



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0036105

(51)⁷ G01N 29/24; G01N 29/26

(13) B

(21) 1-2019-07059

(22) 14/03/2018

(86) PCT/JP2018/010047 14/03/2018

(87) WO 2019/008833 10/01/2019

(30) 2017-130126 03/07/2017 JP

(45) 26/06/2023 423

(43) 25/05/2020 386ASC

(73) IHI Inspection and Instrumentation Co., Ltd. (JP)

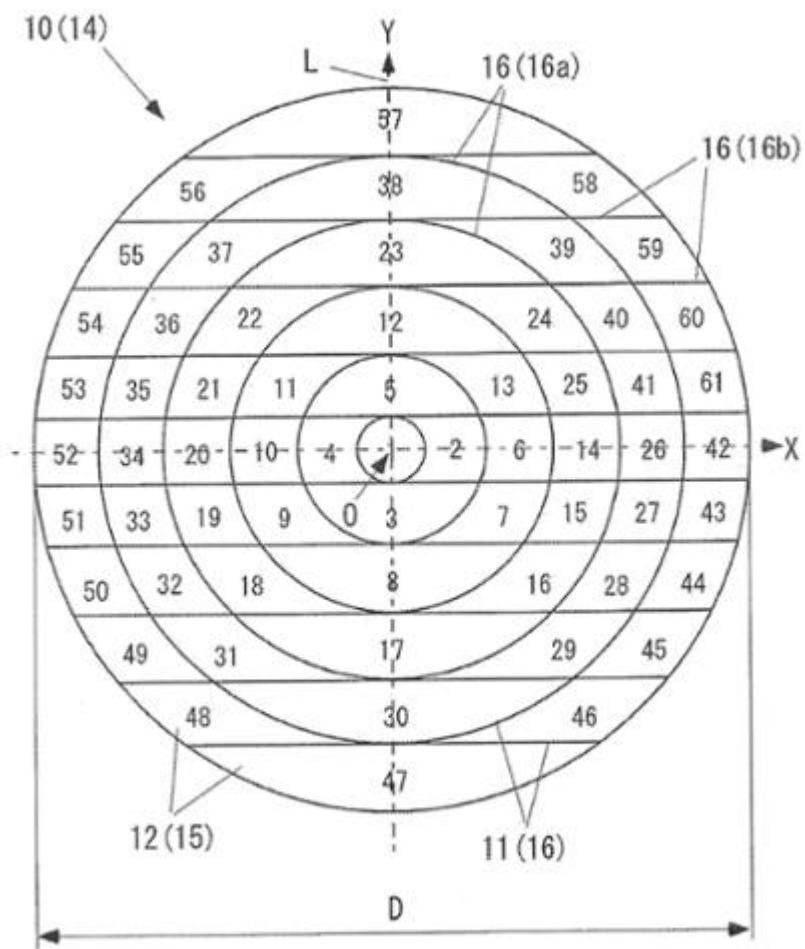
25-3, Minami-Ohi-6-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 140-0013, Japan

(72) FUKUMOTO Shintaro (JP); KAWASAKI Hiraku (JP); ARAKAWA Takahiro (JP).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Vàng (GINTASSET CO., LTD.)

(54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN KHUYẾT TẬT KIỂU MẢNG ĐỊNH PHA

(57) Sáng chế đề cập tới thiết bị và phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha. Trong thiết bị theo sáng chế, các bộ chuyển đổi siêu âm (12) (hình viên phân 15) của đầu dò (10) được tách rời theo dạng vòng tròn đồng tâm, được tách rời theo các hàng vuông góc với đường chuẩn (L) đi qua tâm của các đường tròn, và được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn (L). Bề mặt phát hiện (14) của đầu dò (10) theo sáng chế có dạng hình tròn có đường kính (D), và có nhiều hình viên phân (15) được chia thành nhiều phần dạng hình cung có dạng đối xứng đối với đường chuẩn (L). Hơn nữa, sử dụng bộ điều khiển (20) có nhiều kênh điều khiển (21) để điều khiển các cặp bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng (12) ở các điều kiện giống nhau.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha có chức năng kích hoạt nhiều phần tử tuần tự theo các vòng tròn và chức năng kích hoạt các phần tử tuần tự theo các hàng, và có khả năng thực hiện đồng thời hai chức năng để nhờ đó, ví dụ, hội tụ chùm siêu âm vào một vòng tròn và làm cho chùm siêu âm di chuyển theo hướng bất kỳ, và hơn nữa, sáng chế còn đề cập tới phương pháp phát hiện khuyết tật bằng siêu âm bằng cách sử dụng thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đã biết đầu dò kiểu mảng định pha bao gồm nhiều bộ chuyển đổi. Từng bộ chuyển đổi này điều khiển một cách độc lập thời điểm (pha) truyền và thu sóng siêu âm, và tạo ra mặt đầu sóng siêu âm tổng hợp để nhờ đó điều khiển chùm siêu âm.

Các đầu dò kiểu mảng định pha thông thường có thể được phân loại thành các đầu dò mảng dạng đường thẳng, các đầu dò mảng dạng ma trận, và các đầu dò mảng dạng hình tròn.

Đầu dò mảng dạng đường thẳng là đầu dò trong đó bộ chuyển đổi hình vuông được chia thành các dải theo một hướng, đầu dò mảng dạng ma trận là đầu dò trong đó bộ chuyển đổi hình vuông được chia theo hai hướng là chiều dọc và chiều ngang, và đầu dò mảng dạng hình tròn là đầu dò trong đó bộ chuyển đổi hình tròn được chia thành các vòng tròn đồng tâm. Tất cả các đầu dò này đều có ưu điểm và nhược điểm, và có thể được chọn phù hợp với các mục đích cụ thể.

Ví dụ, các đầu dò mảng dạng hình tròn được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 và 2.

Hơn nữa, ví dụ, đầu dò mảng dạng ma trận được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 3.

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn đăng ký sáng chế Nhật Bản số 6-38298;

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn đăng ký sáng chế Nhật Bản số 2009-105762; và

Tài liệu sáng chế 3: Bản dịch tiếng Nhật của đơn PCT số 2016-501375.

Các đầu dò mảng dạng đường thẳng có khả năng thay đổi bằng điện tử hướng di chuyển của chùm siêu âm sau đây được gọi đơn giản là “chùm”) theo hướng vuông góc với các đường chia để chia hoặc hội tụ chùm ở độ sâu bất kỳ, nhưng không có khả năng kiểm soát chùm theo hướng vuông góc với nó. Do đó, thậm chí nếu nỗ lực được tạo ra để cải thiện độ chính xác phép đo chiều khuyết tật, ví dụ, bằng cách hội tụ một chùm thành chùm có độ rộng nhỏ hơn, chùm này chỉ có thể được hội tụ theo một hướng, vì thế hạn chế việc cải thiện độ chính xác phép đo theo một hướng.

Trong khi đó, các đầu dò dạng hình tròn được bố trí dạng vòng có khả năng hội tụ chính xác chùm siêu âm trong các vòng tròn và do đó có thể được kỳ vọng để cải thiện độ chính xác phép đo theo cả chiều dọc và chiều ngang, ví dụ, trong phép đo kích thước của các khuyết tật. Tuy nhiên, các đầu dò mảng dạng hình tròn không thể điều khiển tự do hướng di chuyển của một chùm.

Các đầu dò mảng dạng ma trận có hai mặt chia theo chiều dọc và theo chiều ngang, và do đó có thể hội tụ chùm siêu âm trong các vòng tròn tương tự như các đầu dò mảng dạng hình tròn và vì thế còn có thể làm cho chùm siêu âm di chuyển theo hướng bất kỳ.

Tuy nhiên, trong trường hợp đầu dò mảng dạng ma trận, bộ điều khiển của nó có số lượng lớn các kênh điều khiển (sau đây được gọi đơn giản là “các kênh”) để kiểm soát một cách độc lập thời điểm (pha) của từng bộ chuyển đổi để truyền và thu một sóng siêu âm.

Ví dụ, trong trường hợp bộ điều khiển có 64 kênh, là bộ điều khiển hiện thường được dùng, số lượng tối đa của các phần tử của đầu dò mảng dạng ma trận là $8 \times 8 = 64$, và số lượng của các bề mặt chia theo chiều dọc và chiều ngang là nhỏ, điều này dẫn đến mức nhiễu quá mức.

Hơn nữa, số lượng gia tăng của các kênh của bộ điều khiển đòi hỏi phần cứng và phần mềm được phát triển mới đối với bộ điều khiển, điều này đòi hỏi nhiều chi phí và thời gian.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, sáng chế được đề xuất để giải quyết các vấn đề như nêu trên. Cụ thể hơn, mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha có chức năng kích hoạt nhiều phần tử tuần tự trong các vòng tròn và chức năng kích hoạt các phần tử tuần tự theo các hàng, và có khả năng thực hiện đồng thời hai chức năng để nhờ đó hội tụ, ví dụ, chùm siêu âm vào một vòng tròn và làm cho chùm siêu âm di chuyển theo hướng bất kỳ và còn có khả năng làm giảm mức nhiễu mà không làm tăng số lượng của các kênh của bộ điều khiển, và còn đề xuất phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha bao gồm:

đầu dò kiểu mảng định pha có nhiều bộ chuyển đổi siêu âm được tách rời theo dạng vòng tròn đồng tâm, được tách rời theo các hàng vuông góc với đường chuẩn đi qua tâm của các đường tròn, và được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn; và

bộ điều khiển có nhiều kênh điều khiển để điều khiển các cặp bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng ở các điều kiện giống nhau,

trong đó bộ điều khiển được làm thích ứng để đồng thời kích hoạt các cặp của các bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn ở cùng pha.

Hơn nữa, theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha bằng cách sử dụng thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha như nêu trên,

trong đó bộ điều khiển được làm thích ứng để đồng thời kích hoạt các cặp của các bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn ở cùng pha.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, nhiều bộ chuyển đổi siêu âm được tách rời theo dạng vòng tròn đồng tâm, vì thế các bộ chuyển đổi siêu âm theo dạng vòng tròn đồng tâm có thể được điều khiển ở các điều kiện giống nhau, nhờ đó cho phép chùm siêu âm của từng bộ chuyển đổi siêu âm có thể được hội tụ vào một vòng tròn.

Hơn nữa, các bộ chuyển đổi siêu âm được tách rời theo các hàng vuông góc với đường chuẩn, vì thế chùm siêu âm có thể được dẫn theo hướng dọc theo đường chuẩn, hoặc chùm hội tụ theo đường thẳng được hội tụ theo hướng của đường chuẩn có thể được tạo ra bằng cách kiểm soát chênh lệch pha của từng bộ chuyển đổi theo hướng của đường chuẩn.

Hơn nữa, các cặp bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng được điều khiển ở các điều kiện giống nhau qua các kênh điều khiển, vì thế số lượng của các bộ chuyển đổi siêu âm theo đường chuẩn có thể được tăng mà không làm tăng số lượng của các kênh của bộ điều khiển, nhờ đó cho phép mức nhiễu có thể được giảm bớt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện cấu trúc chung của thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha theo sáng chế;

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ quan sát theo đường A-A theo Fig.1 và thể hiện phương án thứ nhất của đầu dò theo sáng chế;

Fig.3 là hình vẽ giải thích thể hiện phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha theo sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ tương tự với hình vẽ theo Fig.2 và thể hiện phương án thứ hai của đầu dò theo sáng chế;

Fig.5 là hình vẽ dạng sơ đồ tương tự với hình vẽ theo Fig.2 và thể hiện phương án thứ ba của đầu dò (10) theo sáng chế;

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ để giải thích phương pháp điều khiển dùng cho đầu dò (10) theo sáng chế theo Fig.5;

Fig.7A là hình chiếu cạnh thể hiện trường hợp trong đó đầu dò theo sáng chế theo phương án thứ hai được sử dụng để kiểm tra mẫu thử có mặt ngoài dạng hình trụ;

Fig.7B là hình vẽ mặt cắt theo trục X trên Fig.7A;

Fig.8 thể hiện, đối với Fig.7A và Fig.7B, ví dụ về phát hiện khuyết tật chùm góc trong đó đầu dò (10) theo sáng chế được gắn trên một chi tiết hình nêm (chi tiết trung gian 2) có bề mặt nghiêng chéo, và sóng siêu âm được tạo ra tới ở một góc nghiêng theo hướng trục của mẫu thử;

Fig.9 là các đồ thị so sánh thể hiện các biên dạng chùm thu được bằng cách sử dụng đồng thời đầu dò dạng đường thẳng, đầu dò dạng hình tròn, và đầu dò dạng ma trận trong trường hợp trong đó số lượng chia là 8;

Fig.10 là các đồ thị so sánh thể hiện độ cao của các tín hiệu theo chiều rộng trong trường hợp trong đó số lượng chia từ 4 tới 32;

Fig.11 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa số lượng chia của các bộ chuyển đổi và mức nhiễu búp bên;

Fig.12 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa số lượng chia của các bộ chuyển đổi và độ rộng chùm của chùm siêu âm S;

Fig.13 là các đồ thị so sánh thể hiện các biên dạng chùm của đầu dò dạng ma trận và phương án thứ nhất và phương án thứ hai của đầu dò theo sáng chế;

Fig.14 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa các mức tín dãi ở các phần đầu và các độ rộng chùm;

Fig.15 là các đồ thị so sánh thể hiện các kết quả kiểm tra phát hiện khuyết tật của đầu dò dạng đường thẳng, đầu dò dạng ma trận, và đầu dò theo sáng chế;

Fig.16 là các đồ thị so sánh thể hiện các kết quả kiểm tra phát hiện khuyết tật của đầu dò theo sáng chế, đầu dò dạng hình tròn, và đầu dò dạng ma trận, thử nghiệm đã được thực hiện trên mẫu thử có mặt ngoài dạng hình trụ;

Fig.17 là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện đầu dò theo sáng chế đã được chế tạo;

Fig.18 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ chuyển đổi siêu âm của đầu dò theo sáng chế đã được chế tạo;

Fig.19A là hình vẽ giải thích thể hiện các điều kiện thử nghiệm của đầu dò theo sáng chế đã được chế tạo;

Fig.19B là hình vẽ dạng sơ đồ để giải thích các khuyết tật;

Fig.20 là ảnh chụp thể hiện các ảnh quét kiểu C trên mặt phẳng có khuyết tật;

Fig.21 thể hiện các đồ thị đỉnh theo hướng quét;

Fig.22 thể hiện các đồ thị đỉnh theo hướng vuông góc với hướng quét;

Fig.23A là hình vẽ mặt cắt thể hiện ví dụ về cấu trúc của đầu dò; và

Fig.23B là hình vẽ mặt cắt thể hiện một ví dụ khác về cấu trúc của đầu dò.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tiếp theo sẽ mô tả các phương án ưu tiên của sáng chế có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trên các hình vẽ, các chi tiết giống nhau sẽ được biểu thị bằng các số chỉ dẫn giống nhau và những giải thích lặp lại sẽ được loại bỏ.

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện cấu trúc chung của thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha 100 theo sáng chế.

Theo hình vẽ này, thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha 100 có đầu dò kiểu mảng định pha 10 và bộ điều khiển 20. Số chỉ dẫn 1 biểu thị bề mặt của mẫu thử TP (bề mặt của mẫu thử).

Sau đây, đầu dò kiểu mảng định pha 10 theo sáng chế sẽ được gọi tắt là “đầu dò 10” hoặc “đầu dò 10 theo sáng chế”.

Đầu dò kiểu mảng định pha 10 (đầu dò 10 theo sáng chế) có nhiều bộ chuyển đổi siêu âm 12 được kích hoạt độc lập.

Fig.23A là hình vẽ mặt cắt thể hiện ví dụ về cấu trúc của đầu dò 10.

Trong trường hợp trong đó nhiều bộ chuyển đổi siêu âm 12 được tạo ra trên một phần tử áp điện duy nhất 9 (phần tử gốm, tinh thể áp điện, hoặc phần tử tương tự), nếu vùng trong đó các bộ chuyển đổi siêu âm 12 cần được kích hoạt độc lập, thì các bộ chuyển đổi siêu âm 12 cần phải được tách rời sao cho rung động trong một vùng nhất định (vùng kích hoạt B) sẽ không ảnh hưởng đến các vùng khác.

Cụ thể hơn, một điện cực chung C được gắn chặt vào bề mặt phát hiện 14 của đầu dò 10, và một điện cực ở phía khác được chia (các điện cực chẻ A) từ trước, vì thế điện áp chỉ được cấp tới vùng định trước (vùng kích hoạt B). Hơn nữa, các rãnh khả dụng sâu nhất 8a được tạo ra ở phần tử áp điện 9 theo trạng thái chia của các điện cực chẻ A để ngăn không cho rung động xảy ra trong vùng kích hoạt B được lan truyền tới các vùng khác, vì thế chia điện cực thành nhiều bộ chuyển đổi siêu âm 12.

Cụ thể hơn, tốt hơn là, các điện cực A và C gắn chặt vào hai phía của một phần tử áp điện 9, và ở giai đoạn cuối cùng, điện cực A và phần tử áp điện 9 cùng được tách rời nhờ các rãnh khả dụng sâu nhất 8a ra khỏi phía đối diện của bề mặt phát hiện 14, nhờ đó tạo ra các bộ chuyển đổi siêu âm 12.

Fig.23B là hình vẽ mặt cắt thể hiện một ví dụ khác về cấu trúc của đầu dò 10.

Như được thể hiện trên hình vẽ, đầu dò 10 tốt hơn là kiểu kết hợp trong đó bố trí các phần tử áp điện nhỏ 9 được chia thành các chi tiết nhỏ có dạng kiểu lưới hoặc dạng kiểu cột, và nhựa epoxy hoặc vật liệu tương tự được nạp đầy trong các khe hở 8b.

Theo kiểu kết hợp, vùng kích hoạt B của các bộ chuyển đổi siêu âm 12 được kích hoạt độc lập có thể được tạo ra bằng cách gắn một điện cực chung duy nhất C vào bề mặt phát hiện 14 sẽ được kích hoạt, và rung động của nó sẽ được tạo ra ở bề mặt 14 bằng cách bố trí các điện cực chẻ A trong vùng cần được kích hoạt ở phía đối diện.

Nói cách khác, theo Fig.23B, chỉ phần tử áp điện nhỏ 9 nằm kẹp giữa điện cực chẻ A cần được kích hoạt và điện cực chung C của bề mặt phát hiện 14 sẽ được kích hoạt, và rung động của nó sẽ không ảnh hưởng đến các phần tử áp điện khác 9.

Theo cấu trúc này, việc chia phức tạp nhiều vùng rung động có thể được thực hiện bằng cách tạo ra các điện cực chẻ A trên một bề mặt bằng cách sử dụng, ví dụ, công nghệ mạ. Nói cách khác, một phần tử áp điện kiểu kết hợp duy nhất 9 có thể được chia thành các bộ chuyển đổi siêu âm 12 theo cách đơn giản bằng cách chia từ trước điện cực ở phía đối diện với bề mặt phát hiện 14.

Theo Fig.1, khe hở 11 được tạo ra giữa các bộ chuyển đổi siêu âm liền kề 12, vì thế từng bộ chuyển đổi siêu âm 12 vận hành một cách độc lập.

Khe hở 11 tương ứng với rãnh 8a trên Fig.23A hoặc khe hở 8b trên Fig.23B.

Kích thước (độ rộng khe) của khe hở 11 bằng 0,05 mm theo ví dụ này sẽ được mô tả sau đây.

Hơn nữa, đầu dò 10 theo sáng chế có bề mặt phát hiện 14 để truyền và thu chùm siêu âm S.

Mặc dù bề mặt phát hiện 14 tiếp xúc trực tiếp với bề mặt của mẫu thử TP (bề mặt mẫu thử 1) theo ví dụ này, chi tiết trung gian 2 (xem Fig.7B và Fig.8) có thể được bố trí giữa chúng.

Bộ điều khiển 20 điều khiển các bộ chuyển đổi siêu âm 12 và truyền và thu chùm siêu âm S nhờ các bộ chuyển đổi siêu âm riêng biệt 12. Ví dụ, tần số của chùm siêu âm S là 5 MHz, tần số này là khả dụng trong thép theo ví dụ sẽ được mô tả sau đây.

Theo Fig.1, thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha 100 còn có bộ phận hiển thị 22 và bộ phận xử lý ảnh 24.

Bộ phận hiển thị 22 là một thiết bị hiển thị và chủ yếu hiển thị dạng sóng phát hiện khuyết tật của chùm siêu âm S nhận được bởi đầu dò 10 theo sáng chế.

Bộ phận xử lý ảnh 24, ví dụ, trích sóng nhiễu xạ của một ngoại vật (ví dụ một vết nứt) từ dạng sóng phát hiện khuyết tật, và xác định theo cách hình học kích thước của ngoại vật này.

Theo Fig.1, sáng chế giả định trường hợp trong đó mẫu thử TP là một bình áp suất hoặc ống thành dày làm bằng thép, và khuyết tật M cần phát hiện được định vị ở độ sâu x so với bề mặt mẫu thử 1. Kiểu đối tượng cần kiểm tra này tương ứng với bình áp suất hoặc ống dùng cho hệ thống năng lượng nguyên tử hoặc nồi hơi.

Như đã mô tả trên đây, ví dụ, bộ điều khiển 20 có 64 kênh, là bộ điều khiển hiện thường được dùng, có nhược điểm là số lượng tối đa của các phần tử của đầu dò mảng dạng ma trận là $8 \times 8 = 64$, vì thế hạn chế số

lượng của các phần tử được sử dụng đối với chiều dọc và chiều ngang và do đó khó có thể điều khiển chùm siêu âm S.

Đặc biệt khi hội tụ chùm vào vị trí ở sâu bên dưới bề mặt mẫu thử 1, kích thước của toàn bộ bộ chuyển đổi sẽ được tăng, vì thế ảnh hưởng đáng kể đến giới hạn của số lượng chia.

Ví dụ, phạm vi trong đó chùm siêu âm S có thể được hội tụ (độ sâu x so với bề mặt mẫu thử 1) nằm bên trong một trường gần âm thanh và được biểu diễn bằng biểu thức (1) được nêu dưới đây. Do vậy, bộ chuyển đổi càng lớn sẽ tạo ra hiệu quả hội tụ càng cao.

$$x < D^2 / 4\lambda \dots (1)$$

trong đó D: đường kính danh định của bộ chuyển đổi cần được chia,

λ : bước sóng,

đường kính danh định D nghĩa là đường kính của vòng tròn tương ứng với diện tích của bộ chuyển đổi.

Cụ thể hơn, hội tụ chùm siêu âm S ở lân cận độ sâu bằng 100 mm bằng sóng dọc trong thép đòi hỏi phải chia bộ chuyển đổi kích thước ít nhất 24 mm (bằng cách sử dụng 5 MHz, tần số này là khả dụng trong thép), hoặc phần tử kích thước xấp xỉ 35 mm cần phải được chia để thực hiện việc hội tụ hữu hiệu hơn.

Do đó, cần phải tăng đường kính danh định D của bộ chuyển đổi cần được chia.

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ quan sát theo đường A-A theo Fig.1 và thể hiện phương án thứ nhất của đầu dò 10 theo sáng chế.

Theo hình vẽ này, các bộ chuyển đổi siêu âm 12 được định vị, được tách rời theo dạng vòng tròn đồng tâm có tâm O và từng vòng tròn được tách rời theo chiều chu vi. Hơn nữa, các bộ chuyển đổi siêu âm 12 được tách rời theo các hàng theo hướng vuông góc với đường chuẩn L đi qua tâm O của các vòng tròn đồng tâm, và có dạng đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn L.

Các vòng tròn đồng tâm không bị giới hạn là các vòng tròn đồng tâm hoàn hảo và theo cách khác có thể, ví dụ, có dạng các đường elip đồng tâm.

Theo ví dụ này, đường chuẩn L là trục Y trên hình vẽ.

Các đầu ra của các bộ chuyển đổi siêu âm 12 tỷ lệ với các kích thước của chúng. Các kích thước của các bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng 12 được thiết lập bằng nhau.

Theo Fig.2, bề mặt phát hiện 14 của đầu dò 10 theo sáng chế có dạng hình tròn có đường kính D, và có nhiều hình viên phân 15 được chia thành nhiều phần dạng hình cung có dạng đối xứng đối với đường chuẩn L. Hình viên phân 15 tương ứng với bộ chuyển đổi siêu âm duy nhất nêu trên 12.

Các hình viên phân 15 theo ví dụ này được tạo ra gồm phần hình tròn ở tâm và các phần dạng hình cung còn lại. Hình dạng của hình viên phân 15 không bị giới hạn ở hình dạng theo ví dụ này và có thể là hình dạng khác.

Hơn nữa, kích thước của khe hở 11 giữa các hình viên phân liền kề 15 (độ rộng khe hở) tốt hơn là không đổi, nhưng theo cách khác có thể thay đổi. Sau đây, nếu độ rộng khe hở là không đổi hoặc gần như không đổi thì khe hở 11 giữa các hình viên phân sẽ được gọi là đường chia 16.

Các đường chia 16 của các hình viên phân 15 theo ví dụ này bao gồm nhiều đường chia dạng đường tròn 16a và nhiều đường chia dạng đường thẳng 16b.

Theo Fig.2, các đường chia dạng đường thẳng 16b song song với nhau, vuông góc với đường chuẩn L đi qua tâm O của các vòng tròn, và tiếp xúc với hai đầu của các đường chia dạng đường tròn 16a. Trong trường hợp này, các đường chia dạng đường thẳng 16b là các đường thẳng đi qua các giao điểm của đường chuẩn L và các đường chia dạng đường tròn 16a và song song với nhau.

Theo ví dụ này, có năm đường chia dạng đường tròn 16a để chia vòng tròn của bề mặt phát hiện 14 thành sáu phần hình vành khăn (các phần dạng vòng). Có mười đường chia dạng đường thẳng 16b theo ví dụ này, vì

thể chia các phần dạng vòng 61 thành các phần dạng hình cung (kể cả một vòng tròn ở tâm). Sau đây, phương án chia theo Fig.2 sẽ được gọi là “phương án chia 6 vòng, 11 đường”.

Theo Fig.2, con số được đưa ra trong từng hình viên phân 15 biểu thị số hình viên phân I. Từng hình viên phân 15 được gán số hình viên phân khác nhau I (= 1 tới 61).

Kết quả là, bề mặt phát hiện 14 có 61 hình viên phân 15 chia bởi các đường chia dạng đường tròn 16a và các đường chia dạng đường thẳng 16b.

Bộ điều khiển 20 có nhiều kênh điều khiển 21. Các kênh điều khiển 21 điều khiển các cặp bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng 12 ở các điều kiện giống nhau.

Nhiều (61 theo ví dụ này) kênh điều khiển 21 điều khiển các bộ chuyển đổi siêu âm 12 của các hình viên phân 15 của các số hình viên phân I (= 1 tới 61).

Phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha theo sáng chế sử dụng thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha 100 như nêu trên để kích hoạt đồng thời các cặp bộ chuyển đổi siêu âm 12 có dạng đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn L ở cùng pha.

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ tương tự với hình vẽ theo Fig.2 và thể hiện phương án thứ hai của đầu dò 10 theo sáng chế.

Theo Fig.4, tương tự phương án thứ nhất, các đường chia dạng đường thẳng 16b vuông góc với đường chuẩn L đi qua tâm của các đường tròn và tiếp xúc với hai đầu của các đường chia dạng đường tròn 16a.

Theo ví dụ này, có bảy đường chia dạng đường tròn 16a, nhờ đó chia vòng tròn của bề mặt phát hiện 14 thành tám phần hình vành khăn (các phần dạng vòng). Có 14 đường chia dạng đường thẳng 16b theo ví dụ này, nhờ đó chia các phần dạng vòng thành nhiều (113) phần dạng hình cung (kể cả một vòng tròn ở tâm). Sau đây, phương án chia theo Fig.4 sẽ được gọi là “phương án chia 8 vòng, 15 đường”.

Theo Fig.4, các hình viên phân 15 có các số hình viên phân I là, ví dụ, 10, 11, 12, 14 và 15, được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với trục Y, và được điều khiển ở các điều kiện giống nhau bằng cùng kênh điều khiển 21.

Cùng nội dung nêu trên cũng áp dụng cho các cặp bộ chuyển đổi siêu âm khác 12 được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với trục Y.

Phần còn lại của cấu trúc là giống như cấu trúc theo phương án thứ nhất.

Fig.5 là hình vẽ dạng sơ đồ tương tự với hình vẽ theo Fig.4 và thể hiện phương án thứ ba của đầu dò 10 theo sáng chế.

Theo ví dụ này, có bảy đường chia dạng đường tròn 16a, nhờ đó chia vòng tròn của bề mặt phát hiện 14 thành tám phần hình vành khăn (các phần dạng vòng). Có nhiều (112) đường chia dạng đường thẳng 16b theo ví dụ này, nhờ đó chia các phần dạng vòng thành nhiều (113) phần dạng hình cung (kể cả một vòng tròn ở tâm).

Theo Fig.5, con số được đưa ra trong từng hình viên phân 15 biểu thị số hình viên phân I. Một cặp hình viên phân 15 được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với trục Y được gán cùng số hình viên phân I (= 1 tới 64).

Nói cách khác, ở bề mặt phát hiện 14 theo ví dụ này, mười lăm hình viên phân 15 nằm trên trục Y được gán các số hình viên phân khác nhau I, trong khi các cặp hình viên phân 15 được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với trục Y được gán các số hình viên phân giống nhau I.

Kết quả là, bề mặt phát hiện 14 có 113 hình viên phân 15 chia bởi các đường chia dạng đường tròn 16a và các đường chia dạng đường thẳng 16b.

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ để giải thích phương pháp điều khiển dùng cho đầu dò 10 theo sáng chế theo Fig.5.

Phương án thứ ba này khác với phương án thứ nhất và phương án thứ hai ở chỗ các đường chia dạng đường thẳng 16b là các đường thẳng theo

hướng kính, không vuông góc với đường chuẩn L, và không tiếp xúc với hai đầu của các đường chia dạng đường tròn 16a.

Tuy nhiên, như được thể hiện trên Fig.6, có thể thu được các ưu điểm tương đương với các ưu điểm theo phương án thứ nhất và phương án thứ hai bằng cách kiểm soát các hình viên phân 15 nằm trên các đường thẳng (ví dụ L1 và L2) song song với trục X (vuông góc với đường chuẩn L) ở các điều kiện giống nhau.

Fig.3 là các hình vẽ dạng sơ đồ để giải thích phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha theo sáng chế, phương pháp này được mô tả bằng cách sử dụng phương án thứ ba được thể hiện trên Fig.5.

Các hình vẽ dạng sơ đồ này thể hiện các ví dụ về quy tắc làm trễ để hội tụ hoặc làm nghiêng (thay đổi hướng di chuyển) chùm siêu âm S. Quy tắc làm trễ này đề cập tới quy tắc thời gian để kích hoạt từng phần tử (bộ vi chuyển đổi).

Theo Fig.3(A), Fig.3(B) và Fig.3(C), (a) thể hiện các hình chiếu được quan sát từ phía bên, và (b) thể hiện các hình vẽ phối cảnh.

Fig.3(A) thể hiện quy tắc làm trễ để hội tụ chùm ở vị trí ở khoảng cách 30 mm ngay bên dưới bằng cách sử dụng đầu dò 10 theo sáng chế. Biểu đồ dạng cột ở phía trên của bộ chuyển đổi tương ứng với thời gian trễ. Để hội tụ chùm ở vị trí ngay bên dưới, các phần tử được kích hoạt tuần tự từ vòng ngoài và sau cùng tới phần tử ở tâm. Điều này cho phép chùm có thể được hội tụ bằng cách tạo ra điều chỉnh pha ở vị trí có độ sâu định trước.

Fig.3(B) thể hiện quy tắc làm trễ để làm nghiêng hướng di chuyển với góc 10° . Các phần tử được kích hoạt tuần tự, bắt đầu với phần tử ở phía đối diện với phía mà chùm tới đó cần được làm nghiêng và sau cùng tới phần tử ở phía mà chùm tới đó cần được làm nghiêng. Theo sáng chế, trạng thái chia theo đường thẳng liên quan tới việc bổ sung trạng thái chia theo dạng vòng, và chùm siêu âm S có thể được làm nghiêng nhờ trạng thái chia theo đường thẳng.

Trong khi đó, quy tắc làm trễ để hội tụ chùm siêu âm S ở độ sâu tùy ý và góc tùy ý theo sáng chế được thể hiện trên Fig.3(C), quy tắc làm trễ này là kết hợp của các quy tắc làm trễ theo Fig.3(A) và Fig.3(B). Cụ thể hơn, theo sáng chế, trạng thái chia theo dạng vòng và trạng thái chia theo đường thẳng được kết hợp, và các phần tử đối xứng theo chiều ngang được kích hoạt đồng thời, nhờ đó có thể điều chỉnh tự do độ nghiêng và vị trí hội tụ nhờ số lượng tối thiểu của các phần tử.

Nhờ cấu trúc như nêu trên, như được thể hiện trên Fig.3(A), các chùm siêu âm riêng biệt S có thể được hội tụ vào một vòng tròn, tương tự các đầu dò mảng dạng hình tròn thông thường, bằng cách kiểm soát, ở các điều kiện giống nhau, các bộ chuyển đổi siêu âm 12 (các hình viên phân 15) được bố trí theo mẫu hình đường tròn.

Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.3(B), các chùm siêu âm S có thể được dẫn theo hướng dọc theo đường chuẩn L bằng cách tạo ra quy tắc làm trễ trên đường chuẩn và kích hoạt các phần tử ở thời điểm trễ ở vị trí của giao điểm của đường thẳng vuông góc được vẽ từ từng phần tử tới đường chuẩn. Hơn nữa, một chùm có thể được tạo ra được hội tụ theo đường thẳng theo hướng của đường chuẩn. Cụ thể hơn, các phần tử có số 59, 45, 33, 23, 15 và 9 trên đường thẳng L1, và các phần tử có số 61, 47, 35 và 25 trên đường thẳng L2 được thể hiện trên Fig.6 được kích hoạt đồng thời. “Hướng theo đường chuẩn L” có thể được thiết lập tự do bằng cách quay đầu dò 10 theo sáng chế quanh tâm O.

Lúc này, như được thể hiện trên Fig.3(C), chùm siêu âm S di chuyển theo đường chuẩn L, ví dụ, còn có thể được hội tụ vào một vòng tròn bằng cách bổ sung quy tắc làm trễ đối với hướng dọc theo đường thẳng L được thể hiện trên Fig.3(B) vào quy tắc làm trễ để hội tụ chùm vào một vòng tròn được thể hiện trên Fig.3(A).

Fig.7A là hình chiếu cạnh thể hiện trường hợp trong đó đầu dò 10 theo sáng chế theo phương án thứ hai được sử dụng để kiểm tra mẫu thử TP

có mặt ngoài dạng hình trụ. Hơn nữa, Fig.7B là hình vẽ mặt cắt theo đường trục Y trên Fig.7A.

Hơn nữa, Fig.8 thể hiện một ví dụ về phát hiện khuyết tật chùm góc trong đó đầu dò 10 theo sáng chế được gắn trên chi tiết hình nêm (chi tiết trung gian 2) có bề mặt nghiêng chéo, và sóng siêu âm được tạo ra tới ở một góc nghiêng đối với hướng trục của mẫu thử TP trái ngược với Fig.7A và Fig.7B thể hiện sóng siêu âm di chuyển thẳng đứng vào mẫu thử.

Theo phương pháp của sáng chế, trong hoạt động phát hiện khuyết tật theo phương thẳng đứng được tiến hành trên mẫu thử TP có mặt ngoài dạng hình trụ, như được thể hiện trên Fig.7A, các sóng siêu âm được định hướng về phía đường tâm của dạng hình trụ từ bên ngoài mẫu thử TP, và mẫu thử TP được đưa vào phát hiện khuyết tật bằng cách làm cho bề mặt phát hiện 14 tiếp xúc với mẫu thử TP vào trạng thái tiếp xúc với mặt ngoài và bằng cách định hướng đường chuẩn L theo chiều chu vi vuông góc với hướng trục của dạng hình trụ.

Theo ví dụ này, bề mặt phát hiện 14 của đầu dò 10 theo sáng chế là một mặt phẳng, trong khi mặt ngoài của mẫu thử TP là bề mặt dạng cung tròn. Do vậy, theo Fig.7B và Fig.8, chi tiết trung gian 2 được định vị giữa bề mặt phát hiện 14 của đầu dò 10 theo sáng chế và mặt ngoài của mẫu thử TP. Vật liệu của chi tiết trung gian 2 nói chung là một nhựa, chẳng hạn nhựa acrylic.

Theo Fig.7A và Fig.7B, tiếp xúc trực tiếp bằng cách sử dụng nước hoặc glyxerin làm môi chất tiếp xúc có thể được áp dụng mà không cần sử dụng chi tiết trung gian 2, hoặc phương pháp phát hiện khuyết tật nhúng chìm trong nước có thể được sử dụng, trong đó đầu dò và mẫu thử TP được thiết lập tách rời nhau trong nước khi phát hiện các khuyết tật.

Theo Fig.8, chi tiết hình nêm có bề mặt nghiêng và được làm bằng một nhựa như nhựa acrylic, được sử dụng làm chi tiết trung gian 2. Bề mặt nghiêng của chi tiết hình nêm được lắp đặt, hướng theo hướng trục, và đầu

dò 10 theo sáng chế được định vị trên bề mặt nghiêng, đường chuẩn L được định hướng theo chiều chu vi vuông góc với hướng trục của dạng hình trụ. Nhờ cách bố trí này, hoạt động phát hiện khuyết tật chùng góc theo hướng trục được tiến hành, trong đó các sóng siêu âm được dẫn tới mẫu thử theo hướng trục và các sóng siêu âm được thiết lập tới mẫu thử theo hướng nghiêng. Bề mặt của chi tiết trung gian 2 ở phía mẫu thử dạng hình trụ có thể là một mặt phẳng hoặc mặt dạng cong phù hợp với độ cong của dạng hình trụ. Hơn nữa, phần mô tả đã được đưa ra về trường hợp trong đó chi tiết hình nêm được sử dụng làm chi tiết trung gian 2, và đầu dò theo sáng chế được lắp đặt trên chi tiết hình nêm. Tuy nhiên, theo cách khác, một đầu dò góc để phát hiện khuyết tật theo kiểu kiểu mảng định pha có kết hợp đầu dò 10 theo sáng chế và chi tiết hình nêm thành một bộ phận liền khối có thể được sử dụng.

Tốt hơn là, số lượng của các đường chia dạng đường tròn 16a lớn hơn hoặc bằng 7, số lượng của các đường chia dạng đường thẳng 16b lớn hơn hoặc bằng 14, và số lượng của các bộ chuyển đổi siêu âm 12 lớn hơn hoặc bằng 64.

Theo các phương án của sáng chế như nêu trên, các bộ chuyển đổi siêu âm 12 được tách rời theo dạng vòng tròn đồng tâm và cũng được tách rời theo các hàng vuông góc với đường chuẩn L đi qua tâm của các vòng tròn, và được bố trí đối xứng theo đường thẳng đối với đường chuẩn L. Cấu trúc này cho phép điều khiển các bộ chuyển đổi siêu âm 12 trên các vòng tròn đồng tâm ở các điều kiện giống nhau, nhờ đó cho phép các chùm siêu âm S có thể được hội tụ vào một vòng tròn, giống như đầu dò mảng dạng hình tròn.

Trong mẫu thử dạng cột, mặt phân cách mà qua đó các sóng siêu âm đi vào mẫu thử TP có dạng hình tròn khi quan sát từ hình vẽ theo Fig.7B, trong khi mặt phân cách có dạng đường thẳng khi quan sát trên hình chiếu cạnh. Khi chùm siêu âm S đã tạo ra bên trong mẫu thử được quan sát trên

hình chiếu cạnh, chùm siêu âm S có thể được hội tụ theo cách giống như biên dạng chùm bên trong một tấm phẳng. Tuy nhiên, khi quan sát trên hình vẽ mặt cắt, chùm siêu âm S được khúc xạ ở mặt phân cách mẫu thử dạng hình tròn. Tốc độ âm thanh của mẫu thử TP thường cao hơn tốc độ âm thanh của chi tiết trung gian 2, vì thế chùm siêu âm S bên trong mẫu thử khuếch tán, điều này dẫn đến vị trí hội tụ khác đáng kể so với vị trí hội tụ trên hình chiếu cạnh. Điều này ngăn không cho chùm siêu âm S được hội tụ vào một vòng tròn, vì thế dẫn đến suy giảm của độ chính xác kiểm tra.

Đầu dò theo sáng chế có chức năng để điều khiển chùm siêu âm S theo dạng đường thẳng bằng cách tạo ra quy tắc làm trễ trên đường thẳng của đường chuẩn L bổ sung vào chức năng để hội tụ chùm siêu âm S vào một vòng tròn nhờ các phần tử được chia theo dạng vòng. Cụ thể hơn, bằng cách cải thiện thêm hiệu quả hội tụ theo chiều chu vi để bù sự khuếch tán của chùm ở mặt phân cách dạng hình tròn trên hình vẽ mặt cắt, trạng thái hội tụ của chùm siêu âm S quan sát được trên hình chiếu cạnh có thể được đưa vào gần hơn với trạng thái hội tụ theo hướng hình vẽ mặt cắt, nhờ đó có thể thu được hiệu quả hội tụ gần như dạng vòng tròn.

Hơn nữa, các kênh điều khiển 21 điều khiển các cặp bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng 12 ở các điều kiện giống nhau, vì thế số lượng của các bộ chuyển đổi siêu âm 12 theo đường chuẩn L có thể được tăng mà không làm tăng số lượng của các kênh của bộ điều khiển 20, nhờ đó có thể giảm bớt mức nhiễu.

Tiếp theo sẽ mô tả các kết quả mô phỏng theo các phương án từ thứ nhất tới thứ ba theo sáng chế khi so sánh với các ví dụ thông thường.

Phương án thứ nhất

Fig.9 thể hiện các đồ thị so sánh về các biên dạng chùm của đầu dò mảng dạng đường thẳng, đầu dò mảng dạng hình tròn, và đầu dò mảng dạng ma trận trong trường hợp trong đó số lượng chia là 8. Trên từng đồ thị, các đồ thị trên thể hiện các trạng thái hội tụ của chùm siêu âm S trong một mẫu

thử, trong khi các đồ thị dưới thể hiện cường độ tín dãi (cường độ chùm) theo chiều rộng ở vị trí mà chùm siêu âm S được hội tụ nhiều nhất (vị trí tín dãi cực đại) trên các đồ thị trên.

Sau đây, đầu dò mảng dạng đường thẳng sẽ được gọi tắt là “đầu dò dạng đường thẳng,” đầu dò mảng dạng hình tròn được gọi tắt là “đầu dò dạng hình tròn,” và đầu dò mảng dạng ma trận được gọi tắt là “đầu dò dạng ma trận”.

Trên các hình vẽ, liên quan tới kích thước của từng bộ chuyển đổi, bộ chuyển đổi hình vuông có kích thước 35 x 35 mm được chia trong trường hợp của đầu dò dạng đường thẳng và đầu dò dạng ma trận, và bộ chuyển đổi hình tròn có đường kính bằng 35 mm được chia trong trường hợp của đầu dò dạng hình tròn. Hơn nữa, kích thước của khe hở 11 (độ rộng khe hở) được cố định là 0,05 mm, và điểm hội tụ được thiết lập ở vị trí có độ sâu 100 mm.

Fig.10 là các đồ thị so sánh thể hiện độ cao của các tín dãi theo chiều rộng trong trường hợp trong đó số lượng chia từ 4 tới 32. Số lượng tối đa của các phần chia của đầu dò dạng ma trận được biểu diễn bằng $8 \times 8 = 64$, vì thế chỉ 4, 6 và 8 phần chia được thể hiện trên hình vẽ.

Từ so sánh của các biên dạng chùm trên Fig.9 và Fig.10, có thể thấy rằng đặc tính hội tụ của chùm siêu âm S suy giảm khi số lượng chia giảm và do đó kích thước của từng các phần tử (các hình viên phân 15 như nêu trên) tăng. Ngoài ra, còn thấy rằng, trên các biên dạng chùm thu được, các chùm được xem là các búp bên được cải thiện quanh chùm siêu âm hội tụ S sẽ được sử dụng cho phép đo, vì thế làm cho các khuyết tật M có thể được nhận dạng nhằm là búp chính và búp bên hoặc dẫn đến sự cô tách rời giữa búp chính và búp bên, và dẫn đến suy giảm của độ chính xác phép đo.

Fig.11 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa số lượng chia của bộ chuyển đổi và mức nhiễu búp bên ở độ sâu bằng 75 mm.

Đồ thị này thể hiện các kết quả so sánh của các biên dạng chùm trên Fig.9 và Fig.10.

Fig.11 cho thấy việc làm giảm mức nhiễu búp bên còn nhỏ hơn hoặc bằng 10% đòi hỏi bốn hoặc nhiều phần chia hơn đối với đầu dò dạng hình tròn, và mười một hoặc nhiều phần chia hơn đối với đầu dò dạng đường thẳng. Như vậy, phương án chia 6 vòng, 11 đường, có số lượng phần chia dạng vòng là năm, được thể hiện trên Fig.3 có thể làm giảm mức nhiễu búp bên còn nhỏ hơn hoặc bằng 10%. Ngoài ra, có thể thấy rằng đầu dò dạng ma trận thông thường gồm 64 (8x8) kênh không thể đạt được mức nhiễu nhỏ hơn hoặc bằng 10% như nêu trên.

Phương án thứ hai

Fig.12 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa số lượng chia của bộ chuyển đổi và độ rộng chùm của chùm siêu âm S.

Theo đồ thị này, sử dụng độ rộng chùm lớn hơn hoặc bằng một nửa áp lực sóng âm cực đại ở vị trí mà áp lực sóng âm được hội tụ nhiều nhất.

Theo Fig.12, có thể thấy rằng độ rộng chùm tăng nhanh chóng khi số lượng chia của bộ chuyển đổi giảm, điều này dẫn đến suy giảm của mức độ hội tụ của chùm siêu âm S.

Ngoài ra, từ đồ thị này, có thể thấy rằng chùm có thể được điều khiển tới phạm vi bằng 5% độ rộng chùm tối thiểu bằng cách chia bộ chuyển đổi bằng tám vòng hoặc nhiều hơn đối với mảng dạng hình khuyên hoặc bằng 13 hoặc nhiều phần chia hơn đối với mảng dạng đường thẳng. Nói cách khác, phương án chia 8 vòng, 15 đường theo phương án thứ hai và phương án thứ ba theo Fig.4 và Fig.5 có thể đạt được hiệu quả kiểm soát chùm.

Phương án thứ nhất và phương án thứ hai như đã mô tả trên đây có các dấu hiệu như sau.

(1) Như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.4, bề mặt phát hiện 14 của đầu dò 10 theo sáng chế tốt hơn là được chia bởi các đường chia dạng đường tròn 16a theo dạng vòng tròn đồng tâm (kể cả các vòng dạng hình

tròn và hình elip ở tâm) và các đường chia dạng đường thẳng 16b song song với nhau.

(2) Hơn nữa, các đường chia dạng đường thẳng 16b, song song với nhau, tốt hơn là trùng với các vị trí của các khe hở của các đường chia dạng đường tròn 16a theo dạng vòng tròn đồng tâm.

Các cách bố trí theo dấu hiệu (1) và (2) cho phép bề mặt phát hiện 14 có thể được tách rời theo hướng vuông góc với đường chuẩn L trên các vòng tròn đồng tâm và đi qua tâm, nhờ đó có thể dễ dàng chia bề mặt phát hiện 14 thành các hình viên phân 15 được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn L. Trong trường hợp này, kích thước của khe hở 11 giữa các hình viên phân liên kế 15 (độ rộng khe hở) có thể được duy trì là độ rộng cố định hoặc gần như cố định, nhờ đó cho phép sử dụng hữu hiệu toàn bộ bề mặt của bề mặt phát hiện 14 ngoại trừ các khe hở 11.

(3) Tốt hơn là, số lượng chia nhờ các đường chia dạng đường tròn 16a lớn hơn hoặc bằng 6, kể cả vòng tròn ở tâm, và số lượng chia nhờ các đường chia dạng đường thẳng 16b lớn hơn hoặc bằng 7.

Nhờ cách bố trí này, khi hội tụ chùm siêu âm S của đầu dò 10 theo sáng chế vào một vòng tròn, giống như đầu dò mảng dạng hình tròn, mức nhiễu búp bên trên Fig.11 có thể được giới hạn ở giá trị thấp từ 3 tới 4%.

Ngoài ra, khi đầu dò 10 theo sáng chế định hướng chùm siêu âm S của đầu dò 10 theo sáng chế theo hướng tùy ý theo đường chuẩn L, độ rộng chùm của chùm siêu âm S trên Fig.12 có thể được giới hạn ở giá trị thấp từ 4,3 tới 4,4 mm, giống như đầu dò mảng dạng đường thẳng.

(4) Các cặp bộ chuyển đổi siêu âm 12 được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn L đi qua tâm O của các vòng tròn tốt hơn là được kích hoạt đồng thời.

(5) Trong trường hợp trong đó đầu dò 10 theo sáng chế được sử dụng đối với cột hoặc ống có thành dày, việc phát hiện khuyết tật tốt hơn là được

tiến hành bằng cách thiết lập hướng của đường chuẩn L (trục Y) theo hướng vuông góc với hướng trục của cột hoặc ống.

Với các cách bố trí theo dấu hiệu (4) và (5), biên dạng của chùm tới trên mẫu thử được quan sát từ hướng hình vẽ mặt cắt có thể được đưa tới xấp xỉ biên dạng của chùm giống như bề mặt tròn nhẵn được quan sát trên hình chiếu cạnh bằng cách hiệu chỉnh ảnh hưởng của mặt phân cách hình tròn khi chùm siêu âm đi vào mẫu thử, nhờ đó cho phép độ chính xác phát hiện khuyết tật có thể được cải thiện.

(6) Trong trường hợp này, tốt hơn là, số lượng chia nhờ các đường chia dạng đường tròn 16a được thiết lập bằng 8, số lượng chia nhờ các đường chia dạng đường thẳng 16b được thiết lập bằng 15, và các cặp hình viên phân 15 được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn L được điều khiển nhờ cùng kênh điều khiển 21.

Việc kích hoạt đồng thời các bộ chuyển đổi siêu âm 12 có dạng đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn L cho phép điều khiển, bởi 64 kênh điều khiển 21, 113 hình viên phân 15 được chia bởi các đường chia dạng đường tròn 16a và các đường chia dạng đường thẳng 16b. Điều này cho phép hiệu quả hội tụ chùm có thể nằm trong phạm vi 5% của độ rộng chùm tối ưu.

Phương án thứ ba

Fig.13 là các đồ thị so sánh thể hiện các biên dạng chùm của đầu dò dạng ma trận và phương án thứ nhất và phương án thứ hai của đầu dò 10 theo sáng chế.

Đồ thị (A) thể hiện đầu dò dạng ma trận thu được bằng cách chia bộ chuyển đổi hình vuông có kích thước 35 x 35 mm thành 8 cột và 8 hàng. Đồ thị (B) thể hiện đầu dò 10 theo sáng chế thu được bằng cách chia bộ chuyển đổi hình tròn có đường kính bằng 35 mm nhờ sáu vòng và mười một đường (phương án thứ nhất). Đồ thị (C) thể hiện đầu dò 10 theo sáng chế thu được

bằng cách chia bộ chuyển đổi hình tròn có đường kính bằng 35 mm nhờ tám vòng và mười lăm đường (phương án thứ hai).

Hơn nữa, đồ thị (a) thể hiện trường hợp trong đó góc khúc xạ sóng dọc được thiết lập bằng $5,7^\circ$, độ sâu được thiết lập bằng 100 mm, và khoảng cách được thiết lập bằng 10 mm; và (b) thể hiện trường hợp trong đó góc khúc xạ sóng dọc được thiết lập bằng $11,3^\circ$, độ sâu được thiết lập bằng 100 mm, và khoảng cách được thiết lập bằng 20 mm.

Fig.14 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa các mức tín hiệu ở các phần đầu và các độ rộng chùm thu được từ Fig.13.

Từ đồ thị này, có thể thấy rằng các độ rộng chùm của đầu dò theo sáng chế 10 theo phương án thứ nhất và phương án thứ hai là nhỏ hơn so với độ rộng chùm theo kỹ thuật thông thường (đầu dò dạng ma trận).

Fig.15 là các đồ thị so sánh thể hiện các kết quả kiểm tra phát hiện khuyết tật của đầu dò dạng đường thẳng, đầu dò dạng ma trận, và đầu dò 10 theo sáng chế trong trường hợp trong đó có khuyết tật tấm phẳng có kích thước 20 x 20 mm và khuyết tật hình cầu có đường kính của 3 mm ở vị trí có độ sâu 70 mm.

Từ các đồ thị này, có thể thấy rằng khuyết tật tấm phẳng và khuyết tật hình cầu có thể được phát hiện nhờ đầu dò 10 theo sáng chế với độ chính xác cao hơn khi so sánh với đầu dò dạng đường thẳng và đầu dò dạng ma trận.

Fig.16 là các đồ thị so sánh thể hiện các kết quả kiểm tra phát hiện khuyết tật của đầu dò 10 theo sáng chế, đầu dò dạng hình tròn, và đầu dò dạng ma trận, thử nghiệm phát hiện khuyết tật đã được thực hiện trên mẫu thử TP có mặt ngoài dạng hình trụ.

Trong số các đồ thị này, (A) thể hiện phương án thứ ba của đầu dò 10 theo sáng chế có 8 vòng chia và 113 phần tử dạng hình cung đã chia, (B) thể hiện đầu dò dạng hình tròn có 32 phần chia, và (C) thể hiện đầu dò dạng ma trận có 8x8 phần chia.

Hơn nữa, theo từng đồ thị, (a) thể hiện các tiết diện theo hướng trục, và (b) thể hiện các tiết diện theo hướng vuông góc với hướng trục.

Từ các đồ thị này, có thể thấy rằng, khi so sánh với đầu dò dạng hình tròn và đầu dò dạng ma trận, đầu dò 10 theo sáng chế có thể hội tụ chùm ở cả tiết diện theo hướng trục và tiết diện theo hướng vuông góc với hướng trục, nhờ đó có thể phát hiện các khuyết tật với độ chính xác cao hơn.

Cụ thể là, đầu dò mảng dạng hình tròn sử dụng bộ chuyển đổi được chia dạng hình tròn, vì thế chùm đặc tính hội tụ theo tiết diện trục giao với góc 90° trên bề mặt tron nhẵn duy trì giống nhau. Tuy nhiên, trong trường hợp thử nghiệm này được thực hiện trên mẫu thử dạng cột, có thể thấy rằng chùm bị khuếch tán đáng kể và không được hội tụ ở độ cong tròn ở mặt phân cách mà trên đó chùm tới theo tiết diện vuông góc với hướng trục, vì thế làm giảm đáng kể độ chính xác phép đo. Trái lại, theo phương pháp phát hiện khuyết tật theo sáng chế, việc chia tương ứng với độ cong cụ thể theo chiều chu vi được thực hiện theo các hàng theo hướng vuông góc với đường chuẩn, và quy tắc làm trễ được thiết lập theo hướng của đường chuẩn để nhờ đó bù ảnh hưởng của độ cong. Như vậy, có thể thấy rằng trạng thái hội tụ thành công được thực hiện ở cả tiết diện theo hướng trục và tiết diện theo hướng vuông góc với hướng trục, vì thế chùm có thể được hội tụ vào một vòng tròn và do đó độ chính xác kiểm tra có thể được cải thiện đáng kể.

Thiết bị theo sáng chế như nêu trên có thể được chế tạo và kiểm tra.

Phương án thứ tư

Đầu dò 10 theo sáng chế được chế tạo

Bảng 1 thể hiện các đặc trưng kỹ thuật của đầu dò 10 theo sáng chế được chế tạo.

Bảng 1

Các kích thước bên ngoài	Đường kính: 54 mm, độ dài: 35 mm
Vật liệu của vỏ	SUS
Tần số	5 MHz
Vật liệu của bộ chuyển đổi	Kiểu kết hợp
Đường kính của bộ chuyển đổi (D)	34,4 mm
Tổng số phần tử	8 vòng x 15 đường = 113 phần tử
Số lượng kênh	64 kênh (các phần tử đối xứng theo chiều ngang được nối ngắn mạch)
Độ rộng phần tử kênh (b)	2,2 mm
Khoảng cách	2,3 mm
Khe hở (G)	0,1 mm

Fig.17 là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện đầu dò 10 theo sáng chế đã được chế tạo, trong đó (A) là hình chiếu từ trên xuống, (B) là hình chiếu cạnh, và (C) là hình chiếu từ dưới lên.

Fig.18 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ chuyển đổi siêu âm 12 của đầu dò 10 theo sáng chế đã được chế tạo.

Theo hình vẽ này, thiết kế bố trí của các bộ chuyển đổi siêu âm 12 là giống như phương án được thể hiện trên Fig.4, nghĩa là “phương án chia 8 vòng, 15 đường”. Hơn nữa, đường kính D của bề mặt phát hiện 14 là 34,4 mm, độ rộng “b” của hình viên phân 15 là 2,2 mm, và kích thước của khe hở 11 (độ rộng khe hở G) là 0,1 mm.

Các điều kiện kiểm tra

Fig.19A là hình vẽ giải thích thể hiện các điều kiện thử nghiệm của đầu dò 10 theo sáng chế đã được chế tạo.

Mẫu thử TP được sử dụng đối với thử nghiệm là khối thép có độ rộng (W = 100 mm), độ dài (L = 160 mm), và độ cao (H = 120 mm). Mặt đáy của mẫu thử TP là bề mặt nghiêng góc 45° đối diện với mặt trên (bề mặt mẫu

thử 1) của mẫu thử TP, và các khuyết tật mô phỏng (các khuyết tật M) được bổ sung vào tâm của bề mặt nghiêng.

Fig.19B là hình vẽ dạng sơ đồ để giải thích các khuyết tật M. Các khuyết tật M bao gồm 9 lỗ dạng hình tròn, từng lỗ này có đường kính bằng 1 mm và được bố trí cách nhau khoảng cách 5 mm theo dạng chữ thập, trong một đường tròn được biểu thị bằng nét đứt và có đường kính bằng 30 mm. Sau đây, bề mặt nghiêng dạng phẳng 3 có các khuyết tật M sẽ được gọi là “mặt phẳng có khuyết tật 3”.

Theo Fig.19A, đầu dò 10 theo sáng chế được gắn chặt vào chi tiết hình nêm 2 có góc sóng ngang khúc xạ bằng 45° , và thử nghiệm phát hiện khuyết tật được thực hiện qua bề mặt mẫu thử 1. Lúc này, hướng quét được thiết lập theo hướng vuông góc với mặt phẳng trang giấy theo Fig.19A (hướng theo chiều rộng).

Hơn nữa, để làm ví dụ so sánh, thử nghiệm phát hiện khuyết tật giống hệt được thực hiện bằng cách sử dụng đầu dò mảng dạng đường thẳng 32 kênh (đầu dò thông thường).

Các kết quả thử nghiệm

Fig.20 thể hiện các ảnh quét kiểu C trên mặt phẳng có khuyết tật, trong đó (A) thể hiện ảnh của đầu dò 10 theo sáng chế, và (B) thể hiện ảnh của đầu dò thông thường. Các ảnh quét kiểu C nghĩa là các ảnh được chiếu từ bên trên.

Theo Fig.20, trục hoành biểu thị khoảng cách quét (mm), và trục tung biểu thị góc lệch (góc: $^\circ$). Theo thử nghiệm này, vị trí hội tụ được thay đổi theo chiều dọc khi tiến hành phát hiện khuyết tật bằng siêu âm, và góc lệch được thiết lập trong phạm vi $\pm 7,5^\circ$, với giá trị trung tâm là 0° .

Theo Fig.20, có thể thấy rằng, khi so sánh với ảnh của đầu dò thông thường, ảnh của đầu dò 10 theo sáng chế dễ dàng phát hiện các khuyết tật mô phỏng.

Fig.21 thể hiện các đồ thị đỉnh theo hướng quét, và Fig.22 thể hiện các đồ thị đỉnh theo hướng vuông góc với hướng quét (chiều ngang trên Fig.19A). Theo Fig.21 và Fig.22, (A) thể hiện ảnh của đầu dò 10 theo sáng chế, và (B) thể hiện ảnh của đầu dò thông thường.

Theo Fig.21, trục hoành biểu thị khoảng cách quét (mm), và trục tung biểu thị cường độ chùm (%). Theo Fig.22, trục hoành biểu thị góc lệch ($^{\circ}$), và trục tung biểu thị cường độ chùm (%). Giá trị cực đại của cường độ chùm được thiết lập bằng 100%.

Ngoài ra, theo Fig.21 và Fig.22, có thể thấy rằng, khi so sánh với các ảnh của đầu dò thông thường, các ảnh của đầu dò 10 theo sáng chế phát hiện các khuyết tật mô phỏng với độ chính xác cao hơn.

Hiển nhiên là sáng chế không bị giới hạn ở các phương án như nêu trên, và có thể được thay đổi theo nhiều cách khác nhau mà không bị xem là vượt ra ngoài phạm vi của sáng chế.

Mô tả các số chỉ dẫn

A: điện cực chế;

B: vùng kích hoạt;

C: điện cực chung;

D: kích thước của bộ chuyển đổi cần được chia (đường kính của bề mặt phát hiện);

I: số hình viên phân;

L: đường chuẩn;

M: khuyết tật;

O: tâm;

S: chùm siêu âm;

TP: mẫu thử;

x: độ sâu;

1: bề mặt mẫu thử;

- 2: chi tiết trung gian (chi tiết hình nêm);
- 3: mặt phẳng có khuyết tật;
- 8a: rãnh;
- 8b: khe hở;
- 9: phần tử áp điện;
- 10: đầu dò kiểu mảng định pha (đầu dò theo sáng chế);
- 11: khe hở;
- 12: bộ chuyển đổi siêu âm;
- 14: bề mặt phát hiện;
- 15: hình viên phân;
- 16: đường chia;
- 16a: đường chia dạng đường tròn;
- 16b: đường chia dạng đường thẳng;
- 20: bộ điều khiển;
- 21: kênh điều khiển;
- 22: bộ phận hiển thị;
- 24: bộ phận xử lý ảnh; và
- 100: thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha bao gồm:

đầu dò kiểu mảng định pha có nhiều bộ chuyển đổi siêu âm được tách rời theo dạng vòng tròn đồng tâm, được tách rời theo các hàng vuông góc với đường chuẩn đi qua tâm của các đường tròn, và được định vị đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn; và

bộ điều khiển có nhiều kênh điều khiển,

trong đó bộ điều khiển được làm thích ứng để đồng thời kích hoạt các cặp của các bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn ở cùng pha.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó đầu dò kiểu mảng định pha có bề mặt phát hiện hình tròn để truyền và thu chùm siêu âm, và

bề mặt phát hiện này có nhiều hình viên phân được chia thành nhiều phần dạng hình cung có dạng đối xứng đối với đường chuẩn.

3. Thiết bị theo điểm 2, trong đó các đường chia của các hình viên phân bao gồm nhiều đường chia dạng đường tròn đồng tâm để chia hình tròn thành nhiều phần hình vành khăn, và nhiều đường chia dạng đường thẳng để chia các phần hình vành khăn thành các phần dạng hình cung và song song với nhau.

4. Thiết bị theo điểm 3, trong đó các đường chia dạng đường thẳng vuông góc với đường chuẩn đi qua tâm và tiếp xúc với hai đầu của các đường chia dạng đường tròn.

5. Thiết bị theo điểm 3, trong đó số lượng của các đường chia dạng đường tròn lớn hơn hoặc bằng 5.

6. Phương pháp phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha bằng cách sử dụng thiết bị phát hiện khuyết tật kiểu mảng định pha theo điểm 1,

trong đó bộ điều khiển được làm thích ứng để đồng thời kích hoạt các cặp của các bộ chuyển đổi siêu âm đối xứng qua đường thẳng đối với đường chuẩn ở cùng pha.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó, khi thực hiện phát hiện khuyết tật thẳng đứng trên một mẫu thử có mặt ngoài dạng hình trụ về phía đường tâm của dạng hình trụ từ bên ngoài mẫu thử, và phát hiện khuyết tật chòm góc theo hướng trục, đường chuẩn được định hướng theo chiều chu vi vuông góc với hướng trục của dạng hình trụ để thực hiện kiểm tra phát hiện khuyết tật đối với mẫu thử.

8. Phương pháp theo điểm 6, trong đó số lượng của các đường chia dạng đường tròn lớn hơn hoặc bằng 7, số lượng của các đường chia dạng đường thẳng lớn hơn hoặc bằng 14, và số lượng của các bộ chuyển đổi siêu âm lớn hơn hoặc bằng 64.

9. Phương pháp theo điểm 6, trong đó tập trung chùm siêu âm truyền dọc theo đường chuẩn thành một vòng tròn bằng cách kết hợp hai quy tắc trở bao gồm:

quy tắc trở thứ nhất dùng cho các bộ chuyển đổi siêu âm được tách rời theo vòng tròn đồng tâm là kích hoạt theo trình tự từ vòng ngoài tới sau cùng là phần tử trung tâm để tập trung chùm siêu âm thành một vòng tròn, và

quy tắc trở thứ hai dùng cho các bộ chuyển đổi siêu âm được tách rời theo các hàng vuông góc với đường chuẩn là kích hoạt theo trình tự theo hướng dọc theo đường chuẩn.

Fig.1

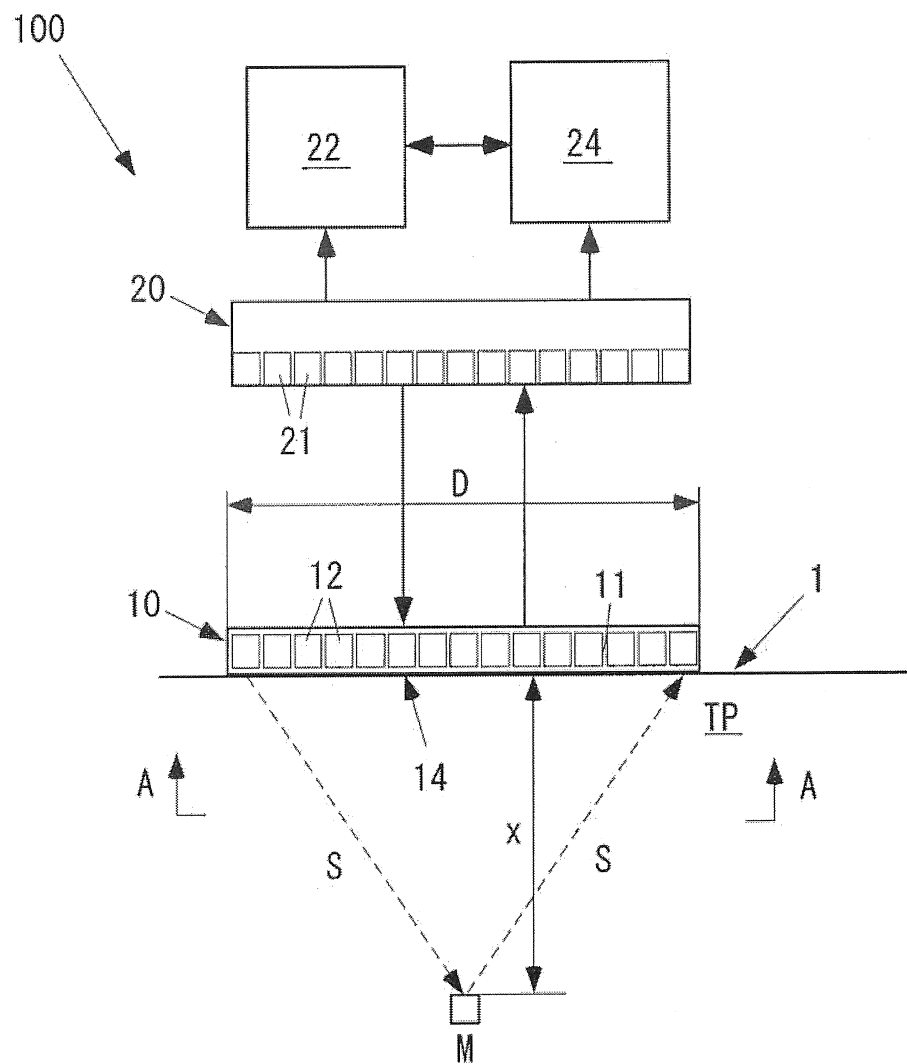


Fig.2

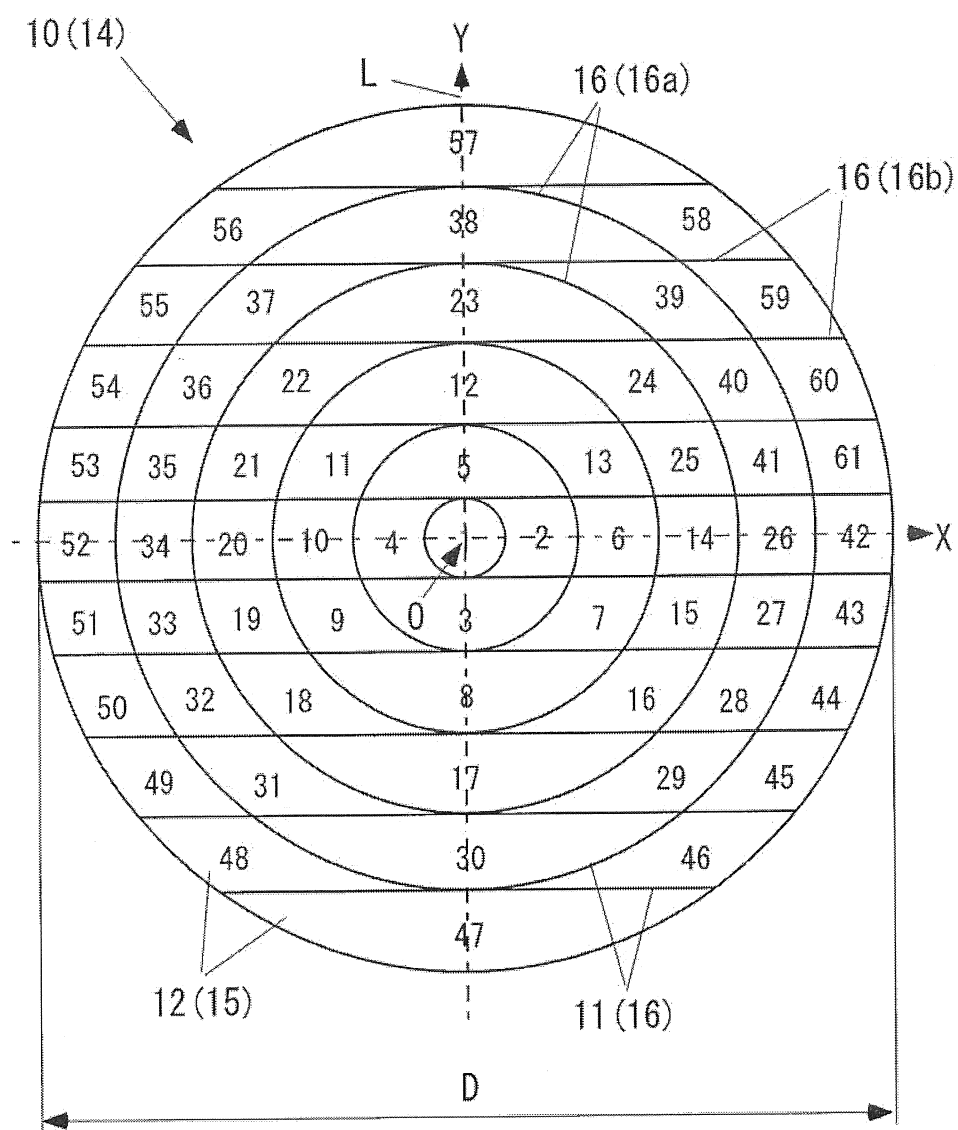


Fig.3

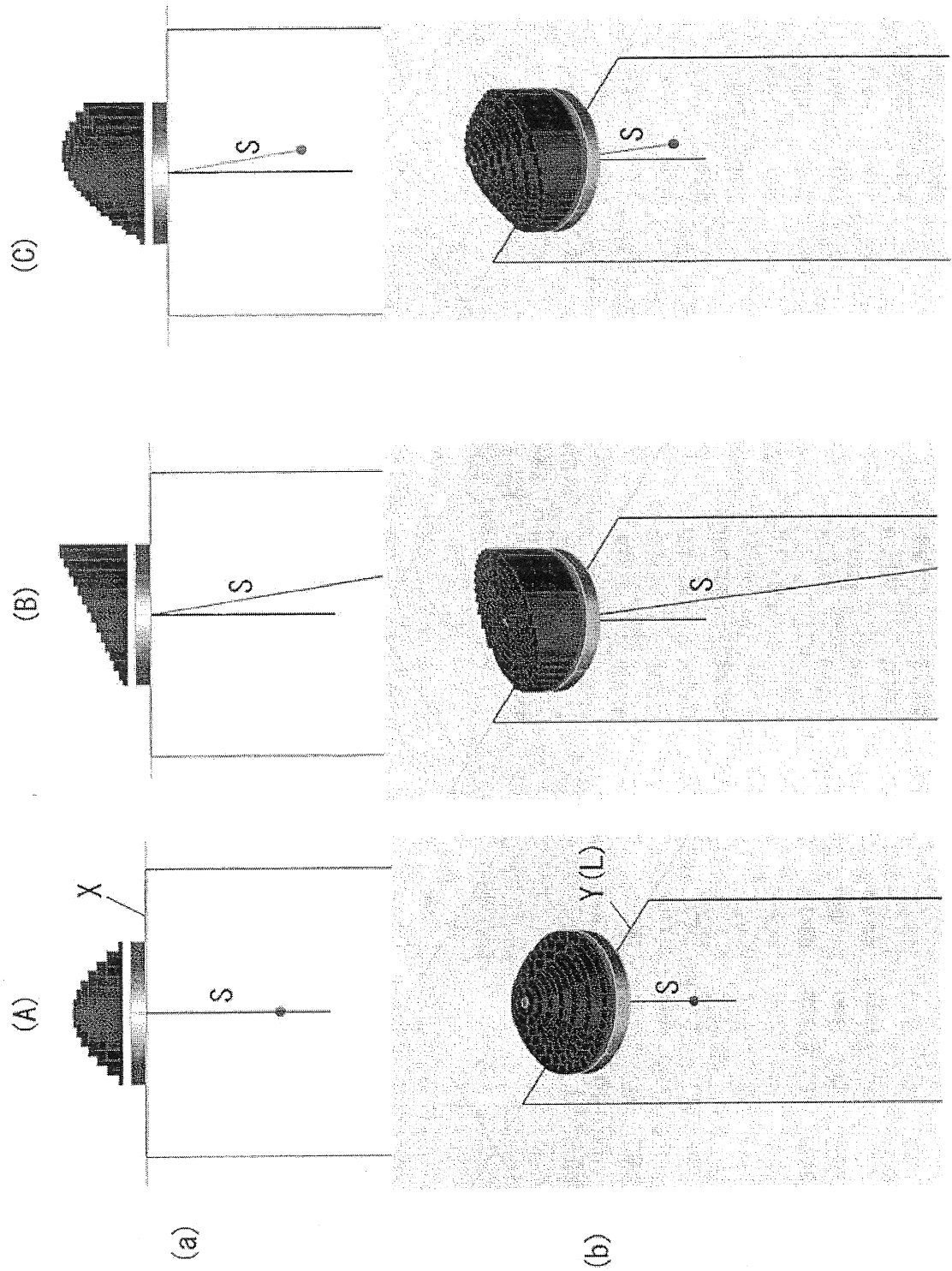


Fig.4

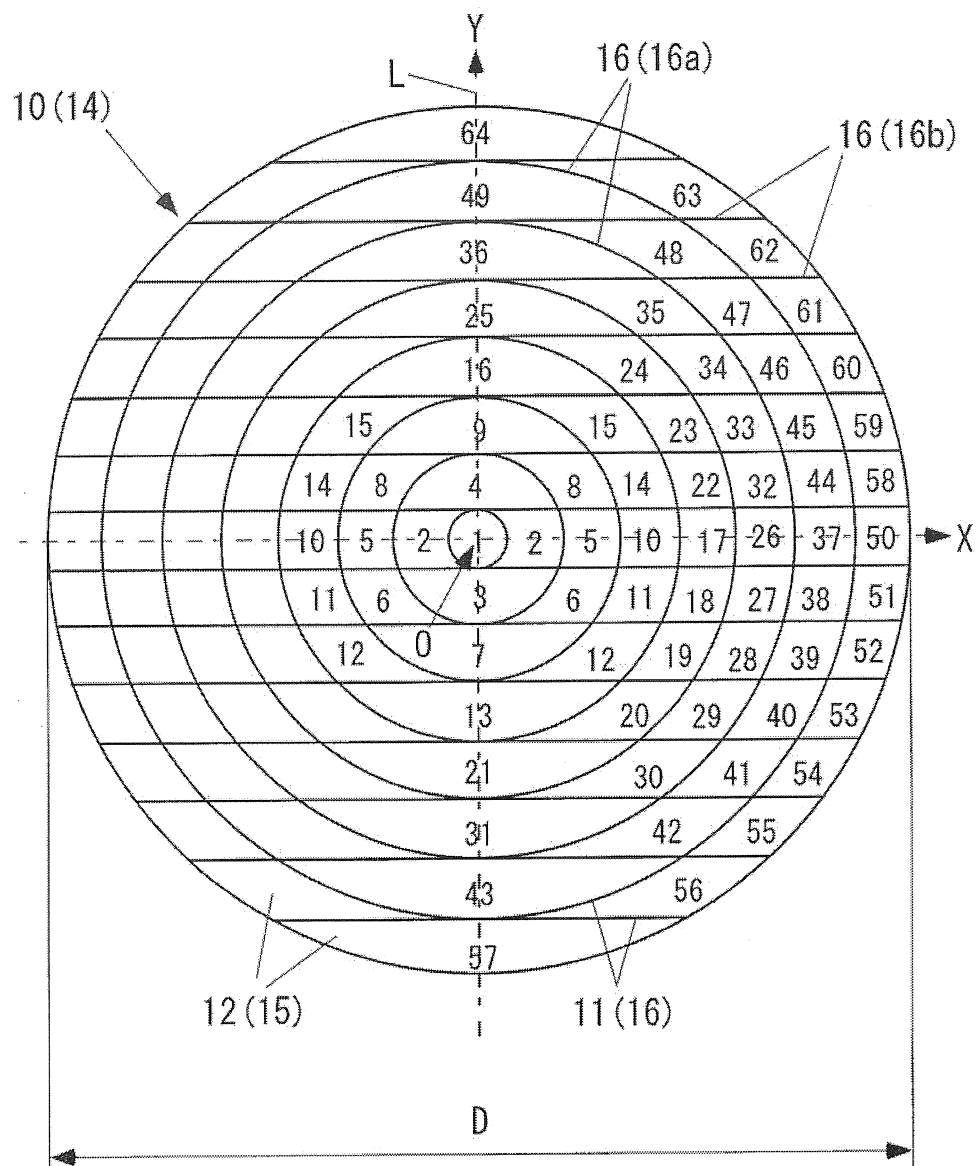


Fig.5

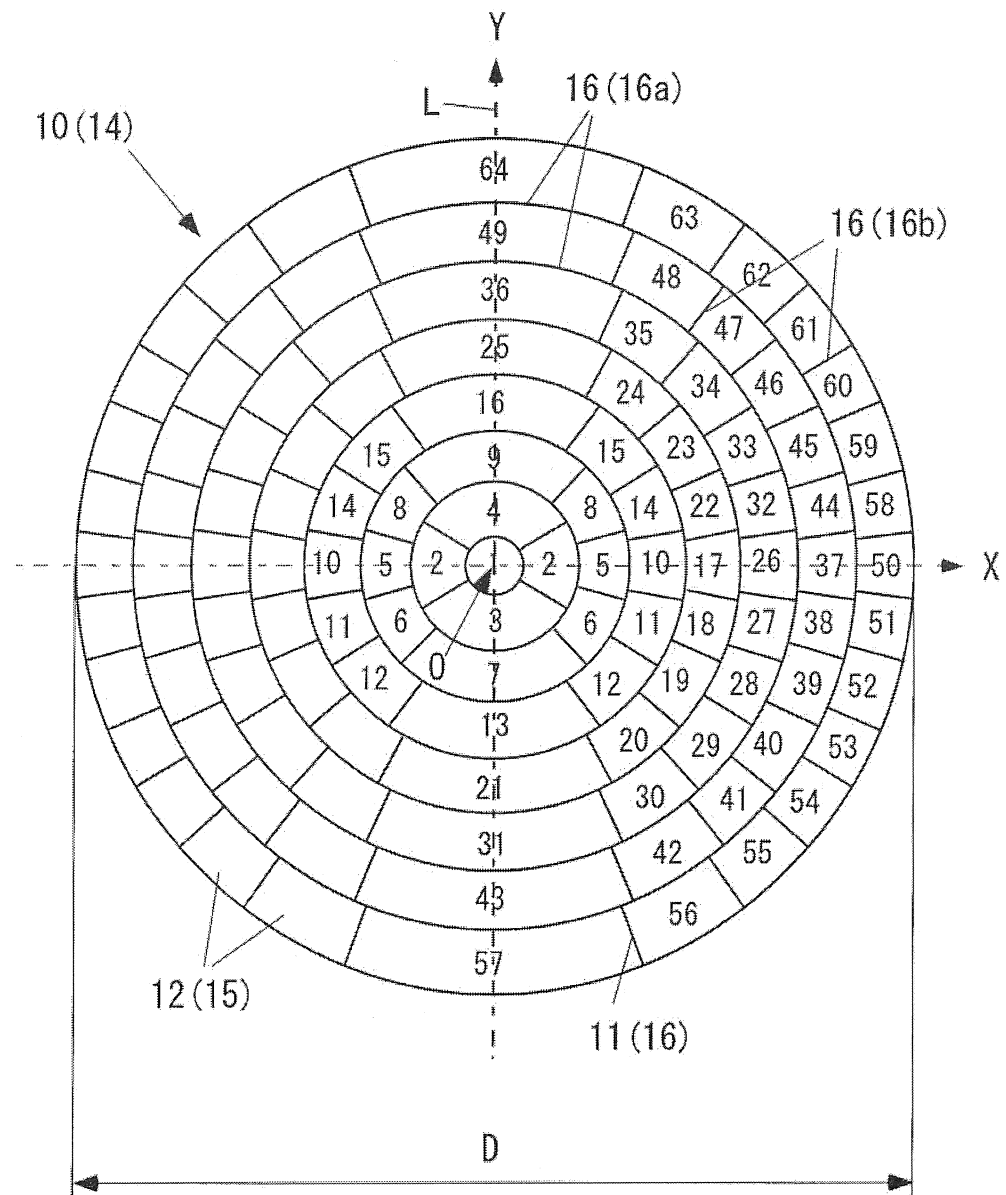


Fig.6

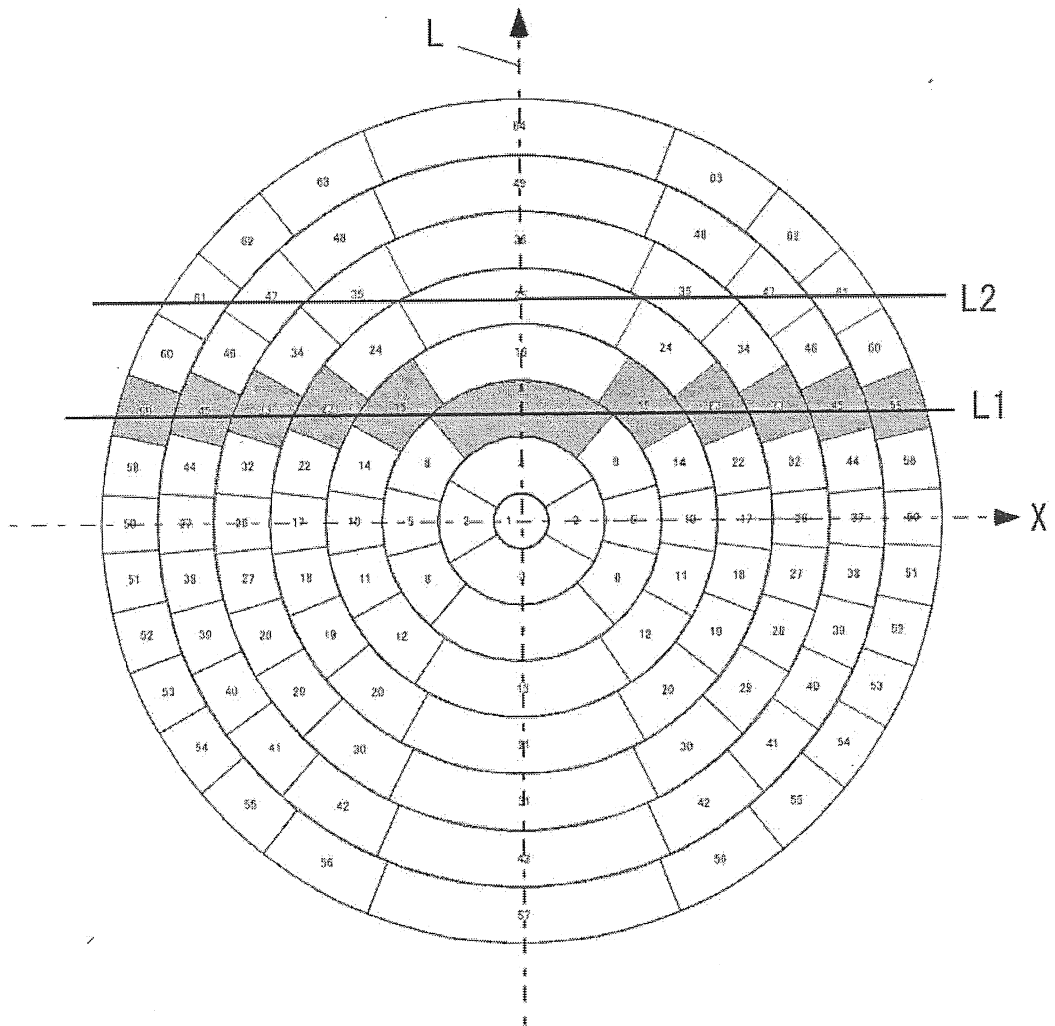


Fig.7A

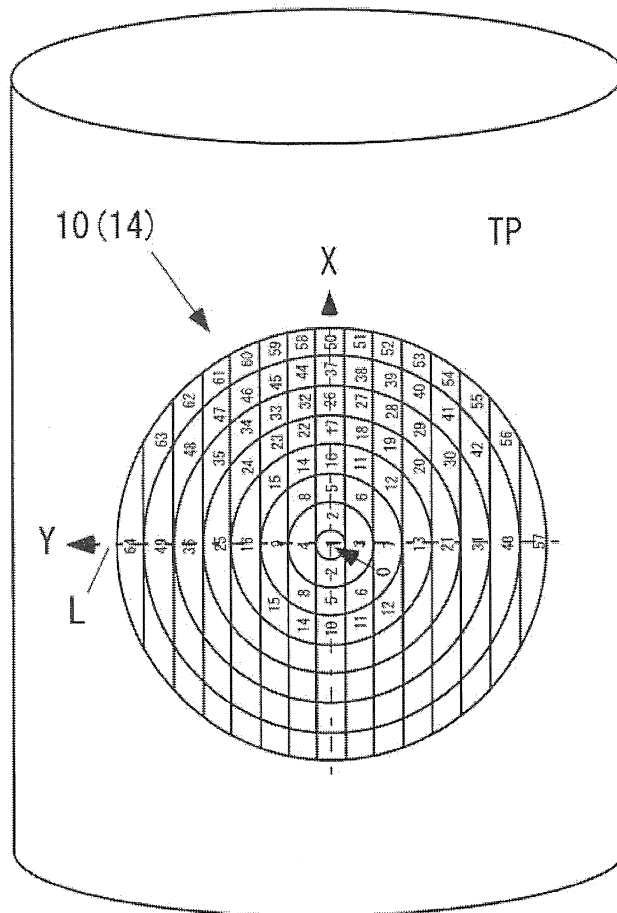


Fig.7B

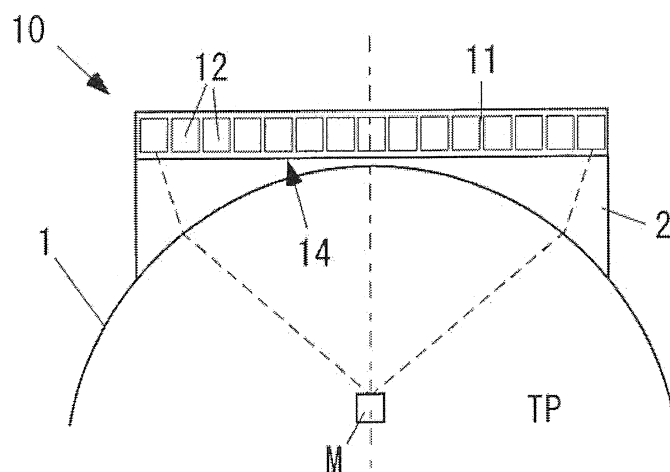


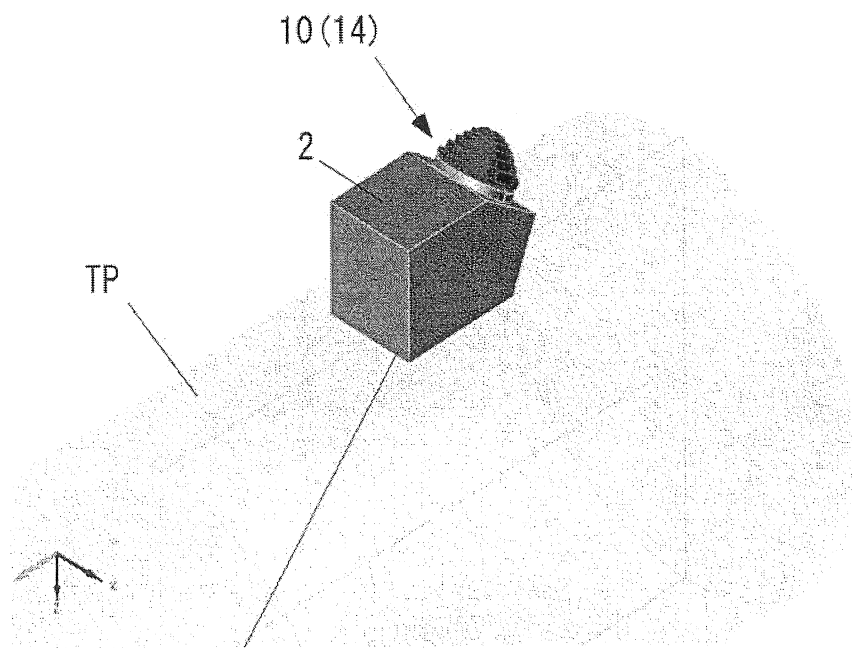
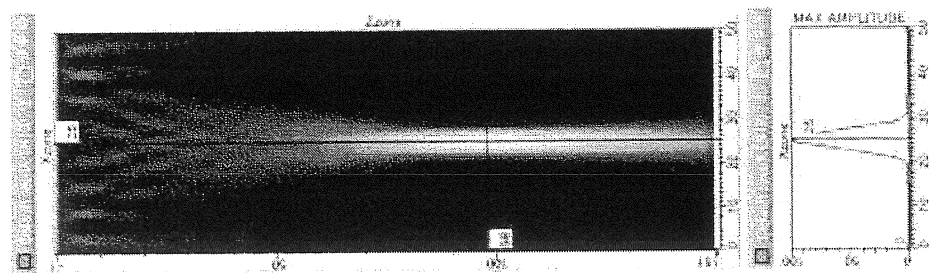
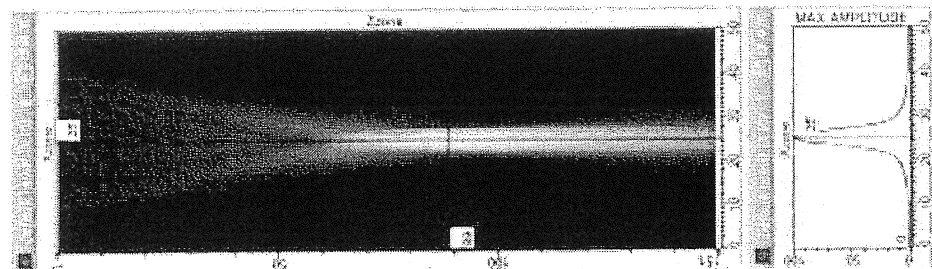
Fig.8

Fig.9

Đầu dò dạng ma trận



Đầu dò dạng hình tròn



Đầu dò dạng đường thẳng

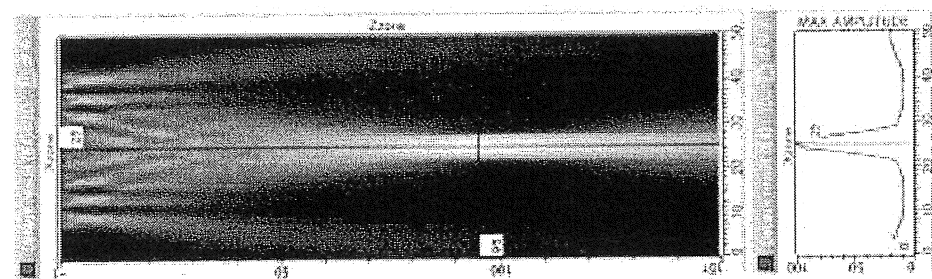


Fig.10

Số
lượng
chia

Đầu dò dạng đường thẳng Đầu dò dạng hình tròn Đầu dò dạng ma trận

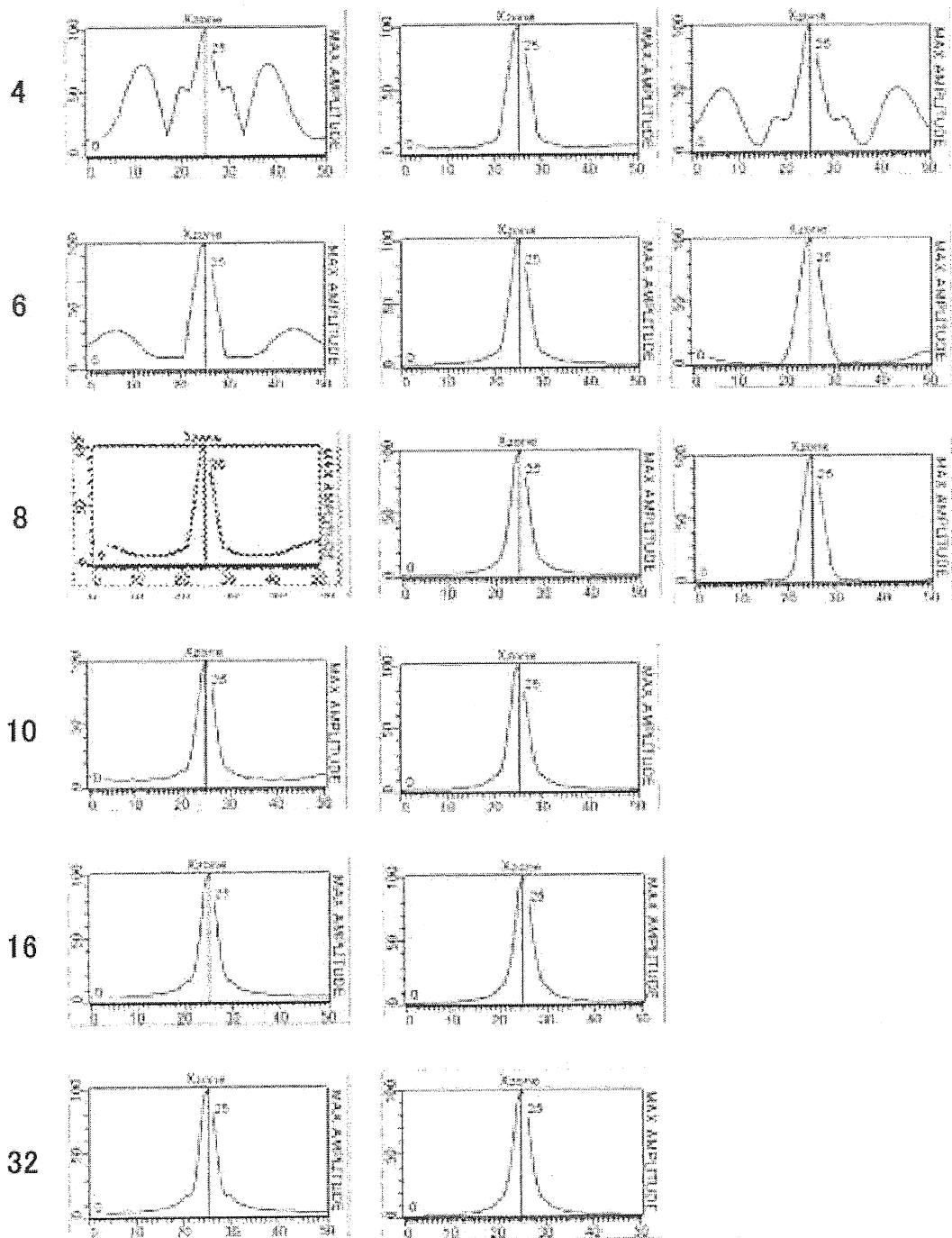


Fig.11

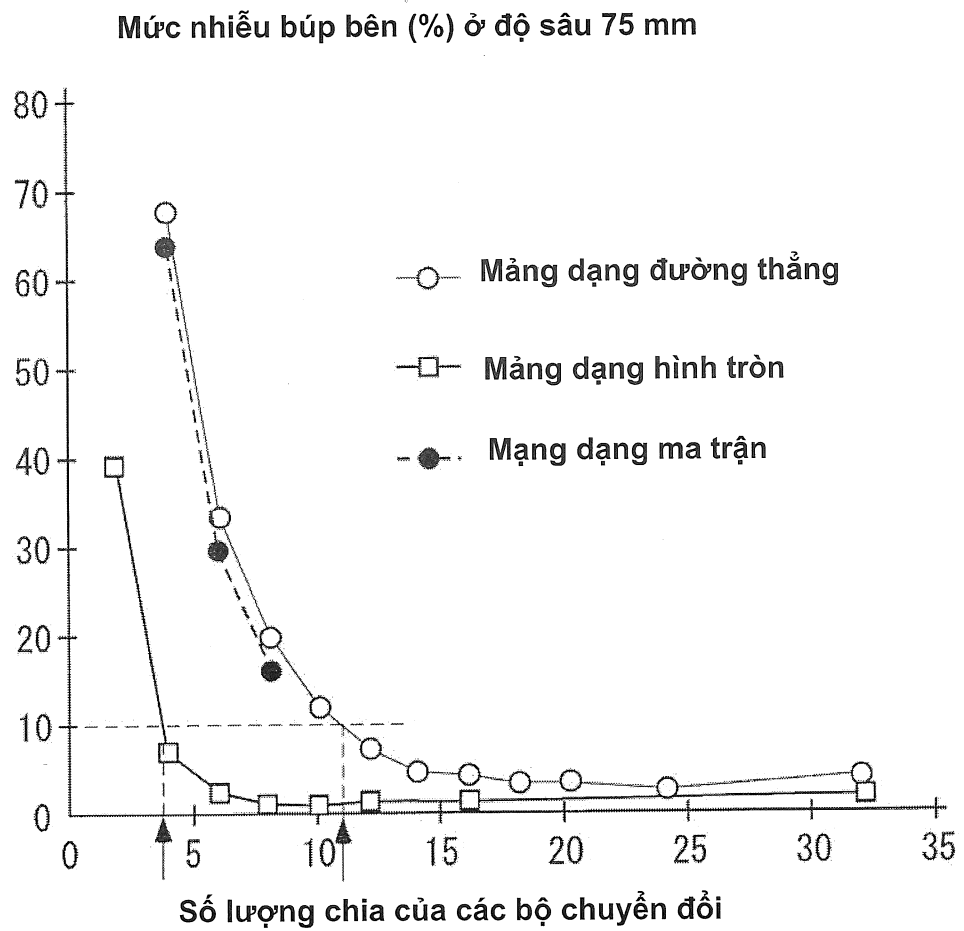


Fig.12

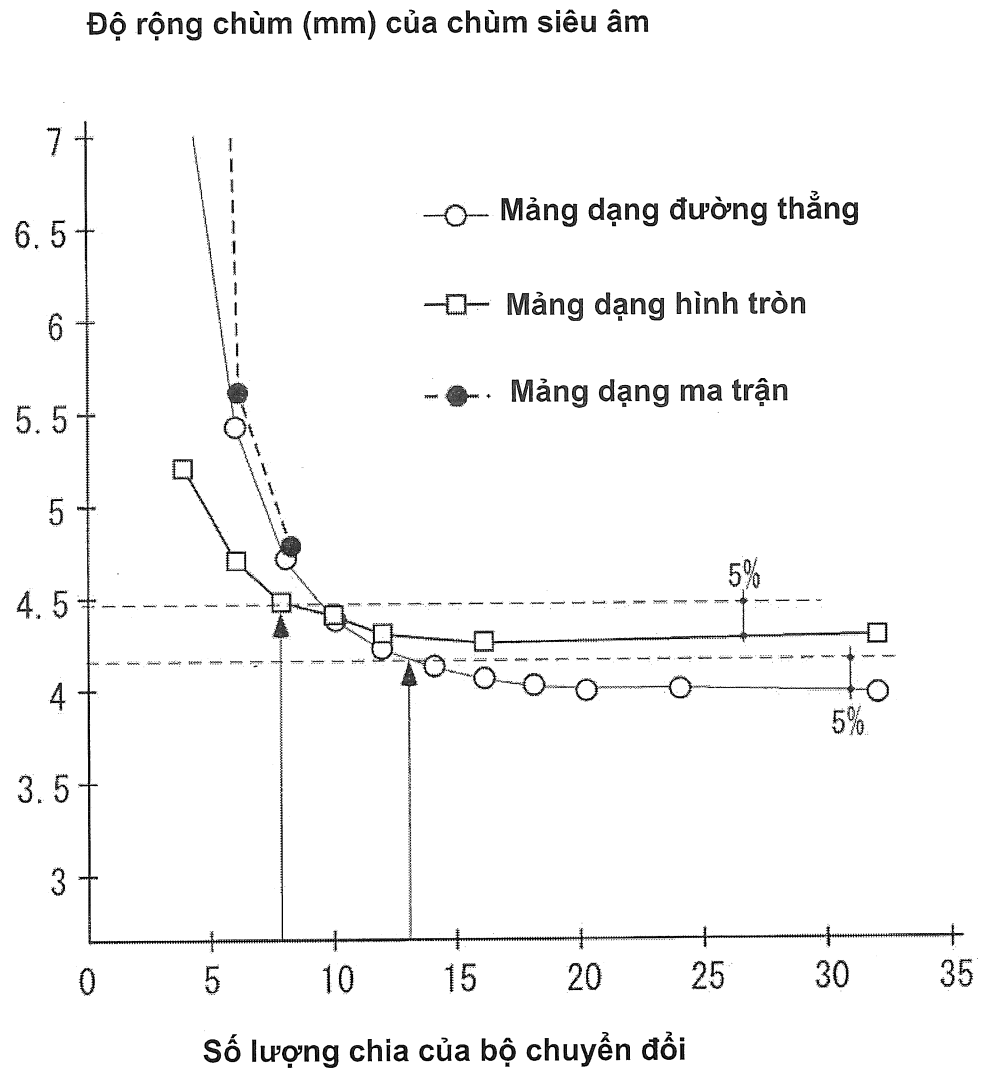


Fig.13

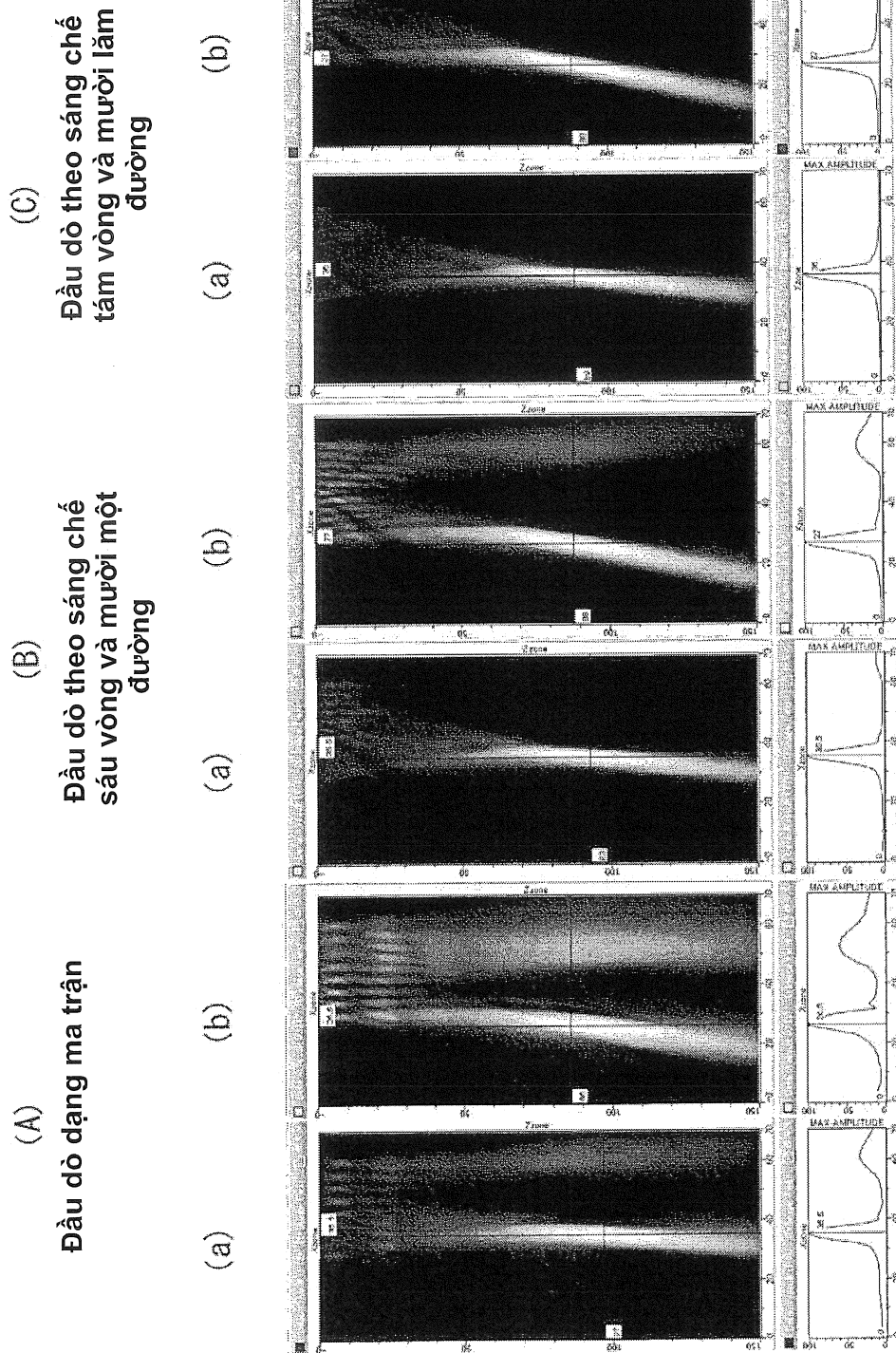


Fig.14

Các độ rộng chùm (mm)

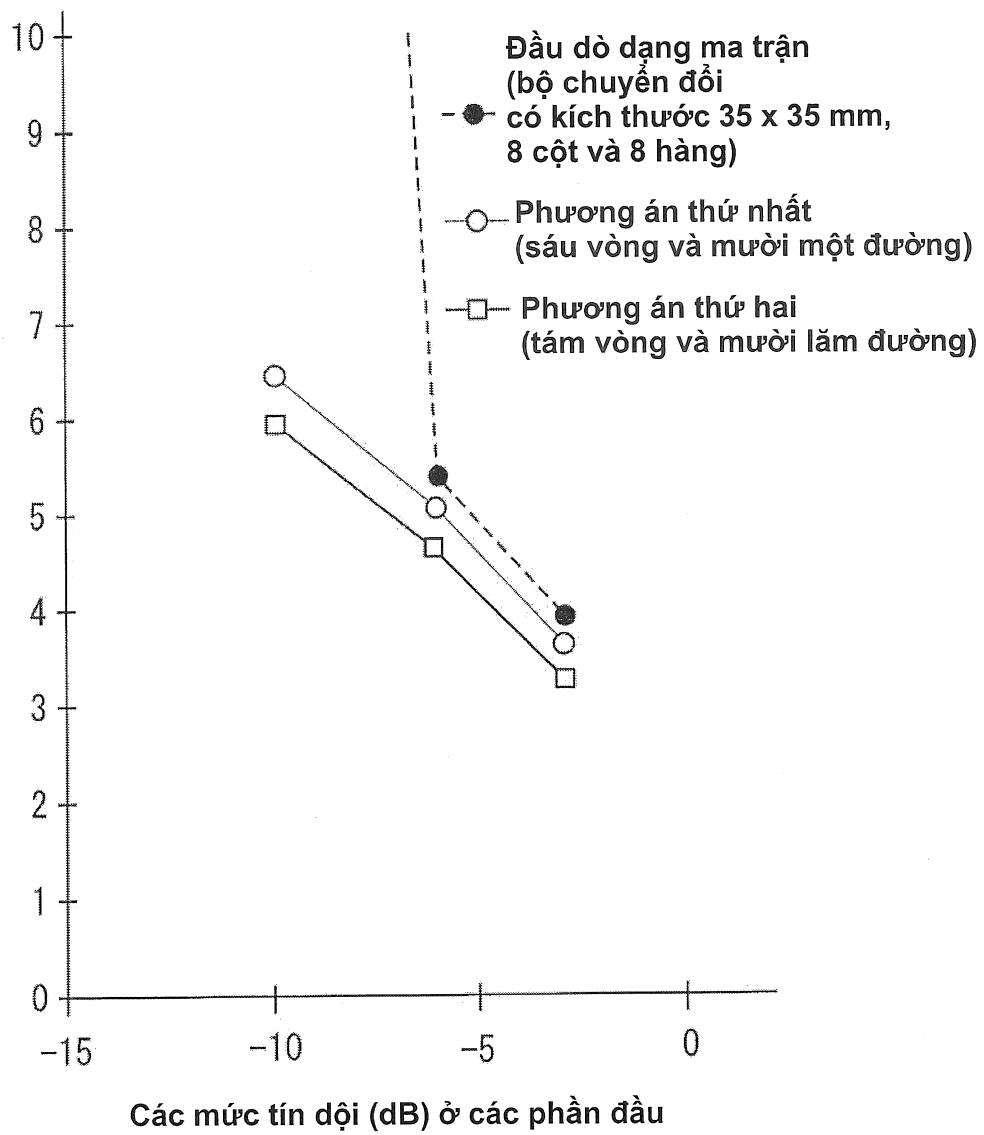


Fig.15

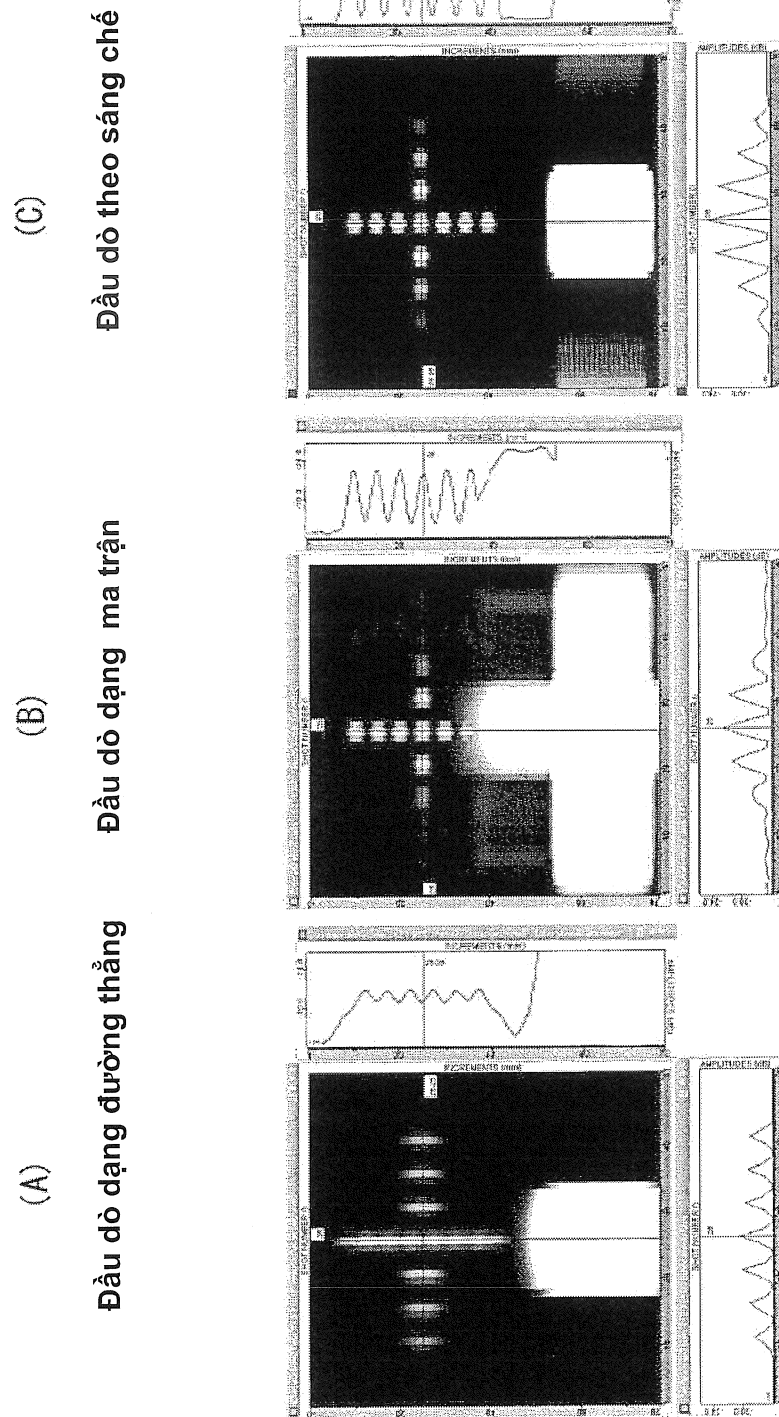


Fig.16

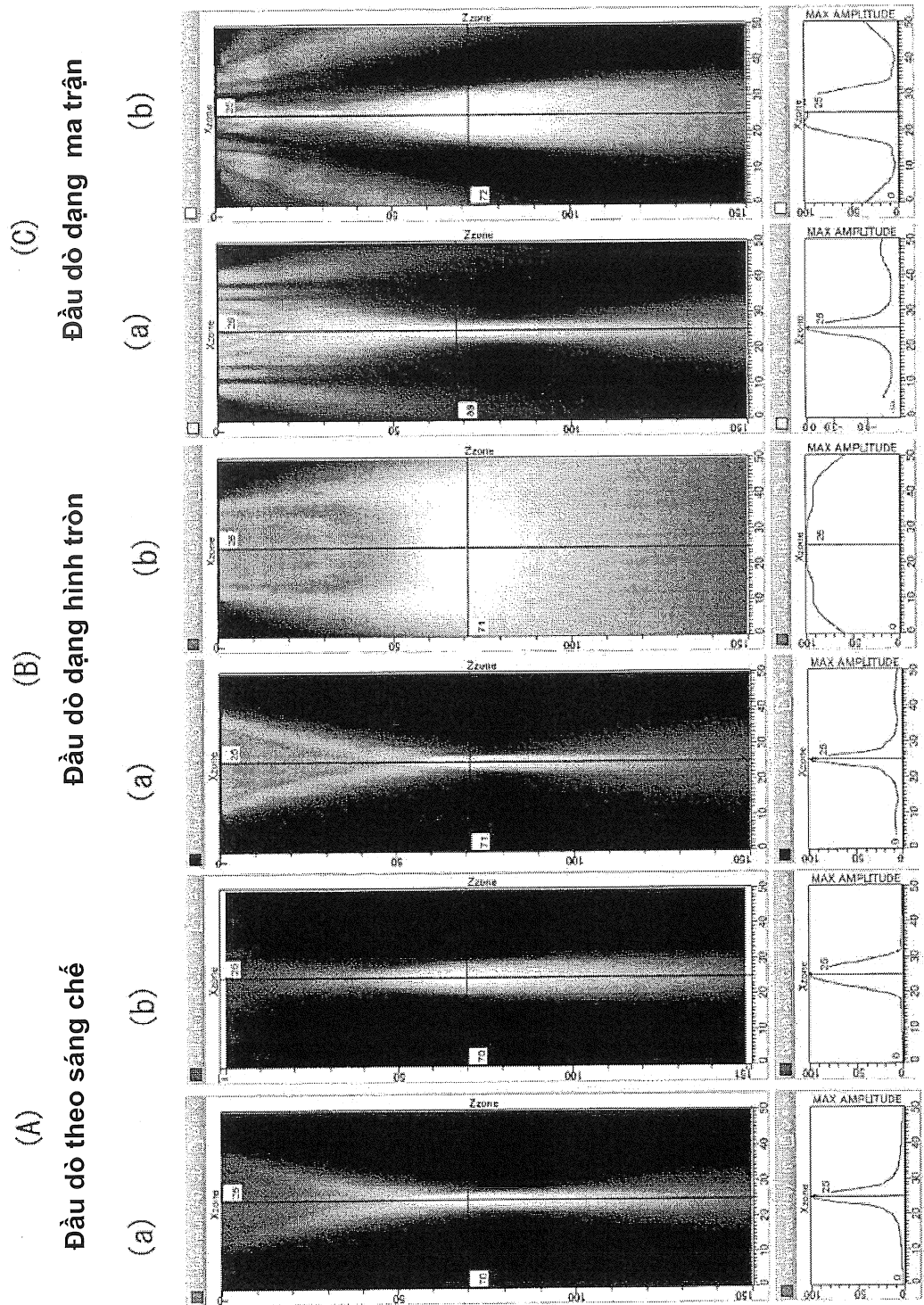


Fig.17

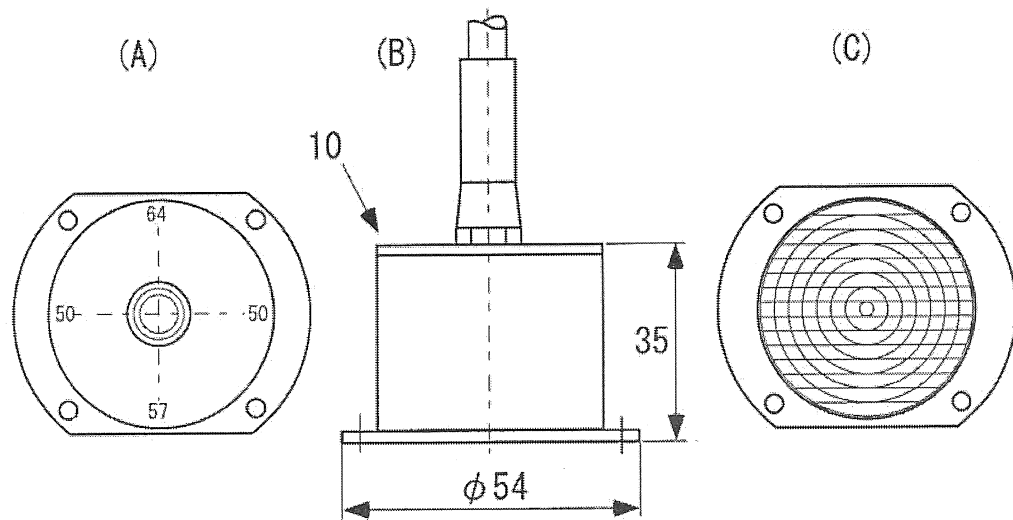


Fig.18

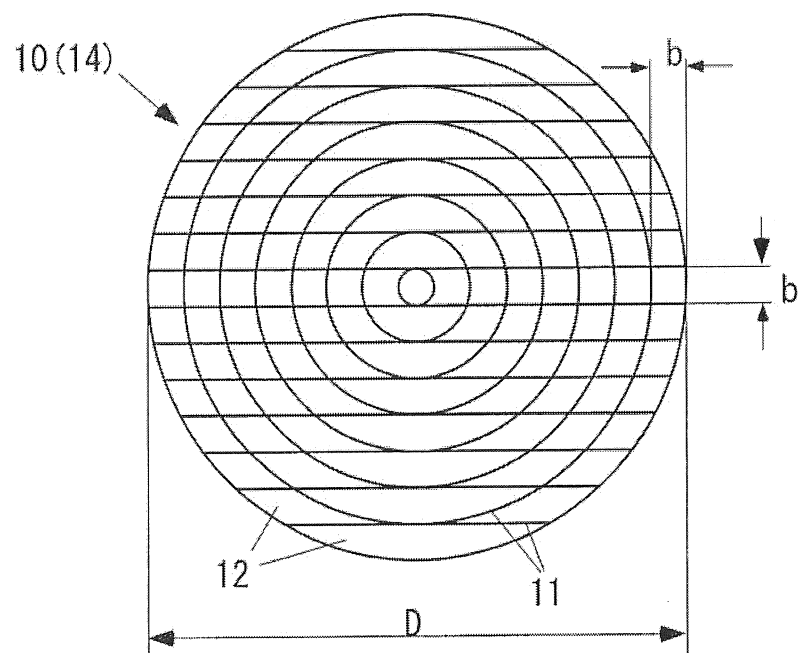


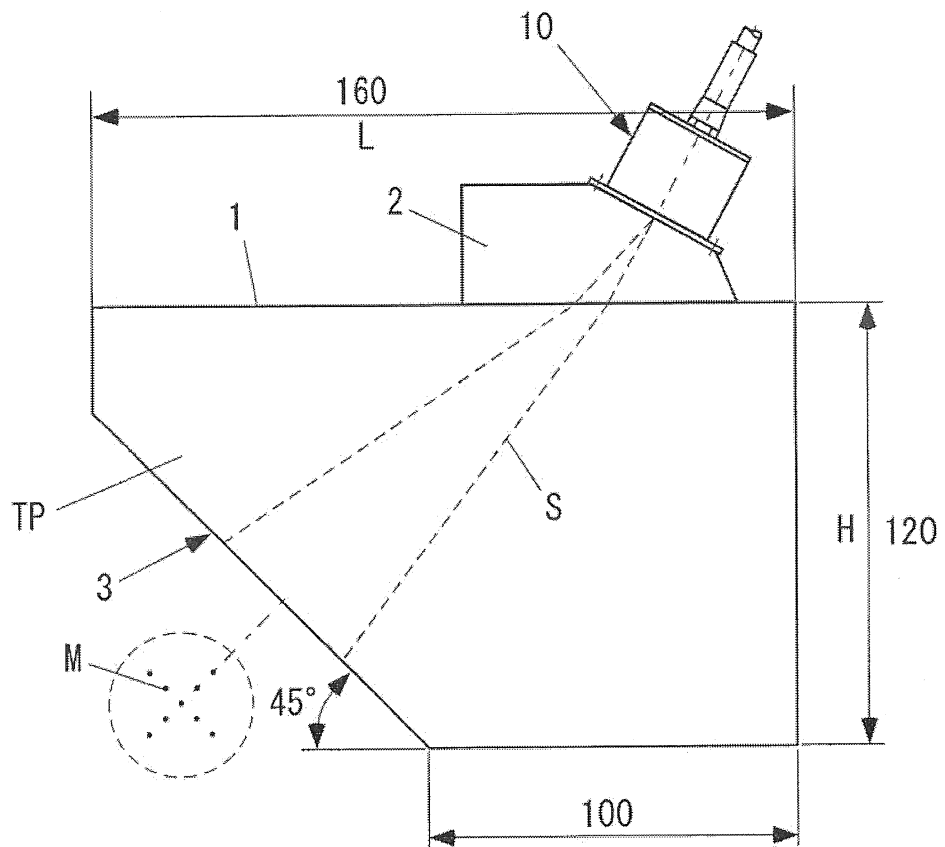
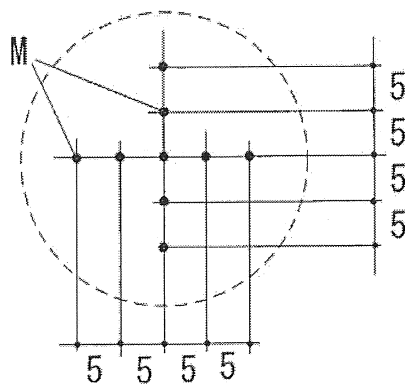
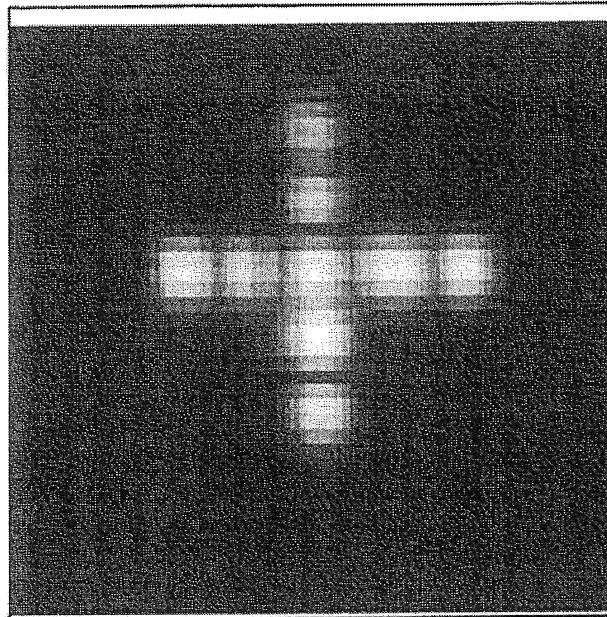
Fig.19A**Fig.19B**

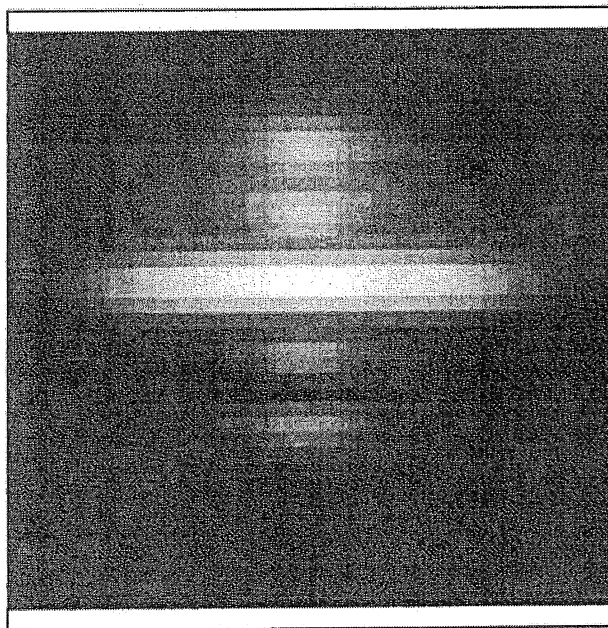
Fig.20

(A)

Góc ($^{\circ}$)

Khoảng cách quét (mm)

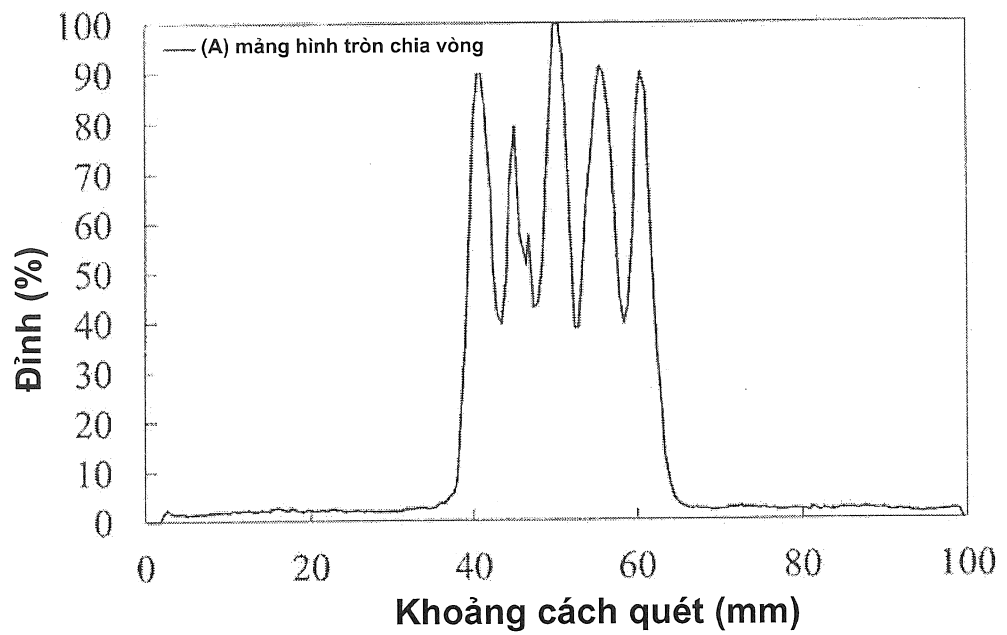
(B)

Góc ($^{\circ}$)

Khoảng cách quét (mm)

Fig.21

(A)



(B)

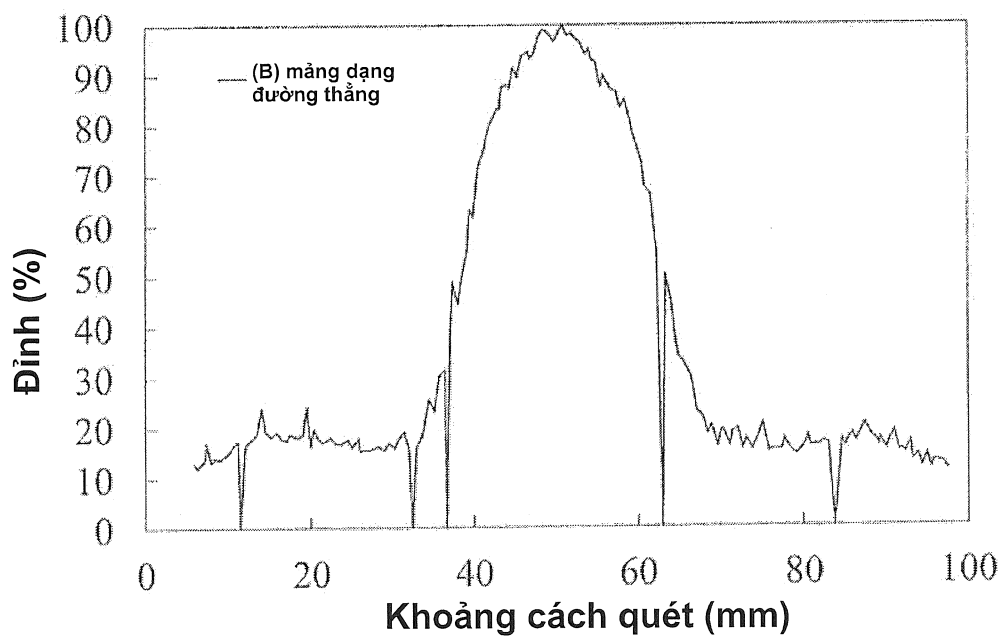
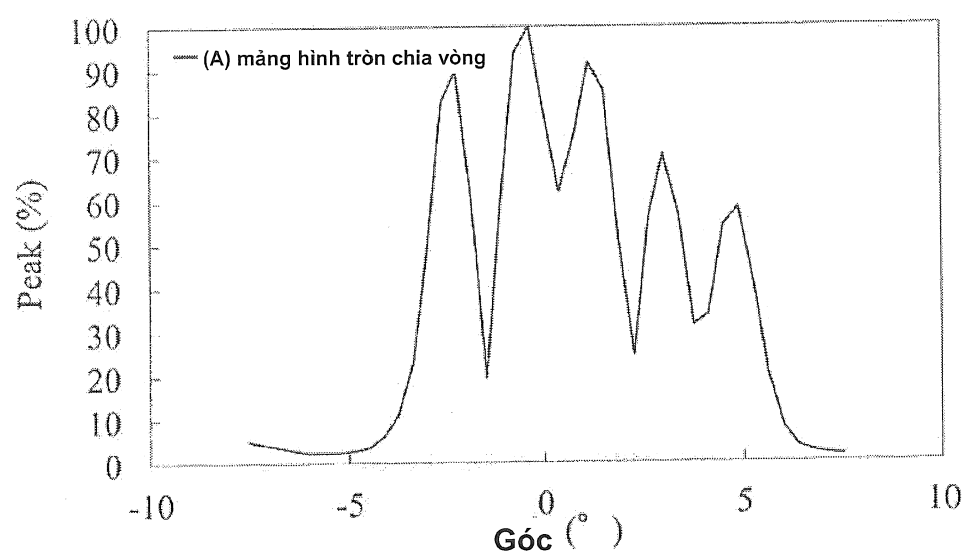


Fig.22

(A)



(B)

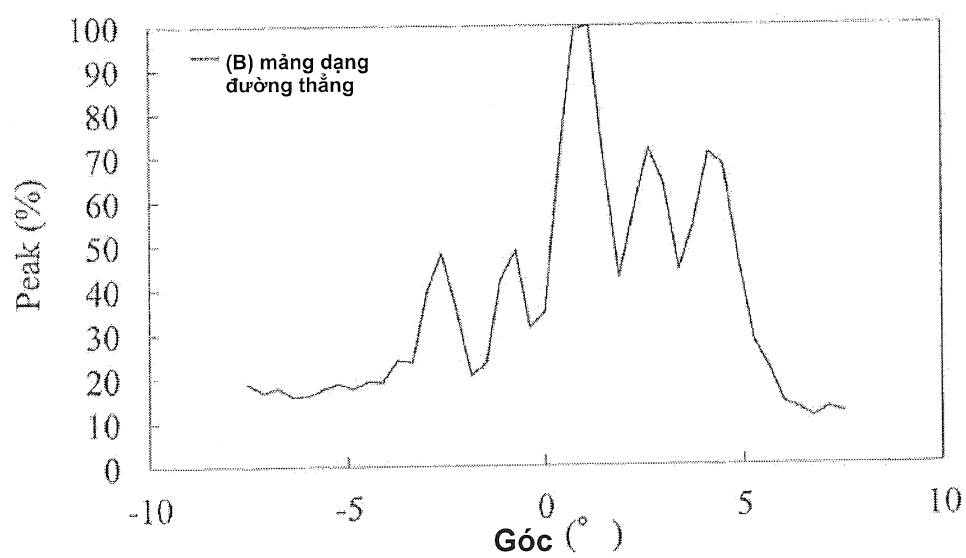
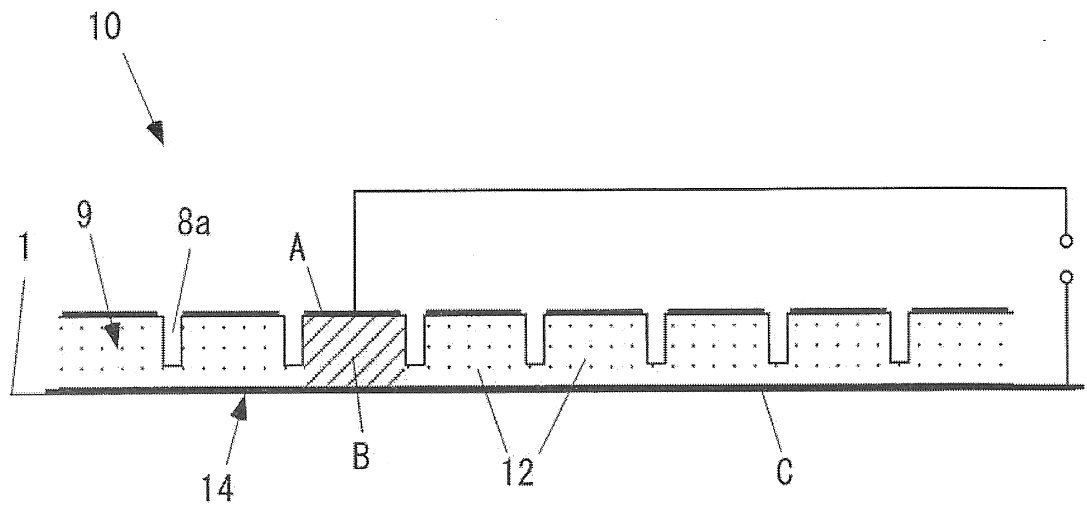


Fig.23A**Fig.23B**