơn 0,2 c, bằng hoặc lớn hơn 0,3 c, bằng hoặc lớn hơn 0,4 c, bằng 0,5 hoặc lớn hơn c, bằng hoặc lớn hơn 0,6 c, bằng hoặc lớn hơn 0,7 c, bằng hoặc lớn hơn 0,8 c, bằng hoặc lớn hơn 0,9 c), trong đó c là tốc độ chân không của ánh sáng. Nói chung, đối với điện thế tăng tốc đã cho, các ion nhẹ hơn tăng tốc với tốc độ cao hơn so với các ion nặng hơn. Ví dụ, đối với điện thế tăng tốc đã cho, tốc độ tối đa của ion hydro có thể là 0,05 c, trong khi tốc độ tối đa của ion cacbon có thể là 0,0005 c. Các trị số này chỉ là ví dụ; tốc độ của các ion tăng tốc phụ thuộc vào điện thế tăng tốc được dùng, kiểu vận hành của thiết bị tăng tốc, số đi qua trường tăng tốc, và các thông số khác như vậy.

Theo một số phương án, dòng ion trung bình của các ion tăng tốc bằng 10 hoặc lớn hơn⁵ hạt/giây (ví dụ, 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 , 10^{10} , 10^{11} , 10^{12} , 10^{13} , 10^{14} , 10^{15} , hoặc thậm chí bằng 10 hoặc lớn hơn¹⁶ hạt/giây).

Theo một số phương án, liều lượng chiếu xạ từ chùm ion được đưa đến nguyên liệu sinh khối bằng hoặc lớn hơn 5Mrad (ví dụ, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, hoặc thậm chí bằng 100 hoặc lớn hơn Mrad).

Khi mẫu được chiếu chùm ion, năng lượng được lắng đọng trong mẫu theo profin lượng ion (đôi khi cũng được dùng để chỉ mức phân bố liều lượng chiếu sâu). FIG. 2 thể hiện biểu đồ của profin lượng ion 2010 đại diện cho mẫu sinh khối pha ngưng tụ. Trục tung của profin lượng ion 2010 trên FIG. 2 thể hiện liều lượng ion tương đối, được đánh dấu dưới dạng hàm của độ sâu dưới bề mặt của mẫu được chiếu chùm ion, trên trục hoành. FIG. 2 cũng bao gồm, nhằm mục đích so sánh, thông tin liều lượng điện tử 2020, thông tin liều lượng chiếu xạ gama 2030, và thông tin liều lượng tia x 2040.

Như được thể hiện trong FIG. 2, cả bức xạ gama lẫn bức xạ tia x (và ngoài ra, các dạng bức xạ điện tử khác) được hấp thụ mạnh trong vùng liền kề với bề mặt của mẫu, dẫn đến liều lượng năng lượng cao nhất được lắng đọng gần bề mặt mẫu. Thông tin liều lượng bức xạ tia x và gama 2030 và 2040 giảm theo hàm mũ từ bề mặt của mẫu, vì rất ít photon có thể thâm sâu hơn vào mẫu được hấp thụ.

Liều lượng thông tin điện tử 2020 thể hiện hiệu quả tích lũy, do khả năng thâm của các điện tử Compton, nhờ đó liều lượng năng lượng lắng đọng làm tăng ở vùng lân cận của bề mặt được chiếu của mẫu với liều lượng lắng đọng tối đa ở độ xuyên sâu thông thường, nằm trong khoảng từ 3 đến 4cm trong môi trường ngưng tụ. Sau đó, liều lượng tương đối của năng lượng lắng đọng giảm tương đối nhanh kết hợp với việc làm tăng khoảng cách giữa bề mặt mẫu.

Ngược lại, chùm ion thường có thông tin liều lượng đôi khi được mô tả là ngược với thông tin liều lượng của điện tử và photon. Như được thể hiện trong FIG. 2, profin lượng ion 2010 bao gồm vùng 2012 trong đó liều lượng năng lượng tương đối không đổi được dùng cho mẫu. Sau đó, profin lượng ion 2010 bao gồm vùng 2014 dùng để chỉ đỉnh Bragg, tương ứng với một phần mẫu mà phần năng lượng lớn hơn tương đối của chùm ion được lắng đọng vào, tiếp theo là vùng 2016 trong đó liều lượng năng lượng được lắng đọng nhỏ hơn nhiều. Đỉnh Bragg, có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại (FWHM) là δ , đảm bảo rằng thông tin liều lượng cho các ion khác đáng kể với thông tin liều lượng cho các điện tử và photon có chiều dài bước sóng khác nhau.

Kết quả là, việc chiếu chùm ion vào nguyên liệu như nguyên liệu sinh khối có thể thu được hiệu quả khác với hiệu quả được tạo ra bởi photon và chùm điện tử.

Thông thường, độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014 phụ thuộc vào một số yếu tố, bao gồm bản chất của mẫu, dạng ion, và năng lượng ion trung bình. Một yếu tố quan trọng tác động đến độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014 là sự phân bố của năng lượng trong chùm ion tới. Nói chung, sự phân bố năng lượng trong chùm ion tới hẹp hơn, độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014 hẹp hơn. Ví dụ, đỉnh Bragg 2014 thường có độ rộng bằng hoặc nhỏ hơn 3mm đối với sự phân bố năng lượng ion có FWHM bằng hoặc nhỏ hơn 1keV. Độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014 có thể cũng còn nhỏ hơn nhiều 3mm trong các điều kiện này, ví dụ, bằng hoặc nhỏ hơn 2,5mm, bằng hoặc nhỏ hơn 2,0mm, bằng hoặc nhỏ hơn 1,5mm, bằng hoặc nhỏ hơn 1,0mm.

Vị trí của đỉnh Bragg 2014, được chỉ ra bằng ký hiệu γ trên FIG. 2, phụ thuộc vào một số yếu tố bao gồm năng lượng trung bình của chùm ion tới. Nói chung, đối với chùm năng lượng ion trung bình lớn hơn, đỉnh Bragg 2014 sẽ dịch chuyển đến độ sâu lớn hơn trên FIG. 2, vì các ion có năng lượng cao hơn có khả năng thâm sâu hơn vào nguyên liệu trước khi phần lớn động năng của ion bị mất qua hiện tượng phân tán.

Các đặc tính khác nhau của một hoặc nhiều chùm ion tới có thể được điều chỉnh để chiếu chùm ion chiếu xạ vào các mẫu (ví dụ, nguyên liệu sinh khối), có thể dẫn đến việc khử polyme hóa và phản ứng phân cắt chuỗi khác trong các mẫu, gây giảm trọng lượng phân tử của các mẫu theo cách đoán trước được và có kiểm soát. FIG. 3 thể hiện biểu đồ của hệ chiếu chùm ion 2100. Hệ 2100 bao gồm nguồn ion 2110 sinh ra chùm ion 2150. Các phần tử quang học 2120 (bao gồm, ví dụ, thấu kính, khẩu độ, bộ làm lệch, và/hoặc các phần tử tĩnh điện và/hoặc phần tử từ khác để điều chỉnh chùm ion 2150) đưa chùm ion 2150 tới mẫu 2130, có độ dày h theo hướng bình thường với bề mặt 2135 của mẫu 2130. Ngoài việc điều khiển chùm ion 2150, các yếu tố quang học 2120 có thể được dùng để kiểm soát các đặc tính khác nhau của chùm ion 2150, bao gồm chuẩn trực và điều tiêu của chùm ion 2150. Mẫu 2130 thường bao gồm, ví dụ, một hoặc nhiều dạng nguyên liệu sinh khối khác được đề cập trong bản mô tả này. Hệ 2100 cũng bao gồm bộ điều khiển điện tử 2190 trong điện tử viễn thông với các thành phần khác nhau của hệ (và với các thành phần khác không được thể hiện trên FIG. 3). Bộ điều khiển điện tử 2190 có thể điều khiển và/hoặc điều chỉnh thông số bất kỳ của hệ được đề cập trong bản mô tả này hoàn toàn tự động hoặc đáp ứng với đầu vào từ người điều khiển.

FIG. 3 cũng thể hiện profin lượng ion do chiếu chùm ion 2150 vào mẫu 2130. Vị trí 2160 của đỉnh Bragg trong mẫu 2130 phụ thuộc vào năng lượng trung bình của chùm ion 2150, bản chất của ion trong chùm ion 2150, nguyên liệu mà từ đó mẫu 2130 được tạo thành, và các yếu tố khác.

Trong nhiều ứng dụng của chùm ion, như trị liệu bằng ion để diệt khối u, độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014 tương đối nhỏ là có lợi, vì nó cho phép hướng đích chính xác một cách hợp lý các mô cụ thể của bệnh nhân trải qua trị liệu, và giúp làm giảm mức phá hủy do chiếu vào các mô lành ở vị trí gần.

Tuy nhiên, khi chiếu chùm ion 2150 vào nguyên liệu sinh khối như mẫu 2130, độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014 tương đối nhỏ có thể làm hạn chế hiệu suất. Thông thường, ví dụ, độ dày h của mẫu 2130 lớn hơn so với độ rộng δ của đỉnh Bragg 2014. Theo một số phương án, h về cơ bản có thể lớn hơn so với δ (ví dụ, lớn hơn hệ số bằng hoặc lớn hơn 5, hoặc bằng 10 hoặc lớn hơn, hoặc bằng hoặc lớn hơn 20, hoặc bằng 50 hoặc lớn hơn, hoặc bằng 100 hoặc lớn hơn, hoặc thậm chí lớn hơn nữa).

Để làm tăng chiều dày của mẫu 2130 trong đó liều lượng đã chọn có thể được phân phối trong khoảng thời gian cụ thể, sự phân bố năng lượng của chùm ion 2150 có thể được điều chỉnh. Các phương pháp khác nhau có thể được dùng để điều chỉnh sự phân bố năng lượng của chùm ion 2150. Một phương pháp như vậy là sử dụng một hoặc nhiều phần tử tán xạ để khử 2170 được đặt trong đường đi của chùm ion 2150 như được thể hiện trong FIG. 3. Phần tử tán xạ 2170 có thể là, ví dụ, màng mỏng tạo thành nguyên liệu kim loại như vonfam, tantali, đồng, và/hoặc nguyên liệu trên cơ sở polyme như polyme Lucite®.

Trước khi đi qua phần tử tán xạ 2170, chùm ion 2150 có sự phân bố năng lượng có độ rộng w , được thể hiện trên FIG. 4A. Khi chùm ion 2150 đi qua phần tử 2170, ít nhất một số ion trong chùm ion 2150 bị tán xạ với nguyên tử trong phần tử 2170 chuyển một phần động năng của chúng thành nguyên tử của phần tử 2170. Kết quả là, sự phân bố năng lượng của chùm ion 2150 được mở rộng đến độ rộng b lớn hơn so với w , như được thể hiện trong FIG. 4B. Cụ thể, sự phân bố năng lượng của chùm ion 2150 thu được đoạn cuối có năng lượng thấp rộng hơn do tán xạ ở phần tử 2170.

FIG. 4C thể hiện tác dụng của việc mở rộng sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150 trên profin lượng ion trong mẫu 2130. Profin lượng ion 2140a được tạo ra bằng cách chiếu chùm ion 2150 có ion với sự phân bố năng lượng được thể hiện trên FIG. 4A vào mẫu 2130. Profin lượng ion 2140a bao gồm đỉnh Bragg tương đối hẹp. Kết quả là, vùng mẫu 2130 có liều lượng tương đối cao được lắng đọng ở mức nhỏ. Ngược lại, bằng cách mở rộng ion với sự phân bố năng lượng của chùm ion 2150 để thu được mức phân bố được thể hiện trên FIG. 4B, profin lượng ion 2140b thu được trong mẫu 2130 sau khi chiếu mẫu với mức phân bố được mở rộng của năng lượng ion. Khi thông tin liều lượng 2140b thể hiện, bằng cách mở rộng ion sự phân bố năng lượng, vùng mẫu 2130 có liều lượng tương đối cao được lắng đọng tăng lên so với profin lượng ion 2140a. Bằng cách làm tăng vùng mẫu 2130 chiếu liều lượng tương đối cao, hiệu suất của xử lý chiếu có thể có thể được cải thiện.

Theo một số phương án, độ rộng b của sự phân bố năng lượng mở rộng có thể lớn hơn so với w với hệ số bằng 1,1 hoặc lớn hơn (ví dụ, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,7, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 5,0, hoặc thậm chí bằng 10,0 hoặc lớn hơn).

Thông thường, profin lượng ion trong mẫu 2130 được tạo ra bằng cách chiếu mẫu với sự phân bố năng lượng ion mở rộng được thể hiện trên FIG. 4B có đỉnh Bragg có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại (FWHM) là ϵ . Do mở rộng sự phân bố năng lượng ion, ϵ có thể lớn hơn so với δ với hệ số bằng 1,1 hoặc lớn hơn (ví dụ, bằng 1,2 hoặc lớn hơn, bằng 1,3 hoặc lớn hơn, bằng 1,5 hoặc lớn hơn, bằng 1,7 hoặc lớn hơn, bằng 2,0 hoặc lớn hơn, bằng 2,5 hoặc lớn hơn, bằng 3,0 hoặc lớn hơn, bằng 4,0 hoặc lớn hơn, bằng 5,0 hoặc lớn hơn, bằng 6,0 hoặc lớn hơn, bằng 7,0 hoặc lớn hơn, bằng 10,0 hoặc lớn hơn).

Đối với mẫu 2130 có độ dày h , sau khi mở rộng sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150 và chiếu chùm ion vào mẫu, tỷ lệ ϵ/h có thể bằng 1×10^{-6} hoặc lớn hơn (ví dụ, 1×10^{-5} , 5×10^{-5} , 1×10^{-4} , 5×10^{-4} , 1×10^{-3} , 5×10^{-3} , 0,01, 0,05, 0,08, 0,1, hoặc thậm chí bằng 0,5 hoặc lớn hơn).

Theo một số phương án, mẫu 2130 bao gồm nhiều hạt (ví dụ, các hạt hình cầu, và/hoặc sợi, và/hoặc tơ, và/hoặc các dạng hạt khác). Nói chung, hạt có sự phân bố có kích cỡ khác nhau, với cỡ hạt trung bình r . Sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150 có thể được điều chỉnh (ví dụ, bằng cách mở rộng) dựa trên cỡ hạt trung bình r của mẫu 2130 để làm tăng hiệu quả trên cơ sở ion xử lý mẫu 2130. Ví dụ, chùm ion

2150 có thể được điều chỉnh sao cho tỷ lệ ϵ/r bằng 0,001 hoặc lớn hơn (ví dụ, bằng 0,005 hoặc lớn hơn, bằng 0,01 hoặc lớn hơn, bằng 0,05 hoặc lớn hơn, bằng 0,1 hoặc lớn hơn, bằng 0,5 hoặc lớn hơn, bằng 1,0 hoặc lớn hơn, bằng 1,5 hoặc lớn hơn, bằng 2,0 hoặc lớn hơn, bằng 2,5 hoặc lớn hơn, bằng 3,0 hoặc lớn hơn, bằng 3,5 hoặc lớn hơn, bằng 4,0 hoặc lớn hơn, bằng 5,0 hoặc lớn hơn, bằng 6,0 hoặc lớn hơn, bằng 8,0 hoặc lớn hơn, bằng 10 hoặc lớn hơn, bằng 50 hoặc lớn hơn, bằng 100 hoặc lớn hơn, bằng 500 hoặc lớn hơn, bằng 1000 hoặc lớn hơn, hoặc thậm chí lớn hơn nữa).

Theo một số phương án, phần tử tán xạ 2170 có thể bao gồm nhiều phần tử tán xạ con khác nhau được cấu trúc để mở rộng sự phân bố năng lượng ion trong chùm ion 2150 bởi các lượng khác nhau. Ví dụ, FIG. 5 thể hiện phần tử tán xạ nhiều phần tử con 2170 bao gồm các phần tử con 2170a-e. Mỗi các phần tử con 2170a-e mở rộng sự phân bố năng lượng ion trong chùm ion 2150 ở mức độ khác nhau. Trong quá trình vận hành hệ thống 2100, bộ điều khiển điện tử 2190 có thể được cấu trúc để chọn lọc phần tử con thích hợp của phần tử tán xạ 2170 dựa trên thông tin như độ dày h của mẫu 2130, dạng ion trong chùm ion 2150, và năng lượng ion trung bình trong chùm ion 2150. Việc chọn lọc phần tử con thích hợp có thể được thực hiện theo kiểu tự động hoàn toàn, hoặc dựa ít nhất một phần vào đầu vào từ người điều khiển. Việc chọn lọc phần tử con thích hợp được thực hiện bằng cách dịch chuyển phần tử tán xạ 2170 theo hướng được thể hiện bằng hình mũi tên 2175 đến vị trí phần tử con được chọn trong đường đi của chùm ion 2150.

Theo một số phương án, các dụng cụ khác có thể được dùng ngoài, hoặc để thay thế, phần tử tán xạ 2170. Ví dụ, theo một số phương án, hỗn hợp của điện trường và/hoặc từ trường, được tạo ra bằng các phần tử quang ion, có thể được dùng để mở rộng sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150. Chùm ion 2150 có thể đi qua trường thứ nhất được cấu trúc để tán xạ về không gian các ion trong chùm ion. Sau khi tán xạ về mặt không gian, các ion có thể đi qua trường thứ hai bị hạn chế về mặt không gian, và chỉ làm chậm một cách chọn lọc một phần ion phân tán về mặt không gian. Sau đó, ion đi qua trường thứ ba tập hợp về mặt không gian tất cả các ion thành chùm chuẩn trực, sau đó trực tiếp đi lên bề mặt của mẫu 2130. Thông thường, các phần tử quang ion được dùng để sinh ra các trường điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion được kiểm soát bằng bộ điều khiển điện tử 2190. Bằng cách sử dụng các trường được hạn chế về mặt không gian một cách chọn lọc, có thể kiểm soát ở mức cao sự phân bố năng lượng ion cải biến, bao gồm việc sinh ra phân bố năng lượng ion có thông tin phức tạp (ví dụ, nhiều búp bức xạ). Ví dụ, theo một số phương án, bằng cách sử dụng trường

được hạn chế làm tăng tốc phân phân bố ion được phân tán về mặt không gian, sự phân bố năng lượng ion được thể hiện trên FIG. 4A có thể được mở rộng sự phân bố tối đa về mặt năng lượng cao.

Thông tin được dùng bởi bộ điều khiển điện tử 2190 để điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150 có thể bao gồm độ dày h của mẫu 2130, như được mô tả trên đây. Theo một số phương án, bộ điều khiển điện tử 2190 có thể sử dụng thông tin về profin lượng ion mong muốn trong mẫu 2130 để điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150. Thông tin về profin lượng ion mong muốn có thể thu được từ dữ liệu, ví dụ, bao gồm việc đo profin lượng ion thu được từ các nguồn tài liệu và/hoặc từ các thí nghiệm hiệu chỉnh được thực hiện trên các mẫu nguyên liệu đại diện mà mẫu 2130 được tạo ra từ đó. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, thông tin về profin lượng ion mong muốn có thể được xác định từ mô hình toán học của sự tương tác ion trong mẫu 2130 (ví dụ, kiểu tán xạ ion).

Theo một số phương án, thông tin về liều lượng ion mong muốn có thể bao gồm thông tin về FWHM của đỉnh Bragg trong profin lượng ion mong muốn. FWHM của đỉnh Bragg có thể được xác định từ việc đo profin lượng ion và/hoặc từ một hoặc nhiều mô hình toán học của tán xạ ion trong mẫu. Việc điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion của chùm ion 2150 có thể được thực hiện để làm giảm mức chênh lệch giữa độ dày h của mẫu 2130 và FWHM của đỉnh Bragg. Theo một số phương án, ví dụ, mức chênh lệch giữa h và độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của đỉnh Bragg là bằng 20 cm hoặc nhỏ hơn (ví dụ, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6 cm, 5, 4, 3, 2, 1, 0,5, 0,1, 0,05, 0,01, 0,001, 0,0001, hoặc thậm chí bằng 0,00001 cm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí bằng 0).

Theo một số phương án, hệ chiếu chùm ion có thể điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion trong chùm ion 2150 theo các cách khác. Ví dụ, hệ chiếu chùm ion có thể được cấu trúc để lọc chùm ion bằng cách khử các ion từ chùm ion 2150 có năng lượng dưới ngưỡng năng lượng đã chọn và/hoặc trên ngưỡng năng lượng đã chọn. FIG. 6 thể hiện hệ chiếu chùm ion 2200 bao gồm một bộ lọc ion 2210 được mô tả chi tiết dưới đây. Các thành phần khác của hệ 2200 là tương tự với các thành phần của hệ 2100, và sẽ không được mô tả thêm.

FIG. 7A thể hiện sự phân bố năng lượng ion tương ứng với chùm ion 2150 được tạo ra bởi nguồn ion 2110. Chùm ion 2150, với phân bố năng lượng như được thể hiện trong FIG. 7A, đi vào bộ lọc ion 2210 tại đó sự phân bố năng lượng của chùm ion 2150

được điều chỉnh bằng cách lọc ra một số ion từ chùm ion. Ví dụ, theo một số phương án, bộ lọc ion 2210 có thể được cấu trúc để khử các ion từ chùm ion 2150 có năng lượng nhỏ hơn so với ngưỡng năng lượng đã chọn. Trên FIG. 7A, ngưỡng năng lượng đã chọn là vị trí E_0 của đỉnh trong sự phân bố năng lượng ion, mặc dù phổ biến hơn, ngưỡng năng lượng bất kỳ có thể được chọn. Bằng cách lọc ra tất cả (hoặc thậm chí chỉ phân đoạn lớn) các ion có năng lượng nhỏ hơn E_0 , sự phân bố năng lượng ion đối với chùm ion 2150 là như được thể hiện trong FIG. 7B.

Ngược lại, theo một số phương án, bộ lọc ion 2210 có thể được cấu trúc để khử các ion từ chùm ion 2150 có năng lượng lớn hơn so với ngưỡng năng lượng đã chọn (khi bộ lọc ion 2210 được hoạt động như thiết bị phân tích bán cầu chẳng hạn). Ví dụ, ngưỡng năng lượng đã chọn có thể tương ứng với vị trí E_0 của đỉnh trong sự phân bố năng lượng ion, mặc dù phổ biến hơn, ngưỡng năng lượng bất kỳ có thể được chọn. Bằng cách khử toàn bộ (hoặc thậm chí phân đoạn lớn) các ion từ chùm ion 2150 có năng lượng hơn E_0 , sự phân bố năng lượng ion đối với chùm ion 2150 là như được thể hiện trong FIG. 7C.

Theo một số phương án, mẫu 2130 có thể được chiếu trực tiếp chùm ion đã được lọc 2150. Bằng cách lọc chùm ion để đạt được sự phân bố năng lượng ion hẹp hơn, ví dụ, profin lượng ion trong mẫu 2130 là rõ hơn sau khi mẫu chiếu so với khi không có lọc chùm ion 2150. Kết quả là, độ rộng của đỉnh Bragg trong mẫu 2130 nhỏ hơn so với đỉnh Bragg độ rộng đối với chùm ion chưa được lọc. Bằng cách chiếu mẫu 2130 với sự phân bố của năng lượng ion tới hẹp hơn, việc kiểm soát kỹ hơn vị trí của chùm ion 2150 có thể đạt được; mức kiểm soát chiếu ion có thể hữu ích khi chiếu nhiều dạng khác của mẫu nguyên liệu không sẵn.

Theo cách khác, sau đó chùm ion đã lọc có thể đi qua một hoặc nhiều phần tử tán xạ và/hoặc các dụng cụ khác để làm tăng độ rộng của sự phân bố năng lượng ion. Phương pháp hai bước này cải biến sự phân bố năng lượng ion – bước lọc thứ nhất, tiếp theo là bước mở rộng thứ hai – có thể được dùng để tạo ra sự phân bố năng lượng ion hoàn toàn thích hợp cho các ứng dụng đặc biệt (ví dụ, đặc biệt với một số dạng ion và/hoặc một số nguyên liệu và/hoặc một số điều kiện xử lý sơ bộ) có thể không đạt được bằng cách sử dụng quy trình mở rộng phân bố năng lượng một bước đơn giản.

Ví dụ, bằng việc lọc đầu tiên chùm ion 2150, và sau đó cho chùm ion đã lọc đi qua một hoặc nhiều phần tử tán xạ 2170, độ rõ của sự phân bố năng lượng ion có thể

được tạo ra bằng Gaussian hơn là chỉ bằng cách sử dụng bước tán xạ thay cho quy trình hai bước.

Bộ lọc ion 2210 có thể bao gồm một hoặc nhiều loại dụng cụ khác nhau để khử các ion từ chùm ion 2150. Ví dụ, theo một số phương án, bộ lọc ion 2210 bao gồm thiết bị phân tích bán cầu và bộ lọc theo khẩu độ. Thiết bị phân tích bán cầu bao gồm nguồn từ trường tán xạ ion của chùm ion 2150 theo động năng của chúng. Sau đó, bộ lọc theo khẩu độ được đặt trong đường của chùm ion tán xạ 2150 để chỉ cho phép các ion có khoảng năng lượng cụ thể đi qua khẩu độ.

Theo một số phương án, các dụng cụ khác có thể được dùng để lọc chùm ion 2150. Ví dụ, phần tử hấp phụ (ví dụ, các phần tử được cấu trúc để hấp phụ các ion tới có năng lượng nhỏ hơn so với ngưỡng năng lượng đã chọn có thể được dùng để lọc chùm ion 2150. Phần tử hấp phụ thích hợp bao gồm, ví dụ, các lá kim loại.

Theo một số phương án, chùm ion 2150 (và cụ thể là đỉnh Bragg trong profin lượng ion mong muốn được tạo ra sau khi chiếu mẫu 2130 với chùm ion 2150) có thể được quét qua mẫu 2130 để phân phối liều lượng chiếu xạ đã chọn đến các phần mẫu khác nhau. Nói chung, vị trí của đỉnh Bragg trong mẫu 2130 có thể được chọn bằng cách điều chỉnh năng lượng trung bình của chùm ion 2150 (năng lượng trung bình của chùm ion 2150 thường tương ứng với mức tối đa trong sự phân bố năng lượng ion). Nguồn ion 2110, dưới sự kiểm soát của bộ điều khiển điện tử 2190, có thể điều chỉnh năng lượng trung bình của chùm ion 2150 bằng cách thay đổi chiết điện thế dùng để tăng tốc ion trong nguồn ion.

FIG. 8 là biểu đồ thể hiện cách đỉnh Bragg của profin lượng ion trong mẫu 2130 có thể được quét qua mẫu. Trong bước thứ nhất, hệ chiếu ion 2100 được cấu trúc để tạo ra chùm ion thứ nhất với năng lượng ion trung bình đã chọn tương ứng với chiết điện thế cụ thể được dùng trong nguồn ion 2110. Khi mẫu 2130 được chiếu chùm ion thứ nhất, profin lượng ion 2010a dẫn đến mẫu có đỉnh Bragg ở vị trí 2230a. Sau khi chiếu, chiết điện thế trong nguồn ion 2110 được điều chỉnh để tạo ra chùm ion thứ hai với năng lượng ion trung bình khác nhau. Khi mẫu 2130 được chiếu chùm ion thứ hai, thu được profin lượng ion 2010b trong mẫu. Bằng cách lặp lại tiếp việc điều chỉnh của chiết điện thế trong nguồn ion 2110 để tạo ra bổ sung chùm với khác nhau năng lượng ion trung bình (và, vì vậy, profin lượng ion khác nhau, ví dụ, profin lượng ion 2010c), và chiếu mẫu 2130 với chùm bổ sung, đỉnh Bragg của profin lượng ion có thể được

quét qua mẫu 2130 theo hướng được thể hiện bằng hình mũi tên 2220 chẳng hạn. Tuy nhiên, phổ biến hơn, bằng cách thay đổi chiết điện thể trong nguồn ion 2110, vị trí đỉnh Bragg trong mẫu 2130 có thể được chọn theo ý muốn, cho phép phân phối liều lượng lớn đến các vùng đã chọn của mẫu 2130 theo trình tự bất kỳ.

Nói chung, các đặc tính khác của chùm ion 2150 cũng có thể được điều chỉnh ngoài, hoặc thay thế, điều chỉnh năng lượng ion trung bình của chùm ion. Ví dụ, theo một số phương án, góc phân kỳ của chùm ion 2150 ở bề mặt của mẫu 2130 có thể được điều chỉnh để kiểm soát profin lượng ion trong mẫu 2130. Nói chung, bằng cách làm tăng góc phân kỳ của chùm ion 2150 ở bề mặt của mẫu 2130, độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của đỉnh Bragg trong mẫu 2130 có thể tăng lên. Do đó, theo một số phương án, năng lượng trung bình của chùm ion có thể được duy trì, nhưng profin lượng ion trong nguyên liệu - bao gồm vị trí đỉnh Bragg - có thể được thay đổi bằng cách điều chỉnh góc phân kỳ của chùm ion.

Góc phân kỳ có thể được điều chỉnh tự động hoặc bởi người điều khiển kiểm soát bằng bộ điều khiển điện tử 2190. Thường các yếu tố quang học 2120 bao gồm một hoặc nhiều phần tử làm đổi hướng chùm ion như bộ làm lệch bốn cực và/hoặc tám cực. Bằng cách điều chỉnh điện áp được dùng cho các điện cực khác nhau của bộ làm lệch này, góc phân kỳ (và góc tới) của chùm ion 2150 ở bề mặt của mẫu 2130 có thể được điều chỉnh.

Theo một số phương án - không giống như trong các ứng dụng khác của chùm ion như can thiệp trong phẫu thuật - việc sử dụng chùm ion với góc phân kỳ tương đối lớn có thể có lợi, để đảm bảo rằng đỉnh Bragg đặt trong mẫu 2130 che phần dày của mẫu 2130. Ví dụ, theo một số phương án, mẫu 2130 có thể được chiếu chùm ion có góc phân kỳ bằng 2 độ hoặc lớn hơn (ví dụ, 5, 10, 15, 20, 30, 40, hoặc thậm chí bằng 50 độ hoặc lớn hơn).

Theo một số phương án, cả chùm dòng ion của chùm ion 2150 và năng lượng ion trung bình của chùm ion 2150 có thể được điều chỉnh để phân phối liều lượng tương đối không đổi như chức năng của độ dày h của mẫu 2130. Ví dụ, nếu mẫu 2130 được chiếu theo profin lượng ion liên tục 2010a, 2010b, và 2010c trên FIG. 8, profin lượng ion thực trong mẫu 2130 tương ứng với tổng của thông tin 2010a-c, được thể hiện trên FIG. 9A. Dựa trên profin lượng ion thực của FIG. 9A, rõ ràng là một số vùng mẫu 2130 nhận liều lượng thực lớn hơn so với các vùng khác của mẫu 2130.

Sự khác nhau về liều lượng thực có thể giảm được bằng cách điều chỉnh chùm dòng ion của chùm ion 2150 cùng với việc điều chỉnh năng lượng ion trung bình. Chùm dòng ion có thể được điều chỉnh trong nguồn ion 2110 dưới sự kiểm soát của bộ điều khiển điện tử 2190. Ví dụ, để làm giảm sự khác biệt về liều lượng thực được đưa đến mẫu 2130 khi đỉnh Bragg được quét qua mẫu 2130 theo hướng được thể hiện bằng hình mũi tên 2220 trên FIG. 8, chùm dòng ion có thể được giảm liên tục trong chùm ion năng lượng. Ba profin lượng ion, mỗi thông tin tương ứng với sự giảm liên tục về cả năng lượng ion trung bình lẫn dòng ion trong chùm ion 2150, được thể hiện lần lượt bằng thông tin 2010d-f trên FIG. 9B. Profin lượng ion thực trong mẫu 2130 do ba lần chiếu liên tiếp này được thể hiện trên FIG. 9C. Profin lượng ion thực thể hiện mức biến thiên giảm đáng kể như chức năng của vị trí trong mẫu 2130 so với profin lượng ion thực của FIG. 9A.

Bằng cách kiểm soát một cách cẩn thận năng lượng trung bình và dòng ion của chùm ion 2150, mức biến thiên về liều lượng ion tương đối thực theo chiều dày của mẫu 2130 sau khi chiếu chùm ion 2150 vào mẫu có thể là tương đối nhỏ. Ví dụ, sự khác biệt giữa liều lượng ion tương đối thực tối đa và liều lượng ion tương đối thực tối thiểu trong mẫu 2130 sau nhiều lần chiếu chùm ion 2150 có thể là bằng hoặc nhỏ hơn 0,2 (ví dụ, 0,15, 0,1, 0,05, 0,04, 0,03, 0,02, 0,01 hoặc thậm chí bằng hoặc nhỏ hơn 0,005).

Bằng cách kiểm soát năng lượng trung bình và dòng ion của chùm ion 2150, mỗi phần của mẫu chiếu có thể nhận liều lượng thực nằm trong khoảng từ 0,001Mrad đến 100Mrad sau nhiều lần chiếu chùm ion (ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,005Mrad đến 50Mrad, nằm trong khoảng từ 0,01Mrad đến 50Mrad, nằm trong khoảng từ 0,05Mrad đến 30Mrad, nằm trong khoảng từ 0,1Mrad đến 20Mrad, nằm trong khoảng từ 0,5Mrad đến 20Mrad, hoặc nằm trong khoảng từ 1Mrad đến 10Mrad).

Theo một số phương án, mẫu 2130 có thể được chiếu các dạng ion khác nhau. Mẫu 2130 có thể được chiếu liên tiếp một dạng ion duy nhất kế tiếp nhau, hoặc việc chiếu mẫu 2130 có thể bao gồm việc chiếu mẫu 2130 bằng một hoặc nhiều chùm ion bao gồm hai hoặc nhiều dạng ion khác nhau. Dạng ion khác nhau tạo ra profin lượng ion khác nhau trong nguyên liệu được chiếu và, bằng cách chiếu mẫu với các dạng ion khác nhau, profin lượng ion thực cụ thể trong mẫu có thể được phát hiện. FIG. 10A thể hiện biểu đồ của ba profin lượng ion khác nhau 2010g-i thu được từ việc chiếu mẫu

2130 với ba dạng ion khác nhau. Profin lượng ion 2010g-i có thể được tạo ra bằng cách chiếu liên tiếp mẫu với mỗi một trong số các dạng ion khác nhau, hoặc bằng chiếu đồng thời mẫu với hai hoặc thậm chí tất cả ba dạng ion khác nhau. Profin lượng ion thực trong mẫu 2130 do chiếu ba dạng ion khác nhau được thể hiện trên FIG. 10B. Mức biến thiên trong profin lượng ion thực như chức năng của chiều dày của mẫu giảm so với một trong số các profin lượng ion riêng rẽ bất kỳ được thể hiện trên FIG. 10A.

Theo một số phương án, các dạng ion khác nhau có thể bao gồm các ion có thành phần nguyên tử khác nhau. Ví dụ, các dạng ion khác nhau có thể bao gồm proton, ion cacbon, ion oxy, ion hydroa, ion nitơ, ion clo, ion flo, ion argon, ion neon, ion krypton, và nhiều dạng ion kim loại khác như ion natri, ion canxi, và ion lithi. Nói chung, các dạng ion khác nhau bất kỳ này có thể được dùng để xử lý mẫu 2130, và mỗi dạng ion sẽ tạo ra profin lượng ion khác nhau trong mẫu. Theo một số phương án, các ion có thể được sinh ra từ các khí sẵn có thông thường như không khí. Khi không khí được dùng làm khí nguồn, nhiều dạng ion khác nhau có thể được sinh ra. Nhiều dạng ion khác nhau có thể được tách khỏi dạng ion kia trước khi chiếu mẫu 2130, hoặc mẫu 2130 có thể được chiếu nhiều dạng ion khác nhau sinh ra từ khí nguồn như không khí.

Theo một số phương án, các dạng ion khác nhau có thể bao gồm các ion có điện tích khác nhau. Ví dụ, dạng ion khác nhau có thể bao gồm các ion dương và/hoặc âm khác nhau. Ngoài ra, dạng ion khác nhau có thể bao gồm các ion có một điện tích và/hoặc nhiều điện tích. Nói chung, các ion dương và âm của các chất hóa học giống nhau có thể tạo ra profin lượng ion khác nhau trong mẫu cụ thể, và các ion của các chất hóa học giống nhau có độ lớn điện tích khác nhau (ví dụ, tích điện một lần, tích điện hai lần, tích điện ba lần, tích điện bốn lần) có thể tạo ra profin lượng ion khác nhau trong mẫu cụ thể. Bằng cách chiếu mẫu với nhiều dạng ion khác nhau, sự thay đổi về mẫu, ví dụ, sự phá vỡ mẫu (ví dụ, khử polyme hóa, phân cắt mạch, và/hoặc giảm phân tử lượng), chức hóa, hoặc thay đổi cấu trúc khác, có thể được kiểm soát một cách cẩn thận và chọn lọc.

Theo một số phương án, hệ chiếu chùm ion có thể điều chỉnh thành phần của chùm ion dựa trên mẫu nguyên liệu. Ví dụ, một số dạng mẫu như sinh khối xenluloza, bao gồm mức tập trung lớn của gốc hydroxyl. Do đó, độ xuyên sâu hiệu quả của một số dạng ion – cụ thể là proton – trong nguyên liệu như vậy có thể lớn hơn đáng kể so với mong muốn dựa trên năng lượng ion riêng rẽ. Việc dịch chuyển proton từ vị trí này

sang vị trí khác và các sai lệch nguyên tử tương tự có thể làm tăng đáng kể tính linh động của các ion trong mẫu, làm tăng một cách hiệu quả độ xuyên sâu của các ion tới. Ngoài ra, tính linh động của ion trong mẫu tăng có thể dẫn đến việc mở rộng đỉnh Bragg. Hệ chiếu chùm ion có thể được cấu trúc để chọn lọc dạng ion cụ thể để chiếu một số mẫu, giải thích cho đặc điểm hóa học và cấu trúc của mẫu. Ngoài ra, hệ chiếu chùm ion có thể được cấu trúc tính đến sự tương tác mong muốn giữa chùm ion và nguyên liệu khi xác định cách cải biến các thông số khác của chùm ion như sự phân bố năng lượng ion trong đó.

Một khía cạnh quan trọng của hệ chùm ion và phương pháp được đề cập trong bản mô tả này là hệ và phương pháp được bộc lộ có thể chiếu sinh khối với các ion với sự có mặt của một hoặc nhiều chất lưu bổ sung (ví dụ, chất khí và/hoặc chất lỏng). Thông thường, ví dụ, khi nguyên liệu được chiếu chùm ion, việc chiếu xảy ra trong môi trường áp suất giảm như buồng chân không. Môi trường áp suất giảm được dùng để làm giảm hoặc ngăn ngừa nhiễm bẩn của nguyên liệu đã chiếu, và cũng để làm giảm hoặc ngăn ngừa sự tán xạ của chùm ion bởi các phân tử khí. Tuy nhiên, đáng tiếc là, nguyên liệu chiếu chùm ion trong các môi trường kín như buồng chân không làm hạn chế lớn hiệu suất tiềm năng đối với việc xử lý nguyên liệu với lượng lớn.

Trong các hệ và phương pháp được đề cập trong bản mô tả này, đã thấy rằng việc chiếu chùm ion vào sinh khối với sự có mặt của một hoặc nhiều chất lưu bổ sung có thể làm tăng hiệu quả xử lý sinh khối. Ngoài ra, việc chiếu chùm ion vào sinh khối trong môi trường mở (ví dụ, trong không khí ở áp suất khí quyển bình thường) mang lại hiệu suất cao hơn nhiều so với việc chiếu chùm ion vào sinh khối trong môi trường áp suất giảm.

Như được mô tả trên đây, theo một số phương án, sinh khối được chiếu chùm ion với sự có mặt của chất lưu như không khí. Các ion tăng tốc trong một hoặc nhiều dạng thiết bị tăng tốc bất kỳ được đề cập trong bản mô tả này (hoặc dạng thiết bị tăng tốc khác) được nối trong số các thiết bị tăng tốc qua một cổng ra (ví dụ, màng mỏng như lá kim loại), đi qua vùng không gian được chiếm bởi chất lưu, và sau đó tới nguyên liệu sinh khối. Ngoài việc xử lý trực tiếp sinh khối, một số ion sinh ra chất hóa học bổ sung bằng cách tương tác với các hạt chất lưu (ví dụ, các ion và/hoặc các gốc sinh ra từ các thành phần khác nhau của không khí). Các chất hóa học được sinh ra cũng có thể tương tác với sinh khối, và có thể hoạt động như chất khơi mào cho nhiều

loại phản ứng phá vỡ liên kết hóa học khác nhau trong sinh khối (ví dụ, phản ứng khử polyme hóa và các phản ứng phân cắt chuỗi khác).

Theo một số phương án, chất lưu bổ sung có thể được đưa một cách chọn lọc vào đường của chùm ion trước khi chùm ion được tới sinh khối. Như được mô tả trên đây, các phản ứng giữa ion và hạt chất lưu được đưa vào có thể sinh ra chất hóa học bổ sung phản ứng với sinh khối và có thể trợ giúp làm giảm trọng lượng phân tử của sinh khối, và/hoặc mặt khác làm thay đổi một cách chọn lọc một số đặc tính của sinh khối. Một hoặc nhiều chất lưu bổ sung có thể được hướng vào đường của chùm ion từ ống cấp, ví dụ. Hướng (tức là, vectơ chất lưu) và tốc độ chảy của chất lưu được đưa vào có thể được chọn theo tốc độ và/hoặc hướng chiếu để kiểm soát hiệu suất của toàn bộ việc xử lý sinh khối, bao gồm hiệu quả thu được từ cả việc xử lý trên cơ sở ion và hiệu quả do sự tương tác của các chất được sinh ra động từ chất lưu được đưa vào với sinh khối. Ngoài không khí, ví dụ, chất lưu có thể được đưa vào chùm ion bao gồm oxy, nitơ, một hoặc nhiều khí hiếm, một hoặc nhiều halogen, và hydro.

Theo một số phương án, chùm ion bao gồm hơn một dạng ion khác nhau có thể được dùng để xử lý sinh khối. Chùm này bao gồm nhiều dạng ion khác nhau có thể được sinh ra bằng cách kết hợp hai hoặc nhiều chùm khác nhau, mỗi chùm được tạo thành từ một dạng ion. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, theo một số phương án, chùm ion bao gồm nhiều dạng ion khác nhau có thể được sinh ra bằng cách đưa khí cấp nhiều thành phần vào nguồn ion và/hoặc thiết bị tăng tốc. Ví dụ, khí nhiều thành phần như không khí có thể được dùng để sinh ra chùm ion có dạng ion khác nhau, bao gồm ion nitơ, ion oxy, ion argon, ion cacbon, và các dạng ion khác. Nhiều thành phần nguyên liệu khác (ví dụ, chất khí, chất lỏng, và chất rắn) có thể được dùng để sinh ra chùm ion có thành phần khác nhau. Lọc các phân tử (ví dụ, bộ lọc tĩnh điện bán cầu) có thể được dùng để lọc ra một số thành phần ion và/hoặc chất trung tính để tạo ra một cách chọn lọc chùm ion có thành phần cụ thể, mà sau đó có thể được dùng để xử lý sinh khối. Bằng cách sử dụng không khí làm nguồn tạo ra chùm ion để xử lý sinh khối, chi phí vận hành của hệ xử lý có thể được giảm, ví dụ, so với các hệ dựa vào nguyên liệu tinh khiết.

Một số dạng nguyên liệu sinh khối có thể sửa đổi cụ thể để xử lý với nhiều dạng ion khác nhau và/hoặc nhiều phương pháp xử lý khác nhau. Ví dụ, nguyên liệu xenluloza thường bao gồm chuỗi xenluloza polyme kết tinh được liên kết ngang bằng phần hemixenluloza vô định hình. Xenluloza và hemixenluloza được gắn trong mạng

lignin vô định hình. Việc tách phần xenluloza ra khỏi lignin và hemixenluloza bằng cách sử dụng các phương pháp thông thường là khó và có thể tiêu tốn năng lượng.

Tuy nhiên, sinh khối xenluloza có thể được xử lý bằng nhiều dạng ion khác nhau để phá vỡ và tách các thành phần khác nhau trong đó để xử lý tiếp. Cụ thể, các đặc tính hóa học của nhiều dạng khác của loại ion có thể được dùng để xử lý sinh khối xenluloza (và các dạng sinh khối khác) để làm suy biến một cách chọn lọc và tách các thành phần của chúng. Ví dụ, các ion tích điện dương - và cụ thể là proton - hoạt động như axit khi chiếu nguyên liệu sinh khối. Ngược lại, các ion tích điện âm, cụ thể là ion hydroxua, hoạt động như bazơ khi chiếu nguyên liệu sinh khối. Kết quả là, các đặc tính hóa học của các loại này có thể được dùng để hướng đích các thành phần đặc trưng của sinh khối đã xử lý.

Khi xử lý sinh khối lignoxenluloza, ví dụ, mạng lignin thường phân giải với sự có mặt của chất phản ứng bazơ. Do đó, bằng cách xử lý trước tiên sinh khối xenluloza với các ion bazơ như ion hydroxua (hoặc các điện tử) từ chùm ion (điện tử), tốt hơn là phần lignin có thể được làm suy biến và được tách khỏi phân đoạn xenluloza và hemixenluloza. Xenluloza tương đối không bị tác động bởi việc xử lý ion như vậy, vì xenluloza thường bền với sự có mặt của bazơ.

Ngoài việc xử lý ion âm (hoặc phương pháp thay thế cho xử lý ion âm), sinh khối lignoxenluloza có thể được xử lý bằng một hoặc nhiều chất bazơ trong dung dịch để hỗ trợ tách lignin. Ví dụ, xử lý sinh khối lignoxenluloza với dung dịch natri bicacbonat có thể làm suy biến và/hoặc hòa tan lignin, có thể tách lignin đã được solvat hóa và/hoặc huyền dịch lignin ra khỏi phân đoạn xenluloza và hemixenluloza.

Xử lý ion âm bằng chùm ion cũng có thể trợ giúp tách hemixenluloza, cũng nhạy hóa học với chất phản ứng bazơ. Tùy thuộc vào cấu trúc cụ thể của sinh khối xenluloza, có thể đưa vào hơn một bước xử lý bằng ion âm (và/hoặc khi cần) để tách một cách hiệu quả phân đoạn hemixenluloza ra khỏi phân đoạn xenluloza. Ngoài ra, hơn một dạng ion có thể được dùng để tách hemixenluloza. Ví dụ, chùm ion tương đối ít bazơ như chùm ion oxy có thể được dùng để xử lý sinh khối xenluloza nhằm làm suy biến và/hoặc loại bỏ phần lignin. Sau đó, chùm ion bazơ mạnh hơn như chùm ion hydroxua có thể được dùng để làm suy biến và tách hemixenluloza ra khỏi xenluloza. Phân đoạn xenluloza còn lại phần lớn không thay đổi do chiếu hai dạng ion bazơ khác nhau.

Tuy nhiên, phân đoạn xenluloza phân giải với sự có mặt của chất axit. Do đó, bước xử lý tiếp theo có thể bao gồm việc chiếu phân đoạn xenluloza với một hoặc nhiều ion axit như proton từ chùm ion, để hỗ trợ khử polyme hóa và/hoặc làm suy biến phân đoạn xenluloza.

Mỗi bước xử lý sơ bộ bằng chùm ion và các phương pháp được đề cập trong bản mô tả này có thể được dùng kết hợp với các bước xử lý khác. Ví dụ, bước tách (bao gồm việc đưa vào dung môi như nước) có thể được dùng để rửa sạch các phân đoạn cụ thể của sinh khối xenluloza khi chúng bị suy biến. Các hóa chất khác nữa có thể được bổ sung để trợ giúp tách các thành phần khác nhau. Ví dụ, đã thấy rằng lignin được tách khỏi phân đoạn xenluloza và hemixenluloza có thể được tạo huyền phù trong dung dịch rửa. Tuy nhiên, lignin có thể lắng đọng một cách dễ dàng từ dung dịch lên phân đoạn xenluloza và hemixenluloza. Để tránh sự lắng đọng của lignin, huyền phù có thể được đun nóng nhẹ để đảm bảo lignin duy trì ở nhiệt độ dưới nhiệt độ chuyển hoá thủy tinh của nó, và vì vậy vẫn duy trì được ở dạng lỏng. Bằng cách duy trì lignin ở nhiệt độ dưới nhiệt độ chuyển hoá thủy tinh của nó, lignin có thể được rửa dễ dàng hơn ra khỏi sinh khối xenluloza. Nói chung, việc đun nóng huyền phù được kiểm soát một cách cẩn thận để tránh hiện tượng suy biến nhiệt của đường trong phân đoạn xenluloza.

Ngoài ra, các bước xử lý khác có thể được dùng để khử lignin ra khỏi xenluloza và hemixenluloza. Ví dụ, theo một số phương án, trước tiên sinh khối lignoxenluloza có thể được xử lý bằng các ion tương đối nặng (ví dụ, ion cacbon, ion oxy) để làm suy biến lignin, và sau đó xenluloza và hemixenluloza có thể được xử lý bằng các ion tương đối nhẹ (ví dụ, proton, ion heli) và/hoặc các điện tử để làm suy biến xenluloza và/hoặc hemixenluloza.

Theo một số phương án, một hoặc nhiều chất chức hóa có thể được bổ sung vào huyền phù chứa lignin để làm tăng độ hòa tan của lignin trong dung dịch, nhờ đó ngăn cản sự lắng đọng trên phân đoạn xenluloza và hemixenluloza. Ví dụ, các chất như khí amoniac và/hoặc nhiều dạng rượu khác có thể được dùng (để đưa lần lượt vào nhóm amino và hydroxyl/alkoxy) nhằm chức hóa lignin.

Theo một số phương án, chất cấu trúc có thể được bổ sung vào huyền phù lignin để ngăn ngừa sự lắng đọng của lignin trên phân đoạn xenluloza và hemixenluloza.

Thông thường, khi lignin tạo thành mạng xung quanh xenluloza và/hoặc hemixenluloza, lignin có cấu trúc uốn nếp chặt cho phép tạo ra tương tác van der Waals trong đối rộng với xenluloza và hemixenluloza. Ngược lại, khi lignin được tách khỏi xenluloza và hemixenluloza, lignin có cấu trúc không uốn nếp mở hơn. Bằng cách bổ sung một hoặc nhiều chất phụ trợ ngăn ngừa lignin uốn nếp lại với huyền phù lignin, sự kết hợp lại lignin với xenluloza và hemixenluloza có thể được ngăn cản, và lignin có thể được loại bỏ hiệu quả hơn, ví dụ, bằng cách rửa.

Theo một số phương án, hóa chất, ví dụ, chất gây phồng, không được bổ sung vào sinh khối trước khi chiếu xạ. Ví dụ, các chất kiềm (như natri hydroxit, kali hydroxit, lithi hydroxit và amoni hydroxit), chất axit hóa (như axit vô cơ (ví dụ, axit sulfuric, axit clohydric và axit phosphoric)), các muối, như kẽm clorua, canxi cacbonat, natri cacbonat, benzytrimetylamon sulfat, hoặc amin hữu cơ bazơ, như etylen điamin, có thể được bổ sung hoặc không được bổ sung trước khi chiếu xạ hoặc xử lý khác. Trong một số trường hợp, nước không được bổ sung. Ví dụ, sinh khối trước khi xử lý có thể có hóa chất bổ sung với lượng nhỏ hơn 0,5% trọng lượng, ví dụ, nhỏ hơn 0,4, 0,25, 0,15 hoặc 0,1% trọng lượng. Trong một số trường hợp, sinh khối có lượng rất nhỏ, ví dụ, nhỏ hơn 0,05% trọng lượng hóa chất bổ sung trước khi chiếu xạ. Trong các trường hợp khác, sinh khối trước khi chiếu xạ gần như không có hóa chất bổ sung hoặc chất gây phồng. Việc tránh sử dụng các hóa chất này cũng có thể được mở rộng qua xử lý, ví dụ, trong toàn bộ thời gian trước khi lên men, hoặc trong toàn bộ thời gian.

Các phương pháp xử lý sơ bộ bằng chùm ion khác nhau được đề cập trong bản mô tả này có thể được dùng phối hợp với các kỹ thuật xử lý sơ bộ khác như siêu âm, chiếu xạ chùm điện tử, chiếu xạ điện từ, nổ bằng hơi nước, các phương pháp hóa học, và các phương pháp sinh học. Các kỹ thuật dùng chùm ion mang lại lợi ích đáng kể, bao gồm khả năng thực hiện chiếu chùm ion với các mẫu khô, để phân phối liều lượng bức xạ lớn đến các mẫu trong khoảng thời gian ngắn cho các ứng dụng với hiệu suất cao, và để vận dụng sự kiểm soát tương đối chính xác trong các điều kiện chiếu.

Làm nguội và chức hóa có kiểm soát

Sau khi xử lý bằng bức xạ ion hóa, nguyên liệu được đề cập trong bản mô này trở thành dạng ion hóa; nghĩa là, chúng chứa các gốc ở mức có thể dò được bằng quang phổ kế cộng hưởng spin điện tử. Giới hạn thực tế hiện để phát hiện gốc là khoảng 10^{14} spin ở nhiệt độ trong phòng. Sau khi ion hóa, nguyên liệu bất kỳ đã được ion hóa có thể được làm nguội để làm giảm mức gốc trong nguyên liệu ion hóa, ví dụ,

sao cho gốc không còn phát hiện được bằng quang phổ kế cộng hưởng spin điện tử. Ví dụ, gốc có thể được làm nguội bằng cách đưa vào áp suất đủ với nguyên liệu và/hoặc bằng cách sử dụng chất lưu tiếp xúc với nguyên liệu được ion hóa, như chất khí hoặc chất lỏng, phản ứng với (làm nguội) gốc. Việc sử dụng chất khí hoặc chất lỏng ít nhất là nhằm mục đích làm nguội gốc cũng cho phép người điều khiển kiểm soát sự chức hóa của nguyên liệu được ion hóa với lượng mong muốn và loại ra nhóm chức như nhóm axit carboxylic, nhóm enol, nhóm aldehyt, nhóm nitro, nhóm nitril, nhóm amino, nhóm alkyl amino, gốc alkyl, gốc cloalkyl hoặc gốc clofloalkyl. Trong một số trường hợp, việc làm nguội này có thể làm tăng độ ổn định của một số nguyên liệu đã được ion hóa. Ví dụ, việc làm nguội có thể làm tăng tính chống chịu của nguyên liệu với sự oxy hóa. Việc chức hóa bằng cách làm nguội có thể cũng làm tăng độ hòa tan của nguyên liệu được đề cập trong bản mô này, có thể làm tăng độ ổn định nhiệt của nguyên liệu, và có thể làm tăng mức sử dụng nguyên liệu của các vi sinh vật khác nhau. Ví dụ, các nhóm chức truyền cho nguyên liệu sinh khối bằng cách làm nguội có thể đóng vai trò làm vị trí thụ thể cho các gắn kết của vi sinh vật, ví dụ, để tăng cường sự thủy phân xenluloza bởi các vi sinh vật khác nhau.

Do đó, cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử của nguyên liệu có thể được thay đổi bằng cách xử lý sơ bộ nguyên liệu bằng bức xạ ion hóa, như với các điện tử hoặc các ion đủ năng lượng để ion hóa nguyên liệu, để thu được mức thứ nhất của gốc. Nếu nguyên liệu được ion hóa duy trì ở trong khí quyển, nó sẽ được oxy hóa, ví dụ, gây ra việc các nhóm axit carboxylic được sinh ra bởi phản ứng với oxy khí quyển. Trong một số trường hợp với một số nguyên liệu, mong muốn có sự oxy hoá như vậy vì nó có thể trợ giúp phá vỡ tiếp phân tử lượng, ví dụ, phân tử lượng của sinh khối chứa hydrat cacbon, và các nhóm oxy hoá, ví dụ, nhóm axit carboxylic, có thể giúp ích để hòa tan và sử dụng vi sinh vật. Tuy nhiên, do các gốc có thể "sống" trong một khoảng thời gian sau khi chiếu xạ, ví dụ, dài hơn 1 ngày, 5 ngày, 30 ngày, 3 tháng, 6 tháng hoặc thậm chí dài hơn 1 năm, các đặc tính nguyên liệu có thể tiếp tục thay đổi theo thời gian, trong một số trường hợp, có thể là không mong muốn. Việc phát hiện các gốc trong các mẫu được chiếu xạ bằng quang phổ cộng hưởng spin điện tử và thời gian sống của gốc trong các mẫu này được đề cập trong Bartolotta và đồng tác giả, *Physics in Medicine and Biology*, 46 (2001), 461-471 và trong Bartolotta và đồng tác giả, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 84, Nos. 1-4, pp. 293-296 (1999). Nguyên liệu được ion hóa có thể được làm lạnh để chức hóa và/hoặc làm ổn định nó. Ở thời điểm bất kỳ, ví dụ, khi nguyên liệu "còn sống", "còn sống một phần" hoặc được làm

lạnh hoàn toàn, nguyên liệu có thể được chuyển hoá thành sản phẩm, ví dụ, nhiên liệu, thực phẩm, hoặc vật liệu composit.

Theo một số phương án, việc làm nguội bao gồm việc dùng áp suất, như bằng cách làm biến dạng bằng cơ học nguyên liệu, ví dụ, nén trực tiếp bằng cơ học nguyên liệu thành một, hai, hoặc ba kích thước, hoặc tạo áp với chất lưu mà nguyên liệu được ngâm trong đó, ví dụ, ép đẳng tĩnh. Trong các trường hợp này, sự biến dạng của chính nguyên liệu mang gốc, thường được giữ trong miền tinh thể, ở trạng thái gần đủ sao cho các gốc có thể kết hợp lại, hoặc phản ứng với các nhóm khác. Trong một số trường hợp, việc tạo áp được áp dụng cùng với việc dùng nhiệt, như với lượng nhiệt đủ để làm tăng nhiệt độ của nguyên liệu đến trên điểm nóng chảy hoặc điểm làm mềm của thành phần nguyên liệu, như lignin, xenluloza hoặc hemixenluloza trong trường hợp của nguyên liệu sinh khối. Nhiệt có thể làm tăng tính linh động phân tử trong nguyên liệu, có thể hỗ trợ trong việc làm nguội các gốc. Khi áp suất được dùng để làm nguội, áp suất này có thể lớn hơn 1000 psi (6890 KPa), ví dụ, lớn hơn 1250 psi (8612,5 KPa), 1450 psi (9990,5 KPa), 3625 psi (24976,25 KPa), 5075 psi (34966,75 KPa), 7250 psi (49952,5 KPa), 10000 psi (68900 KPa) hoặc thậm chí lớn hơn 15000 psi (103350 KPa).

Theo một số phương án, việc làm nguội bao gồm việc cho nguyên liệu tiếp xúc với chất lưu như chất lỏng hoặc chất khí, ví dụ, chất khí có khả năng phản ứng với các gốc như axetylen hoặc hỗn hợp chứa axetylen trong nitơ, etylen, etylen được clo hóa hoặc clofloetylen, propylen hoặc hỗn hợp của các chất khí này. Theo các phương án cụ thể khác, việc làm nguội bao gồm việc cho nguyên liệu, ví dụ, sinh khối, tiếp xúc với chất lỏng, ví dụ, chất lỏng tan trong, hoặc ít nhất có khả năng thấm vào sinh khối và phản ứng với các gốc như dien, như 1,5-xyclooctadien. Theo một số phương án đặc biệt, việc làm nguội bao gồm việc cho sinh khối tiếp xúc với chất chống oxy hoá như Vitamin E. Nếu muốn, nguyên liệu có thể bao gồm chất chống oxy hoá được tán xạ trong đó, và việc làm nguội có thể từ việc tiếp xúc của chất chống oxy hoá tán xạ trong nguyên liệu với các gốc.

Các phương pháp làm nguội khác cũng có thể được dùng. Ví dụ, phương pháp làm nguội bất kỳ các gốc trong nguyên liệu polyme được mô tả trong Muratoglu và đồng tác giả, Công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2008/0067724 và Muratoglu và đồng tác giả, patent Mỹ số 7,166,650, có thể được dùng để làm nguội nguyên liệu được ion hóa bất kỳ được đề cập trong bản mô này. Hơn nữa, chất làm nguội bất kỳ (được

gọi là "chất làm nhảy" trong tài liệu của Muratoglu trên đây) và/hoặc chất chống oxy hoá bất kỳ được mô tả trong tài liệu viện dẫn của Muratoglu có thể được dùng để làm nguội nguyên liệu được ion hóa bất kỳ.

Việc chức hóa có thể được tăng cường bằng việc sử dụng các ion tích điện nặng, như ion bất kỳ trong số các ion nặng hơn được đề cập trong bản mô này. Ví dụ, nếu muốn tăng cường sự oxy hoá, ion oxy tích điện có thể được dùng để chiếu xạ. Nếu muốn, các nhóm chức nitơ, ion nitơ hoặc các ion chứa nitơ có thể được dùng. Tương tự, nếu muốn, các nhóm lưu huỳnh hoặc phospho, các ion lưu huỳnh hoặc ion phospho có thể được dùng để chiếu xạ.

Theo một số phương án, sau khi làm nguội nguyên liệu bất kỳ trong số các nguyên liệu được làm lạnh được đề cập trong bản mô này có thể được xử lý tiếp bằng một hoặc nhiều bức xạ, như bức xạ ion hóa hoặc bức xạ không ion hóa, siêu âm, nhiệt phân, và oxy hoá để làm thay đổi cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử bổ sung.

Theo các phương án cụ thể, việc chức hoá nguyên liệu được đề cập trong bản mô này được xử lý bằng axit, bazơ, axit ái nhân hoặc axit Lewis để làm thay đổi cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử bổ sung, như phá vỡ phân tử lượng bổ sung. Ví dụ về các axit bao gồm các axit hữu cơ như axit axetic và các axit vô cơ như clohydric, axit sulfuric và/hoặc axit nitric. Ví dụ về các bazơ bao gồm các bazơ vô cơ mạnh như nguồn ion hydroxit, ion bazơ như ion florua, hoặc các bazơ hữu cơ yếu như amin. Thậm chí nước và natri bicacbonat, ví dụ, khi được hòa tan trong nước, có thể có tác dụng thay đổi cấu trúc phân tử và/hoặc cấu trúc siêu phân tử, như phá vỡ phân tử lượng bổ sung.

Nguyên liệu được chức hoá có thể được dùng làm cơ chất nguyên liệu để giữ cố định vi sinh vật và/hoặc enzyme trong quá trình xử lý sinh học, ví dụ, như được mô tả trong các đơn patent Mỹ số 61/180,032 và 61/180,019.

Các phương án khác nằm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ dưới đây. Ví dụ, nguyên liệu không sinh khối và hỗn hợp của nguyên liệu sinh khối và nguyên liệu không sinh khối có thể được xử lý bằng cách sử dụng các phương pháp được đề cập trong bản mô này. Ví dụ về nguyên liệu không sinh khối có thể được xử lý bao gồm nguyên liệu chứa hydrocacbon như dầu cát, đá phiến dầu mỏ, cát dầu nặng, bitum, than

đá, và các hỗn hợp khác như vậy của các nguyên liệu hydrocacbon và nguyên liệu không hydrocacbon. Nhiều nguyên liệu sinh khối và nguyên liệu không sinh khối khác có thể được xử lý bằng cách sử dụng các phương pháp được đề cập trong bản mô này, bao gồm than bùn, lignin, tiền than đá, và nguyên liệu hóa đá và/hoặc nguyên liệu được cacbon hóa.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra chùm ion bao gồm các ion có sự phân bố năng lượng ion thứ nhất có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại bằng W ;

điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion dựa vào chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để tạo ra chùm ion đã được điều chỉnh, trong đó các ion này có sự phân bố năng lượng ion thứ hai có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại lớn hơn W ; và

chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu;

trong đó mỗi chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon này được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của sự phân bố thứ hai lớn hơn W với hệ số bằng 2,0 hoặc lớn hơn.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của sự phân bố thứ hai lớn hơn W với hệ số bằng 4,0 hoặc lớn hơn.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion bao gồm việc hướng các ion đi qua phân tử tán xạ.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước điều chỉnh năng lượng của ít nhất một số ion bao gồm việc hướng các ion đi qua thiết bị phân tích có hình bán cầu.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chùm ion đã được điều chỉnh đi qua chất lưu trước khi tới nguyên liệu chứa hydrocacbon.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó chất lưu là không khí ở áp suất bằng 0,5 atm ($0,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$) hoặc lớn hơn.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chùm ion bao gồm hai hoặc nhiều dạng ion khác nhau.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó hai hoặc nhiều dạng ion khác nhau bao gồm ion hydro và ion cacbon.

10. Phương pháp theo điểm 8, trong đó hai hoặc nhiều dạng ion khác nhau bao gồm ion hydro và ion oxy.

11. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

 tạo ra chùm ion bao gồm sự phân bố năng lượng ion có độ rộng toàn phần ở nửa cực đại bằng W ;

 hướng chùm ion đi qua phần tử tán xạ được tạo kết cấu để làm tăng độ rộng toàn phần ở nửa cực đại của sự phân bố năng lượng ion đến trị số lớn hơn W ; và

 chiếu chùm ion phía sau phần tử tán xạ vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu;

 trong đó chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

 trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon này được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

12. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

 tạo ra chùm ion có sự phân bố năng lượng ion, sự phân bố này có năng lượng thường gặp nhất E ;

 lọc chùm ion này để loại bỏ ít nhất một số ion có năng lượng thấp hơn E từ chùm ion này; và

 chiếu chùm ion đã được lọc vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu;

 trong đó chùm ion đã lọc này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

 trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon này được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó việc lọc chùm ion bao gồm bước hướng chùm ion đi qua lá kim loại.

14. Phương pháp theo điểm 12, trong đó việc lọc chùm ion bao gồm bước hướng chùm ion đi qua thiết bị phân tích có hình bán cầu.

15. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra chùm ion có sự phân bố năng lượng ion;

điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion này dựa vào profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu chứa hydrocacbon; và

chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu;

trong đó chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon này được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

16. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra chùm ion có sự phân bố năng lượng ion;

điều chỉnh sự phân bố năng lượng ion này trên cơ sở độ rộng toàn phần ở nửa cực đại (FWHM - full width at half maximum) của đỉnh Bragg của profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu chứa hydrocacbon để tạo ra chùm ion đã được điều chỉnh; và

chiếu chùm ion đã được điều chỉnh vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu,

trong đó bước điều chỉnh nêu trên bao gồm việc làm tăng FWHM đủ để làm giảm mức chênh lệch giữa chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon và FWHM,

trong đó chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV, và

trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon này được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó bước điều chỉnh bao gồm việc hướng chùm ion đi qua phân tử tán xạ.

18. Phương pháp theo điểm 16, trong đó sau bước điều chỉnh, mức chênh lệch giữa chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon và FWHM là 0,01cm hoặc nhỏ hơn.

19. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra chùm ion thứ nhất từ nguồn ion, chùm ion thứ nhất này có năng lượng ion trung bình thứ nhất;

chiếu chùm ion thứ nhất này vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này;

điều chỉnh nguồn ion này để tạo ra chùm ion thứ hai có năng lượng ion trung bình thứ hai khác với năng lượng ion trung bình thứ nhất; và

chiếu chùm ion thứ hai vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu;

trong đó chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó chùm ion thứ nhất có năng lượng ion trung bình thứ nhất tương ứng với vị trí thứ nhất của đỉnh Bragg trong profin lượng ion mong muốn của nguyên liệu chứa hydrocacbon và chùm ion thứ hai có năng lượng ion trung bình thứ hai tương ứng với vị trí thứ hai của đỉnh Bragg, mà khác với vị trí thứ nhất.

21. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra chùm ion; và

chiếu chùm ion ở bề mặt tới của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon này để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu;

trong đó chùm ion này có góc phân kỳ bằng 10 độ hoặc lớn hơn ở bề mặt tới của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon này.

trong đó chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

22. Phương pháp theo điểm 21, trong đó góc phân kỳ bằng 20 độ hoặc lớn hơn.

23. Phương pháp thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa hydrocacbon, phương pháp này bao gồm các bước:

điều chỉnh nguồn ion để tạo ra một chùm ion có dòng ion trung bình và năng lượng ion trung bình;

chiếu chùm ion này vào hầu như toàn bộ chiều dày của khối nguyên liệu chứa hydrocacbon để gây sự phân cắt nguyên liệu chứa hydrocacbon này, mà không làm phá hủy nguyên liệu,

trong đó nguồn ion nêu trên được điều chỉnh dựa vào profin lượng ion mong muốn trong nguyên liệu chứa hydrocacbon, và trong đó mỗi phần nguyên liệu chứa hydrocacbon tiếp nhận liều lượng bức xạ nằm trong khoảng từ 0,01 Mrad đến 50 Mrad do được chiếu chùm ion nêu trên.

trong đó chùm ion này có năng lượng ít nhất là 10 MeV; và

trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon được chọn từ nhóm bao gồm cát dầu, đá phiến dầu, cát dầu nặng, bitum và than đá.

24. Phương pháp theo điểm 23, trong đó nguyên liệu chứa hydrocacbon tiếp nhận liều lượng bức xạ nằm trong khoảng từ 0,1 Mrad đến 20 Mrad do được chiếu chùm ion.

25. Phương pháp theo điểm 23, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chiếu vào nguyên liệu chứa hydrocacbon với rất nhiều điện tử sau khi chiếu chùm ion.

26. Phương pháp theo điểm 23, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chiếu năng lượng siêu âm vào nguyên liệu chứa hydrocacbon sau khi chiếu chùm ion.

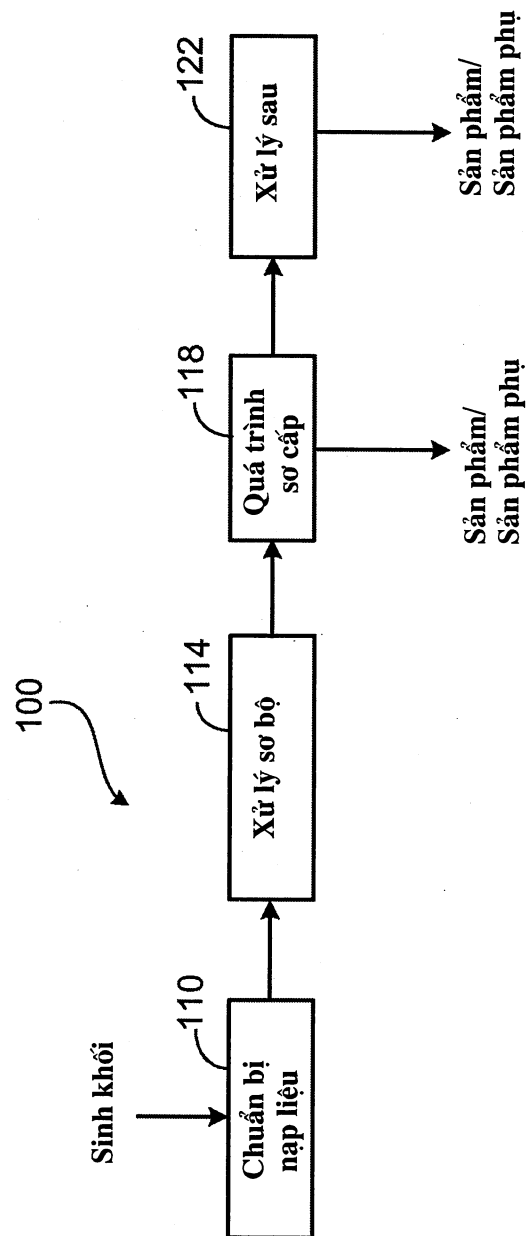


FIG. 1

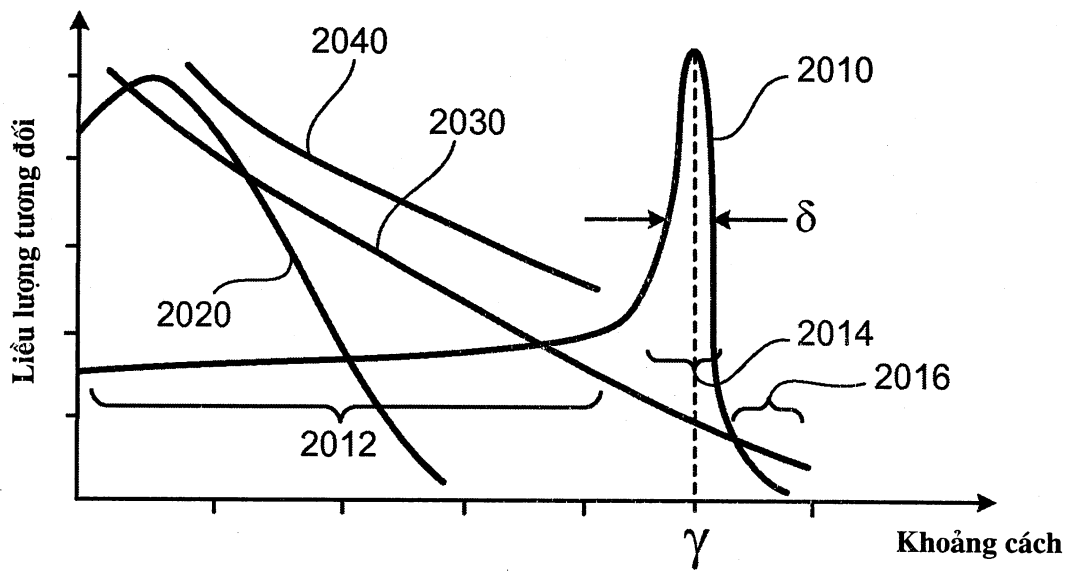


FIG. 2

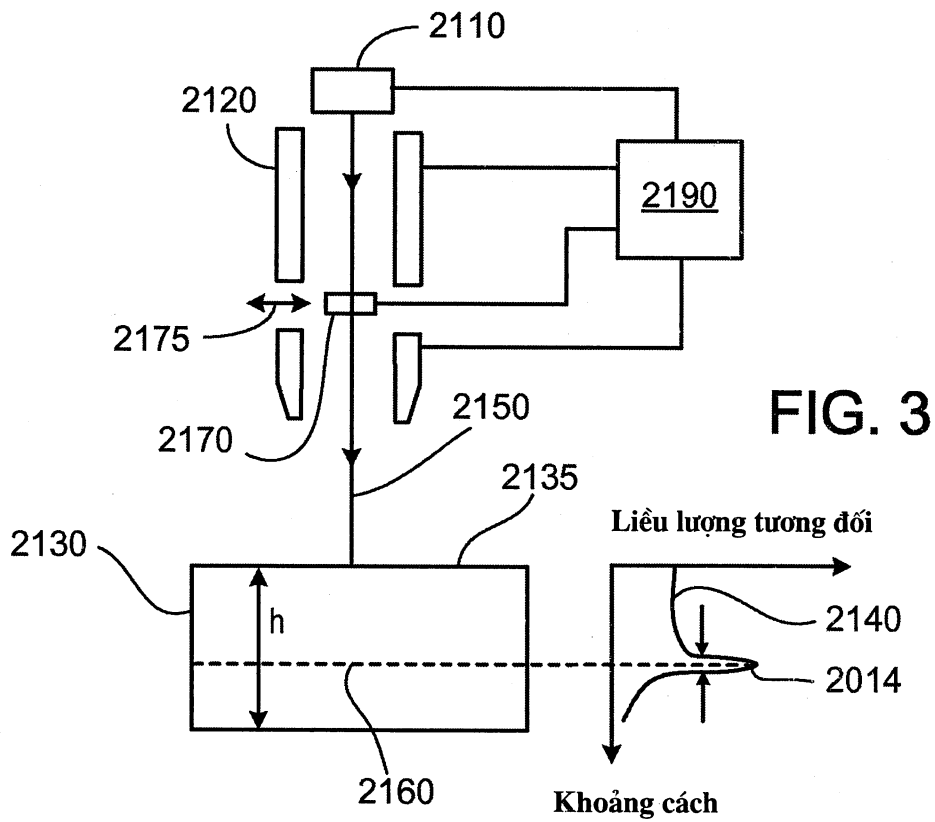


FIG. 3

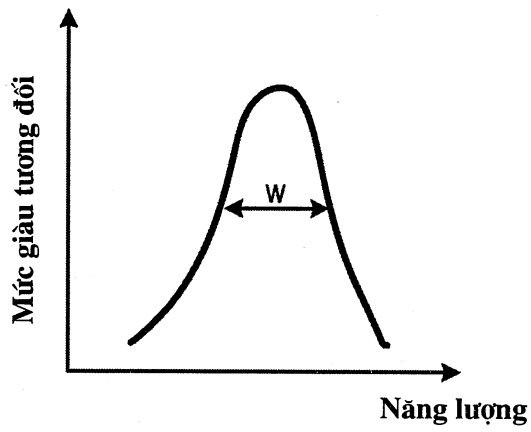


FIG. 4A

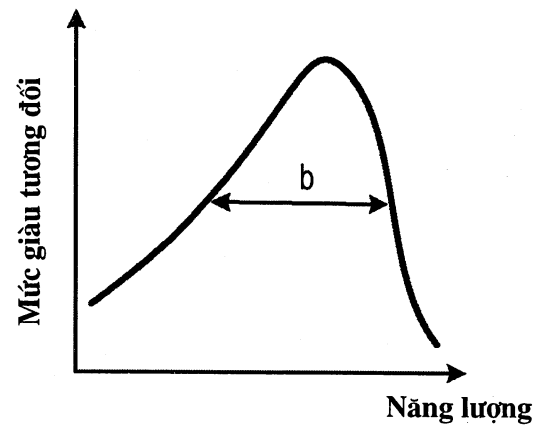


FIG. 4B

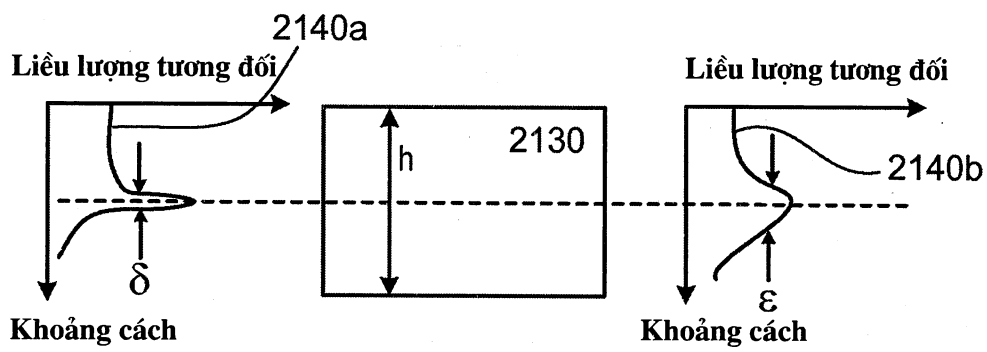


FIG. 4C

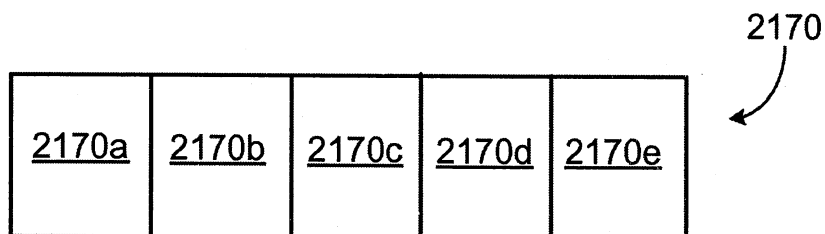


FIG. 5

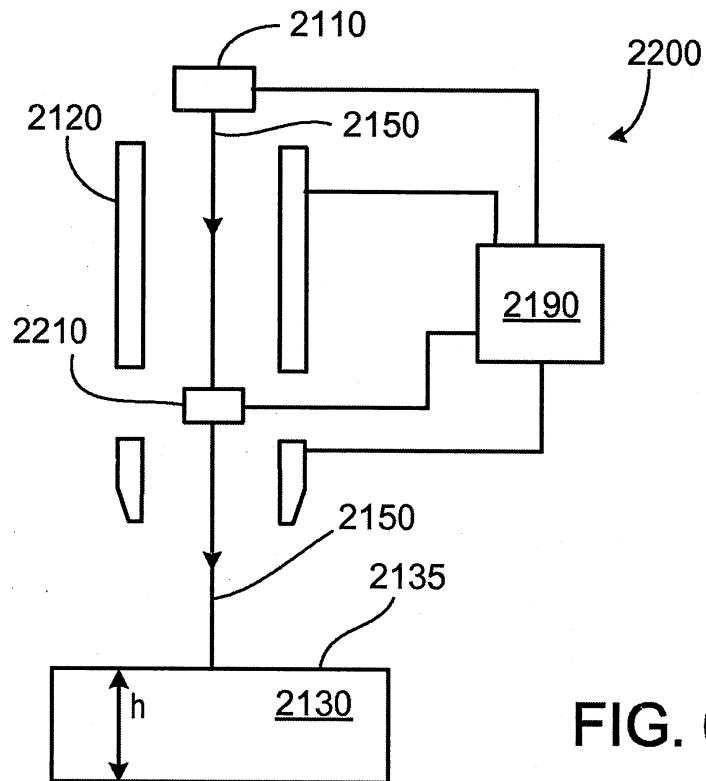


FIG. 6

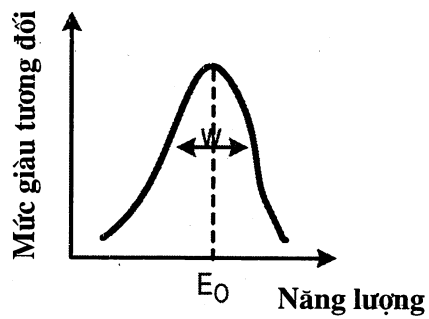


FIG. 7A

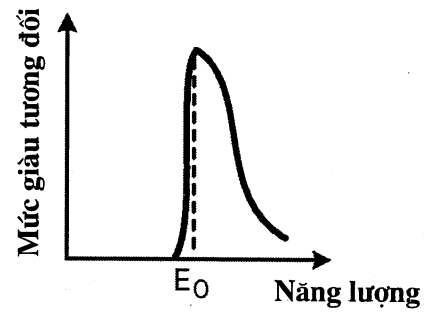


FIG. 7B

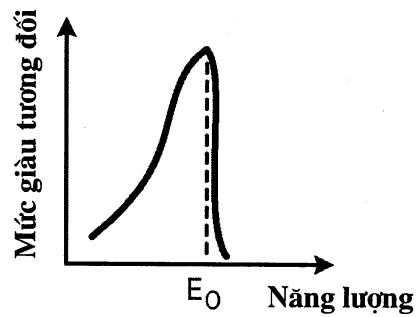


FIG. 7C

