



(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) 
1-0020150

(51)⁷ **E04B 1/86, E01F 8/00, G10K 11/16**

(13) **B**

(21) 1-2013-02338

(22) 24.01.2012

(86) PCT/JP2012/051471 24.01.2012

(87) WO2012/102278 02.08.2012

(30) 2011-012150 24.01.2011 JP

(45) 25.12.2018 369

(43) 25.10.2013 307

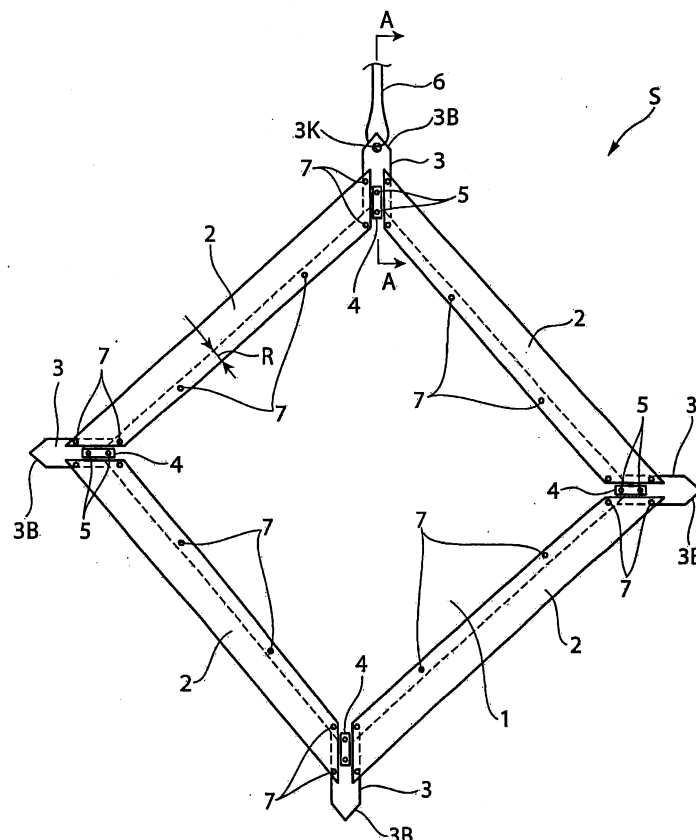
(73) A SCHOOL CORPORATION KANSAI UNIVERSITY (JP)
3-35, Yamate-cho 3-chome, Suita-shi, Osaka 564-8680 Japan

(72) KAWAI, Yasuhito (JP)

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ HA VIP (HAVIP CO., LTD.)

(54) **HÀNG RÀO CÁCH ÂM**

(57) Sáng chế đề xuất hàng rào cách âm bao gồm vật hấp thu âm thanh. Vật hấp thu âm thanh được tạo kết cấu có chi tiết dạng tấm (1) cứng để tạo ra gradien áp suất nhờ tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm và vật liệu hấp thu âm thanh (2) được bố trí trong vùng lân cận của mép biên của chi tiết dạng tấm và được cấu tạo để tiêu thụ năng lượng vận tốc của các hạt không khí được tăng tốc bởi gradien áp suất.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hàng rào cách âm bao gồm vật hấp thu âm thanh tạo ra hiệu quả hấp thu âm thanh khi được sử dụng trong nhà hoặc ngoài trời.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Một ví dụ của vật hấp thu âm thanh đã có trước đây là một vật hấp thu âm thanh bao gồm vật liệu hấp thu âm thanh được làm bằng chất sợi, các vật liệu bảo vệ thấm khí được bố trí tương ứng trên cả hai mặt của vật liệu hấp thu âm thanh dưới dạng xếp chồng lên nhau, và khung được tạo ra quanh phần mép chu vi của các vật liệu bảo vệ thấm khí và vật liệu hấp thu âm thanh ở dạng xếp chồng lên nhau để tích hợp ba bộ phận này (ví dụ xem tài liệu sáng chế 1).

Theo giải pháp đã bộc lộ ở tài liệu sáng chế 1 nêu trên, vật hấp thu âm thanh bao gồm cấu tạo từ nhiều bộ phận chẳng hạn vật liệu hấp thu âm thanh, hai vật liệu bảo vệ thấm khí, và khung, như vậy sẽ gây bất lợi ở việc lắp ráp và chi phí.

Hơn nữa, vật hấp thu âm thanh được cấu tạo để hấp thu âm thanh bằng cách giảm tốc các hạt không khí có năng lượng vận tốc nhất định khi chúng đi qua vật liệu hấp thu âm thanh và chuyển đổi năng lượng vận tốc thành năng lượng nhiệt. Để nâng cao hiệu quả hấp thu âm thanh của vật hấp thu âm thanh như vậy tới mức nào đó thì cần phải làm tăng độ dày của vật liệu hấp thu âm thanh. Điều này làm tăng kích thước tổng thể của vật hấp thu âm thanh và cũng là một nhược điểm.

Tài liệu sáng chế 1: công bố đơn sáng chế Nhật Bản số JP S60-75509 U (xem Fig.1 của tài liệu này)

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Nhằm giải quyết các vấn đề kỹ thuật còn tồn tại như nêu trên, sáng chế có mục đích là khắc phục các vấn đề đó bằng cách tạo ra hàng rào cách âm sử dụng vật hấp thu âm thanh có thể giảm kích thước và số lượng các bộ phận trong khi có được hiệu quả hấp thu âm thanh cao.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất hàng rào cách âm, khác biệt ở chỗ, bao gồm vật hấp thu âm thanh gồm chi tiết dạng tấm cứng để tạo ra gradien áp suất bằng cách tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm và vật liệu hấp thu âm thanh được bố trí trong

vùng lân cận của mép biên của chi tiết dạng tấm, vật liệu hấp thu âm thanh được cấu tạo để tiêu thụ năng lượng vận tốc của các hạt không khí được tăng tốc bởi gradien áp suất, trong đó vật liệu hấp thu âm thanh được làm từ vải hoặc lớp hấp thu âm thanh dạng xốp mỏng được kích thích bởi sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa hai mặt và được lắp mở rộng hướng ra ngoài từ mép biên của chi tiết dạng tấm dọc theo chiều phẳng của chi tiết dạng tấm, và ít nhất một trong số các giá trị mật độ bề mặt và giá trị lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh đã được kích thích được đặt thấp hơn trong phần ngoài theo chiều phẳng của vật liệu hấp thu âm thanh so với phần trong theo chiều phẳng của vật liệu hấp thu âm thanh.

Theo sáng chế, chi tiết dạng tấm cứng tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên, và sự chênh lệch áp suất âm thanh tạo ra gradien áp suất giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên. Gradien áp suất này làm tăng tốc các hạt không khí. Các hạt được tăng tốc sẽ đi qua vật liệu hấp thu âm thanh. Khi các hạt đi qua vật liệu hấp thu âm thanh, năng lượng vận tốc của các hạt được tiêu thụ thành năng lượng nhiệt, theo đó âm thanh được hấp thu. Theo cách này, sự tăng tốc các hạt không khí sẽ làm tăng năng lượng nhiệt sẽ được hấp thu bởi vật liệu hấp thu âm thanh để cho phép các hạt không khí đi qua nó. Kết quả là, hiệu quả hấp thu âm thanh được nâng cao đáng kể. Hơn nữa, chi tiết dạng tấm càng mỏng thì gradien áp suất càng tăng cao. Do đó, hiệu quả hấp thu âm thanh có thể được nâng cao rõ rệt. Hơn nữa, vì âm thanh được hấp thu bởi chi tiết dạng tấm và vật liệu hấp thu âm thanh được bố trí trong vùng lân cận của mép biên của chi tiết dạng tấm, kích thước của vật hấp thu âm thanh có thể được giảm vì giảm số lượng các bộ phận cấu thành. Chi tiết dạng tấm cứng ở đây có thể làm từ vật liệu bất kỳ miễn là có khả năng tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên. Ví dụ, ngoài vật liệu là các kim loại khác nhau thì vật liệu bao gồm gỗ và giấy tổng hợp được tạo ra bằng cách xếp chồng liên khối nhiều lớp giấy. Hơn nữa, ít nhất một trong số các giá trị mật độ bề mặt và giá trị lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh được đặt thấp hơn ở trong phần ngoài theo chiều phẳng của vật liệu hấp thu âm thanh so với phần trong theo chiều phẳng của vật liệu hấp thu âm thanh, và nhờ đó hiệu quả cách âm (hiệu quả hấp thu âm thanh) có thể được nâng cao thêm nữa, so với vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng có cùng các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng từ phần trong đến phần ngoài theo chiều phẳng.

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, vật liệu hấp thu âm thanh có thể có độ dày nhỏ hơn độ dày của chi tiết dạng tấm.

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, vật liệu hấp thu âm thanh có thể có độ dày giảm dần theo chiều từ dưới lên trên.

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, vật liệu hấp thu âm thanh có thể có cùng độ dày và có thể được tạo thành hình dạng có nhiều bậc có nhiều bậc theo chiều từ trên xuống dưới. Trong hàng rào cách âm của sáng chế, vật liệu hấp thu âm thanh có thể có cùng độ dày theo chiều từ trên xuống dưới và có thể được cấu tạo sao cho, theo chiều từ trên xuống dưới, các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng cao nhất ở vùng dưới, các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng nhỏ hơn ở vùng giữa so với trong vùng dưới, và các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng thấp nhất ở vùng trên.

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh được cấu tạo để có độ dày nhỏ hơn độ dày của phần đầu trên của chi tiết dạng tấm.

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, vật liệu hấp thu âm thanh được cấu tạo để, theo chiều từ trên xuống dưới, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng lớn nhất ở vùng dưới, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng thấp hơn ở vùng giữa, và các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng nhỏ nhất ở vùng trên.

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, tốt hơn là mật độ bề mặt có giá trị nằm trong phạm vi từ 12kg/m^2 đến 192kg/m^2 .

Trong hàng rào cách âm của sáng chế, tốt hơn là lực cản dòng có giá trị nằm trong phạm vi từ 400Ns/m^3 đến 6400Ns/m^3 .

Như được mô tả ở trên, theo sáng chế, vật hấp thu âm thanh bao gồm chi tiết dạng tấm và vật liệu hấp thu âm thanh được bố trí trong vùng lân cận của mép biên của chi tiết dạng tấm, điều này có thể tạo ra hàng rào cách âm có sử dụng vật hấp thu âm thanh có khả năng giảm kích thước và số lượng các bộ phận trong khi có hiệu quả hấp thu âm thanh được nâng cao. Do đó, các thuận lợi không chỉ đạt được ở vấn đề lắp ráp và chi phí mà còn ở vận chuyển và xử lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1(a) là hình chiếu mặt trước của vật hấp thu âm thanh của sáng chế, và Fig.1(b) là hình vẽ mặt cắt theo đường A-A trên Fig.1(a).

Fig.2 là hình chiếu mặt sau của vật hấp thu âm thanh của sáng chế.

Các hình vẽ từ Fig.3(a) đến Fig.3(g) mỗi hình là hình vẽ mặt cắt thể hiện một vật hấp thu âm thanh khác.

Fig.4 là hình vẽ minh họa được sử dụng để tính toán trường âm thanh xung quanh chi tiết dạng tấm.

Fig.5 là hình vẽ minh họa thể hiện trạng thái mà sóng phẳng tới vuông góc trên chi tiết dạng tấm.

Fig.6(a) là hình vẽ phối cảnh thể hiện biên độ vận tốc hạt trong vùng bóng mờ trên Fig.5.

Fig.6(b) là hình vẽ chiếu bằng thể hiện biên độ vận tốc hạt trong vùng bóng mờ trên Fig.5 bởi các đường đồng mức.

Fig.7 là hình vẽ phối cảnh thể hiện sự phân bố áp suất âm thanh quanh mép biên của chi tiết dạng tấm.

Fig.8(a) là hình vẽ phối cảnh thể hiện sự phân bố biên độ áp suất âm thanh xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm.

Fig.8 (b) là hình chiếu bằng thể hiện sự phân bố biên độ áp suất âm thanh xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm bởi các đường đồng mức.

Fig.9 là hình vẽ minh họa thể hiện trở kháng của vải hoặc lớp hấp thu âm thanh dạng xốp mỏng.

Fig.10 là hình vẽ minh họa được sử dụng để tính toán trường âm thanh xung quanh vải.

Fig.11 là hình vẽ mặt trước của vật hấp thu âm thanh.

Fig.12 là đồ thị thể hiện năng lượng hấp thu âm thanh ứng với tần số.

Fig.13 là hình vẽ minh họa thể hiện một ví dụ trong đó hàng rào cách âm được lắp đặt giữa một con đường và khu dân cư.

Fig.14 là hình vẽ minh họa được sử dụng để tính toán sự suy giảm chất lượng của hàng rào cách âm được tạo ra bằng cách sử dụng vật hấp thu âm thanh.

Fig.15 là đồ thị thể hiện sự phân bố vận tốc hạt xung quanh mép biên trước của hàng rào cách âm.

Fig.16 là đồ thị thể hiện sự tổn hao do chèn được gây ra bởi hàng rào cách âm.

Fig.17 là đồ thị thể hiện các kết quả đo và nghiệm số của năng lượng hấp thu âm thanh trên vật hấp thu âm thanh.

Fig.18 là đồ thị thể hiện nghiệm số và các kết quả thử nghiệm sự tổn hao do

chèn trong trường hợp của chi tiết dạng tấm có vãi và không có vãi.

Fig.19 là đồ thị thể hiện nghiệm số của sự tổn hao do chèn trong các trường hợp của chi tiết dạng tấm có vật liệu hấp thu âm thanh đều và có vật liệu hấp thu âm thanh gradient.

Các hình vẽ từ Fig.20(a) đến Fig.20(e) mỗi hình là hình vẽ mặt cắt của phần trên của hàng rào cách âm thể hiện các ví dụ cụ thể khác nhau của vật liệu hấp thu âm thanh gradient.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1(a), Fig.1(b) và Fig.2 thể hiện vật hấp thu âm thanh S của sáng chế. Vật hấp thu âm thanh S bao gồm chi tiết dạng tấm 1 có dạng hình vuông, và vật liệu hấp thu âm thanh 2 có dạng dải băng được bố trí dọc theo bốn mép biên của chi tiết dạng tấm 1 và mở rộng về các phía tương ứng cách xa các bề mặt mép. Cấu tạo này bao gồm bốn chi tiết vật liệu hấp thu âm thanh 2, tuy nhiên có thể bao gồm bởi một chi tiết, hai chi tiết, hoặc ba chi tiết vật liệu hấp thu âm thanh. Hơn nữa, chi tiết dạng tấm 1 có thể được tạo thành dưới dạng hình chữ nhật, hình tròn, hình elip, hình tam giác hoặc đa giác, ngoài hình vuông nêu trên. Chi tiết dạng tấm 1 được cấu tạo để có độ dày là 9mm và các kích thước chiều dài x chiều rộng là 0,6m x 0,6m. Vật liệu hấp thu âm thanh 2 trong Fig.1(a) bao gồm phần hình dải băng có mặt trên là 0,7m, mặt dưới là 0,56m, và chiều cao (chiều rộng) là 0,07m, và có phần chồng lên chi tiết dạng tấm 1 với chiều dài R là 0,01m.

Chi tiết dạng tấm 1 bao gồm vật liệu cứng để tạo ra gradient áp suất bằng cách tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và sau xung quanh mỗi mép biên. Ví dụ cho vật liệu cứng là gỗ sẽ được sử dụng ở đây. Tuy nhiên, các vật liệu bất kỳ có thể được sử dụng, chẳng hạn các kim loại khác nhau và giấy tổng hợp được tạo ra bằng cách xếp chồng dưới dạng tích hợp nhiều mảnh giấy, miễn là vật liệu này cứng. Các ví dụ của các kim loại như vậy bao gồm sắt, niken, nhôm, đồng, magiê, chì, và ngoài ra, có thể là một hợp kim được tạo bởi hai hoặc nhiều hơn các kim loại này. Theo quan điểm về sự hấp thu âm thanh, vật liệu có mật độ bề mặt là 3kg/m^2 hoặc lớn hơn là đủ. Tuy nhiên, để đảm bảo có tác dụng hiệu quả đạt tới một mức nào đó khi được sử dụng làm hàng rào cách âm, vật liệu có mật độ bề mặt là 12kg/m^2 hoặc lớn hơn là tốt nhất.

Chi tiết nhô ra phụ trợ bằng gỗ 3 có dạng tấm có cùng độ dày với chi tiết dạng

tấm 1 được bố trí tại bốn góc của chi tiết dạng tấm 1, trong khi kéo dài về phía cách xa khỏi góc. Trong trạng thái đó, chi tiết khớp nối 4 được bố trí kéo dài qua mặt trước của chi tiết dạng tấm 1 và mặt trước của mỗi chi tiết nhô ra phụ trợ 3, sao cho chi tiết dạng tấm 1 và chi tiết nhô ra phụ trợ 3 khớp nối với nhau và được gắn vào nhau nhờ các chi tiết cố định 5 chẳng hạn như các đinh bấm và các vít qua chi tiết khớp nối 4.

Chi tiết nhô ra phụ trợ 3 được tạo ra có phần cắt khuyết hình tam giác 3A được lắp khớp vào trong mỗi góc của chi tiết dạng tấm 1 tại một đầu theo chiều dọc (đầu ở phía chi tiết dạng tấm) và phần nhô ra hình tam giác 3B tại đầu còn lại theo chiều dọc (đầu phía xa chi tiết dạng tấm). Một chi tiết nhô ra phụ trợ cụ thể của các chi tiết nhô ra phụ trợ 3 được tạo ra có lỗ 3K để cho phép vật liệu dây bền (có thể là dây kim loại, dây sợi, hoặc tương tự) 6 để treo vật hấp thu âm thanh S qua lỗ này. Xin lưu ý rằng lỗ 3K có thể được tạo ra không chỉ ở một chi tiết nhô ra phụ trợ 3, mà còn có thể ở nhiều hoặc tất cả các chi tiết nhô ra phụ trợ 3. Trên Fig.1 và Fig.2, vật hấp thu âm thanh S được treo dưới dạng hình thoi với một góc của chi tiết dạng tấm hình vuông 1 quay hướng lên trên nhờ vật liệu dây bền 6 luồn qua lỗ 3K vốn được tạo ra trong một chi tiết nhô ra phụ trợ 3. Tuy nhiên, vật hấp thu âm thanh S, ví dụ, có thể được treo nghiêng một góc 45° từ vị trí của vật hấp thu âm thanh S ở Fig.1 dưới dạng hình vuông nhờ mở các lỗ tương ứng ở hai chi tiết nhô ra phụ trợ 3 và sử dụng hai vật liệu dây bền tương ứng luồn qua các lỗ này. Vị trí của vật hấp thu âm thanh khi được treo S có thể được thay đổi mà không bị giới hạn.

Mỗi chi tiết vật liệu hấp thu âm thanh 2 được gắn vào hai chi tiết nhô ra phụ trợ liền kề 3 theo chiều chu vi, và căng ra giữa các chi tiết nhô ra phụ trợ 3 được bố trí trên chi tiết dạng tấm 1. Cụ thể hơn, mỗi chi tiết vật liệu hấp thu âm thanh 2, như được nhìn từ phía trước, gần như có dạng dải băng hình thang ngược được kéo dài theo chiều trái-phải, và được bố trí để có một phần ở phía chi tiết dạng tấm theo chiều cạnh bé đè lên mép đầu của chi tiết dạng tấm 1, và cả hai đầu dải băng theo chiều trái-phải cũng đè lên các phần tương ứng của hai chi tiết nhô ra phụ trợ 3. Vật liệu hấp thu âm thanh 2 được bố trí như trên được cố định giữa hai chi tiết nhô ra phụ trợ 3 bởi các chi tiết cố định 7 chẳng hạn các đinh bấm và các vít. Các chi tiết cố định 7 này có thể giống hoặc khác các chi tiết cố định 5.

Một ví dụ của vật liệu hấp thu âm thanh 2 được sử dụng ở đây là vải dệt hoặc vải dệt kim có mật độ bề mặt là $0,66\text{kg/m}^2$ và lực cản dòng là 924Ns/m^3 . Tuy nhiên,

vải không dệt, bộ phận bằng xốp được làm bằng các sợi vô cơ chẳng hạn len thủy tinh và len đá, hoặc bộ phận bằng xốp được làm bằng các sợi kim loại khác nhau cũng có thể được sử dụng.

Khi vật hấp thu âm thanh S có cấu tạo như trên, ví dụ được bố trí trong không gian có âm thanh, chi tiết dạng tấm 1 cũng có khả năng tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm 1. Có nghĩa là, giả sử rằng áp suất phía nguồn âm thanh đang tạo ra trên mặt trước của chi tiết dạng tấm 1, thì biên độ áp suất ở phía sau mà ở đó không có âm thanh, đối diện với phía nguồn âm thanh, sẽ nhỏ hơn so với biên độ áp suất phía mặt trước. Do đó, sự chênh lệch áp suất âm thanh được tạo ra giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm 1, nhờ đó tạo ra gradien áp suất giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên. Gradien áp suất này làm tăng tốc các hạt không khí truyền âm thanh, xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm 1. Các hạt được tăng tốc như vậy đi qua vật liệu hấp thu âm thanh 2 được bố trí dọc theo mép biên của chi tiết dạng tấm 1 sẽ được giảm tốc, nhờ đó cho phép năng lượng vận tốc được tiêu thụ và được chuyển đổi thành năng lượng nhiệt, để âm thanh được hấp thu. Theo cách này, sự tăng tốc của các hạt không khí gây ra sự tăng năng lượng nhiệt được tiêu thụ bởi vật liệu hấp thu âm thanh 2 khi cho phép các hạt không khí đi qua nó. Kết quả là, hiệu quả hấp thu âm thanh được nâng cao đáng kể. Điều này cũng loại bỏ yêu cầu phải tăng chiều dày của vật liệu hấp thu âm thanh 2. Hơn nữa, chi tiết dạng tấm 1 càng mỏng thì gradien áp suất càng tăng cao, do đó hiệu quả hấp thu âm thanh có thể được cải thiện rõ rệt. Hơn nữa, chi tiết dạng tấm 1 và vật liệu hấp thu âm thanh 2 được bố trí trong vùng lân cận của mép biên của chi tiết dạng tấm 1 cũng có thể hấp thu âm thanh được nên kích thước của vật hấp thu âm thanh S có thể giảm vì số lượng các bộ phận cấu thành giảm.

Tiếp theo mỗi trường âm thanh bao quanh chi tiết dạng tấm 1 và trường âm thanh bao quanh vật liệu hấp thu âm thanh 2 sẽ được mô tả. Đầu tiên, trường âm thanh bao quanh chi tiết dạng tấm 1 là tấm cứng mỏng, phương pháp để tính toán trường âm thanh bao quanh chi tiết dạng tấm đủ mỏng tương ứng với chiều dài sóng như được thể hiện trên Fig.4 sẽ được mô tả. Khi Φ biểu thị thế vận tốc giữa cả hai mặt của chi tiết dạng tấm 1, trong đó Φ_1 biểu thị giá trị trên mặt trước (mặt mà trên đó đường thẳng chuẩn tắc kéo dài) và Φ_2 biểu thị giá trị trên mặt sau, do vận tốc hạt không khí trên mặt trước của chi tiết dạng tấm 1 theo chiều chuẩn tắc bằng 0, vectơ chuẩn tắc đơn vị

dưới dạng $\vec{n}$ được biểu diễn bởi:

$$\frac{\partial \Phi_1}{\partial n} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial n} = 0 \quad \text{Công thức (1).}$$

Trường trường hợp trường âm thanh tĩnh tuần hoàn, thế vận tốc tại điểm tiếp nhận âm thanh P được cho trước, khi xem xét công thức 1, từ các công thức tích phân của Helmholtz và Kirchhoff thành:

$$\Phi(P) = \Phi_D(P) + \frac{1}{4\pi} \iint_F \tilde{\Phi} \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{\exp(ikr)}{r} \right) dS \quad \text{Công thức (2),}$$

ở đây $\tilde{\Phi} = \Phi_1 - \Phi_2$ biểu thị sự chênh lệch thế năng giữa cả hai mặt của chi tiết dạng tấm 1, $\Phi_D(P)$ biểu thị âm thanh trực tiếp tại điểm P, $r = \overline{PQ}$, $k = \omega/c$ biểu thị số sóng, ω biểu thị tần số góc, và c biểu thị vận tốc âm thanh. Xin lưu ý rằng thuật ngữ số hạng đạo hàm theo thời gian $\exp(-i\omega t)$ được bỏ qua ở đây.

Trong khi đó, công thức đặt được bằng cách phân biệt công thức (2) theo chiều $\vec{n}_p$ tại điểm P trong không gian là:

$$\frac{\partial \Phi(P)}{\partial n_p} = \frac{\partial \Phi_D(P)}{\partial n_p} + \frac{1}{4\pi} \iint_F \tilde{\Phi} \frac{\partial^2}{\partial n_p \partial n} \left(\frac{\exp(ikr)}{r} \right) dS \quad \text{Công thức (3).}$$

Xin lưu ý rằng, khi ρ biểu thị mật độ không khí, áp suất âm thanh p và vận tốc hạt $\vec{v}$ tương ứng có các hệ thức dưới đây đối với thế vận tốc Φ :

$$p = \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} = -i\omega \rho \Phi, \quad \vec{v} = -\text{grad} \Phi \quad \text{Công thức (4),}$$

và vận tốc hạt theo chiều $\vec{n}$ được đặt bởi: $v_n = -\vec{n} \cdot \text{grad} \Phi = -\frac{\partial \Phi}{\partial n}$. Để thu được thế

vận tốc $\Phi(P)$ tại điểm P trong không gian hoặc thành phần vận tốc hạt $-\frac{\partial \Phi(P)}{\partial n_p}$ theo

chiều $\vec{n}$ từ các công thức (2) và (3), sự chênh lệch thế năng $\tilde{\Phi} = \Phi_1 - \Phi_2$ giữa hai bề mặt của chi tiết dạng tấm 1, là một hàm chưa biết và cần được tìm ra. Vì vậy, điểm P được đồng quy vào bề mặt của chi tiết dạng tấm 1 (đến một giới hạn gần nhất có thể dưới đây) trong công thức (3), và ta sẽ thu được công thức dưới đây:

$$\frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial \Phi_1}{\partial n_p} + \frac{\partial \Phi_2}{\partial n_p} \right\} = \frac{\partial \Phi_D(P)}{\partial n_p} + \frac{1}{4\pi} \iint_F \tilde{\Phi} \frac{\partial^2}{\partial n_p \partial n} \left(\frac{\exp(ikr)}{r} \right) dS \quad \text{Công thức (5),}$$

ở đây $\vec{n}_p$ biểu thị đường thẳng chuẩn tắc của bề mặt tại điểm P. Vì chi tiết dạng tấm 1 là tấm cứng, mặt bên tay trái bằng 0, nhờ đó cho phương trình tích phân loại 1 dưới

đây (6) trong đó sự chênh lệch thế vận tốc $\tilde{\Phi}$ giữa hai mặt của chi tiết dạng tấm 1 là hàm chưa biết:

$$0 = \frac{\partial \Phi_D(P)}{\partial n_p} + \frac{1}{4\pi} \iint_F \tilde{\Phi} \frac{\partial^2}{\partial n_p \partial n} \left(\frac{\exp(ikr)}{r} \right) dS \quad \text{Công thức (6).}$$

Phương trình tích phân (6) nêu trên có nhân biểu diễn điểm kỳ dị rất mạnh (nhân kỳ dị mạnh) như sau:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial n_p \partial n} \left(\frac{\exp(ikr)}{r} \right) = & \frac{\exp(ikr)}{r^3} \{ [3(ikr - 1) - (ikr)^2] \cos(r, n_p) \cos(r, n) \\ & + (1 - ikr) \cos(n_p, n) \} \end{aligned} \quad \text{Công thức (7).}$$

Bằng cách giải số học công thức (6) có sử dụng phương pháp phần tử biên (Boundary Element Method - BEM) và thay vào các công thức (2) và (3), trường âm thanh xung quanh chi tiết dạng tấm 1 (áp suất âm thanh và vận tốc hạt) có thể được tìm ra.

Fig.6(a) và Fig.6(b) thể hiện một ví dụ của sự phân bố được tính toán của biên độ vận tốc hạt $|v|$ bên trong vùng tô bóng trên Fig.5 ở đó sóng phẳng có biên độ là 1 ở thế vận tốc vuông góc tới trên tấm phẳng cứng $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. Có thể hiểu được từ Fig. 6(a) và Fig. 6(b) rằng có một vùng mà trong đó biên độ vận tốc hạt được tăng đáng kể trong vùng lân cận của mép biên của tấm cứng (chi tiết dạng tấm 1). Hiện tượng này xảy ra biên độ vận tốc hạt cao trong vùng lân cận của mép biên được gọi là hiệu quả biên trong bản mô tả này. Lý do tại sao biên độ vận tốc hạt được tăng đáng kể trong vùng lân cận của mép biên (mép) là vì gradien áp suất âm thanh được tăng đáng kể trong vùng lân cận của mép biên, như được thể hiện trên Fig. 8(a) và Fig.8(b) minh họa các kết quả tính toán sự phân bố áp suất âm thanh $|p|$ bên trong vùng đánh dấu chấm được thể hiện trong Fig.7. Hiệu suất hấp thụ âm thanh cao được cho là đạt được bằng cách đặt vật liệu hấp thụ âm thanh chẳng hạn là vải và vật liệu xốp mỏng trong vùng mà ở đó biên độ vận tốc hạt rất lớn (vùng có các hạt không khí dao động mạnh) để cho phép sự chuyển hóa năng lượng âm thanh thành năng lượng nhiệt thông qua sự ma sát của các hạt không khí với các sợi vải, vật liệu xốp hoặc tương tự. Vận tốc hạt tỷ lệ với gradien áp suất âm thanh.

Hơn nữa, một ý tưởng tương tự có thể cũng được áp dụng để nâng cao hiệu quả cách âm của các hàng rào cách âm được sử dụng trong nhiều trường hợp cần cách âm chẳng hạn như tiếng ồn đường bộ và tiếng ồn đường sắt. Người ta tin rằng hiệu quả giảm âm thanh tốt hơn nữa có thể đạt được nhờ sự giảm tốc độ hạt, hiệu quả

này đạt được bằng cách đặt vật liệu hấp thu âm thanh chẳng hạn như vải và vật liệu xốp mỏng trong vùng lân cận của cạnh mép. Trong trường hợp của tường phẳng cứng nửa vô hạn, ta có thể biểu diễn thế vận tốc trong vùng nhiều xạ phía sau hàng rào cách âm bằng một giá trị tích phân của sự phân bố vận tốc hạt trong vùng bên trên mép biên (mép).

Sau đó, sự xem xét được đặt ra đối với trường âm thanh xung quanh vật liệu hấp thu âm thanh chẳng hạn như vải và vật liệu xốp mỏng. Vải thoáng khí hoặc lớp hấp thu âm thanh dạng xốp mỏng (sau đây, còn được gọi là vải) như được thể hiện trên Fig.9 được giả định. Khi r_s biểu thị lực cản dòng, p_1 và p_2 tương ứng biểu thị các áp suất âm thanh ở cả hai mặt của vải, và v_s biểu thị tốc độ của các hạt đi qua vải sẽ có hệ thức dưới đây:

$$v_s = -\frac{p_1 - p_2}{r_s} \quad \text{Công thức (8)}$$

Hơn nữa, chính vải này cũng được kích thích bởi sự chênh lệch áp suất âm thanh $p_2 - p_1$ giữa hai mặt. Khi M_s biểu thị mật độ bề mặt của vải, v_m biểu thị vận tốc dao động của vải, và $\exp(-i\omega t)$ biểu thị số hạng đạo hàm theo thời gian, ta thu được công thức dưới đây:

$$-(p_1 - p_2) = M_s \frac{dv_m}{dt} = -i\omega M_s v_m \quad \text{Công thức (9)}$$

Theo đó, vận tốc hạt không khí v trong vải được biểu diễn bằng tổng của các vận tốc hạt của v_s và v_m như sau:

$$v = v_s + v_m = -\left(\frac{1}{r_s} - \frac{1}{i\omega M_s}\right)(p_1 - p_2) \quad \text{Công thức (10)}$$

Khi $-(p_1 - p_2)/v = Z_r$ được thỏa mãn, ta sẽ thu được hệ thức dưới đây:

$$Z_r = -\frac{p_1 - p_2}{v} = \left(\frac{1}{r_s} - \frac{1}{i\omega M_s}\right)^{-1} \quad \text{Công thức (11), dẫn đến:}$$

$$v = -\frac{p_1 - p_2}{Z_r} = \frac{i\omega\rho(\Phi_1 - \Phi_2)}{Z_r} \quad \text{Công thức (12).}$$

Sự xem xét được đặt ra đối với trường âm thanh như được thể hiện trên Fig.10 trong trường hợp ở đó vải có trong không gian. Trường âm thanh có thể được biểu diễn bởi âm thanh trực tiếp và sự chênh lệch thế vận tốc được phân bố ở cả hai mặt của vải,

sử dụng công thức (2) và công thức (3), theo cách tương tự như trong chi tiết dạng tấm

1. Tuy nhiên, trong trường hợp của vải, hệ thức của:

$$v = -\frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial \Phi_1(P)}{\partial n_p} + \frac{\partial \Phi_2(P)}{\partial n_p} \right\} = -\frac{i\omega\rho}{Z_r} \tilde{\Phi}(P) \quad (P \in F) \quad \text{Công thức (13)}$$

được dẫn xuất từ công thức (12). Do đó, công thức tích phân đường biên như sau:

$$-\frac{i\omega\rho}{Z_r} \tilde{\Phi}(P) = \frac{\partial \Phi_D(P)}{\partial n_p} + \frac{1}{4\pi} \iint_F \tilde{\Phi} \frac{\partial^2}{\partial n_p \partial n} \left(\frac{\exp(ikr)}{r} \right) dS \quad (P \in F) \quad \text{Công thức (14)}.$$

Áp suất âm thanh hoặc vận tốc hạt có thể đạt được bằng cách giải công thức (14) để xác định $\tilde{\Phi}$ và thay nó vào các công thức (2) và (3).

Năng lượng của âm thanh được hấp thu bởi vải (vật liệu hấp thu âm thanh) trên diện tích đơn vị được tính toàn từ sự chênh lệch giữa năng lượng I_1 đi qua bề mặt trước của vải (vật liệu hấp thu âm thanh) và năng lượng I_2 đi qua bề mặt sau của vải. I_1 và I_2 đạt được tương ứng theo các công thức sau:

$$I_1 = \frac{1}{4} (p_1^* v + p_1 v^*) \quad \text{Công thức (15), và}$$

$$I_2 = \frac{1}{4} (p_2^* v + p_2 v^*) \quad \text{Công thức (16)}$$

p_1 và p_2 biểu thị các áp suất âm thanh tương ứng trên bề mặt trước và bề mặt sau của vải (vật liệu hấp thu âm thanh), v biểu thị vận tốc hạt, và $*$ biểu thị sự liên hợp phức. Trên toàn bộ các bề mặt của vải (vật liệu hấp thu âm thanh), nó có thể được xác định bằng cách kết hợp chúng như sau:

$$\begin{aligned} & \iint_F |I_a| dS \\ &= \frac{1}{4} \iint_F |p_1^* v + p_1 v^* - p_2^* v - p_2 v^*| dS \\ &= \frac{\omega\rho}{4} \iint_F |\tilde{\Phi}^* v + \tilde{\Phi} v^*| dS \end{aligned} \quad \text{Công thức (17),}$$

ở đây $I_a = I_1 - I_2$, và $p_1 - p_2 = -i\omega\rho\tilde{\Phi}$.

Đối với vật hấp thu âm thanh S của sáng chế đã được mô tả ở trên, trên cơ sở xem xét về trường âm thanh xung quanh chi tiết dạng tấm 1 và trường âm thanh xung quanh vật liệu hấp thu âm thanh 2, các hạt dao động cực mạnh trong vùng ở lân cận của mép biên (mép) của chi tiết dạng tấm 1 là một tấm cứng mỏng. Hiệu quả hấp thu

âm thanh đáng kể được mong đợi bằng cách đặt, trong vùng như vậy, vật liệu hấp thụ âm thanh chẳng hạn vải và vật liệu hấp thụ âm thanh dạng xốp mà không làm nhiễu loạn nhiều đến sự phân bố vận tốc hạt và nhờ đó cho phép sự chuyển đổi năng lượng âm thanh thành năng lượng nhiệt thông qua sự ma sát của các hạt không khí với các sợi của vật liệu hấp thụ âm thanh. Xin lưu ý rằng lực cản ma sát được coi là tỷ lệ với vận tốc hạt. Fig.11 thể hiện một ví dụ của vật hấp thụ âm thanh S có áp dụng nguyên lý như vậy.

Fig.12 thể hiện năng lượng hấp thụ âm thanh tới ngẫu nhiên của vật hấp thụ âm thanh S được thể hiện trên Fig.11 khi được bố trí trong một không gian, là kết quả của việc tính toán trong đó áp dụng đồng thời công thức (6) và công thức (14). Ta có thể thấy rằng, mặc dù chỉ hấp thụ âm thanh xung quanh mép biên (mép cạnh), nhưng năng lượng hấp thụ âm thanh đạt được ở đây tương đối cao. Xin lưu ý rằng sự tính toán được thực hiện đối với hai loại lực cản dòng rS , 415 Ns/m^3 và 830 Ns/m^3 . Hệ số hấp thụ âm thanh nhân với diện tích cũng có thể được gọi là diện tích hấp thụ âm thanh tương đối. Như đã được đề cập ở trên, vật hấp thụ âm thanh S bao gồm chi tiết dạng tấm 1 và vật liệu hấp thụ âm thanh 2 được làm bằng vải. Chi tiết dạng tấm 1 có dạng hình vuông với các kích thước là $0,9\text{m} \times 0,9\text{m}$, và vải hình khuyên 2 có chiều rộng là $0,1 \text{ m}$ được bố trí dọc theo các cạnh mép ngoại biên của chi tiết dạng tấm này.

Vật hấp thụ âm thanh S được thể hiện trên Fig.1(a) và Fig.1(b), và Fig.2 có thể được cấu tạo như được thể hiện trên Fig.3(a) đến Fig.3(g). Có nghĩa là, vật liệu hấp thụ âm thanh 2 của vật hấp thụ âm thanh S được thể hiện trên Fig.1(a) và Fig.1(b), và Fig.2 được cấu tạo để mỏng hơn chi tiết dạng tấm 1, trong khi Fig. 3(a) thể hiện trường hợp mà độ dày của vật liệu hấp thụ âm thanh 2 bằng độ dày của chi tiết dạng tấm 1, và Fig.3(b) thể hiện trường hợp mà độ dày của vật liệu hấp thụ âm thanh 2 lớn hơn độ dày của chi tiết dạng tấm 1 do đó vật liệu hấp thụ âm thanh 2 vượt quá mặt trước và sau của chi tiết dạng tấm 1 sang tới cả hai mặt bên theo chiều dày. Hơn nữa, Fig.3(c) thể hiện trường hợp mà độ dày của vật liệu hấp thụ âm thanh 2 nhỏ hơn độ dày của chi tiết dạng tấm 1, và Fig.3(d) mô tả hình dáng được tạo ra có phần hình nón 1T trong đó chi tiết dạng tấm 1 được tạo hình nón thuôn về phía mặt cuối. Ngoài ra, Fig.3(e) thể hiện chi tiết dạng tấm 1 được cấu tạo để có bề mặt cong có độ lồi vừa phải về phía bên trái trên hình vẽ, và Fig.3(f) thể hiện chi tiết dạng tấm 1 được cấu tạo để có mặt đầu 1A được tạo thành bề mặt cong là mặt lồi hướng lên trên. Trên Fig. 3(g), chi tiết dạng tấm

1 được tạo ra có phần hẹp 1W có độ dày được giảm dần về phía mặt cuối.

Trong khi đó, Fig.13 thể hiện hàng rào cách âm W của sáng chế có sử dụng vật hấp thu âm thanh S. Hàng rào cách âm W có khả năng triệt tiêu âm thanh càng nhiều càng tốt, chẳng hạn tiếng ồn bộ truyền động và tiếng ồn động cơ của xe C, từ đường vào khu dân cư, bằng cách hấp thu âm thanh từ phía con đường. Hàng rào cách âm W này bao gồm chi tiết tấm 10 cứng để tạo ra gradien bằng cách tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh quanh đầu mép của nó, sao cho sự chênh lệch áp suất âm thanh được tạo ra giữa mặt trước trong phần trên của bề mặt phía bên đường (được gọi là bề mặt trước) 10B của chi tiết dạng tấm 10 và mặt sau đối ngược với mặt trước. Trên bề mặt trước trong phần dưới của bề mặt phía bên đường 10B của chi tiết tấm 10, lớp xử lý hấp thu âm thanh 10A được lắp đặt. Bề mặt phía dân cư (được gọi là bề mặt sau) của hàng rào cách âm W có thể là bề mặt cứng, hoặc được đưa qua xử lý hấp thu âm thanh. Lớp hấp thu âm thanh dạng xốp (lớp này có thể bao gồm vải, không phải thân xốp được làm bằng các sợi vô cơ hoặc thân xốp được làm bằng các sợi kim loại khác nhau) 11 đóng vai trò như vật liệu hấp thu âm thanh mở rộng lên trên được bố trí trên mặt đầu trên của chi tiết tấm 10. Mặt trước và mặt sau của lớp hấp thu âm thanh 11 được bảo vệ bởi vật liệu bảo vệ 12 chẳng hạn lưới thép hoặc tôn đục lỗ. Nắp che mưa 13 được lắp đặt trên đầu trên của vật liệu bảo vệ 12. Theo cách đó, hàng rào cách âm W được tạo ra.

Theo đó, hàng rào cách âm W được cấu tạo như trên có hiệu quả giảm tiếng ồn giao thông đường bộ (hàng rào này cũng có khả năng áp dụng cho đường sắt, v.v.). Có nghĩa là, năng lượng âm thanh của các hạt có vận tốc cao được tăng nhanh, điều này xuất hiện trong khu vực trong vùng lân cận của mép biên (mép), được chuyển đổi thành năng lượng nhiệt bởi lớp hấp thu âm thanh 11, do đó vận tốc hạt được giảm, và giảm áp suất âm thanh trong vùng ở phía nhiều xạ. Điều này có thể được hiểu từ ví dụ được thể hiện trên Fig.14 trong đó các thử nghiệm được thực hiện để tính toán trường âm thanh bị nhiễu xạ bằng cách bố trí vải trong phần mép đầu của hàng rào cách âm (tấm phẳng nửa vô hạn cứng mỏng). Trong trường hợp của hàng rào cách âm nửa vô hạn, áp suất âm thanh trong khu vực phía nhiễu xạ có thể được tính toán bằng phép lấy tích phân của sự phân bố vận tốc hạt trên mặt phẳng được mở rộng đến phần trên của hàng rào cách âm. Theo đó, sự giảm âm thanh bị nhiễu xạ có thể đạt được bằng cách giảm vận tốc hạt trong khu vực như vậy, cụ thể là, trong vùng lân cận của mép biên

(mép).

Fig.15 thể hiện sự phân bố biên độ vận tốc hạt thu được bằng sự tính toán, khi các sóng cầu được tạo ra từ vị trí nguồn âm thanh được thể hiện trên Fig.14, trong vùng bên trên hàng rào cách âm được lắp đặt mà không có vải. Trên hình vẽ, trục ngang biểu thị khoảng cách hướng lên từ mép đầu của hàng rào cách âm. Ta có thể thấy được rằng biên độ vận tốc hạt được tăng đáng kể bên trên hàng rào cách âm, trong vùng lân cận của mép biên (mép). Sự tính toán này được thực hiện tại vị trí 1m cách nguồn âm thanh có cường độ mạnh gây ra biên độ của thể vận tốc là 1.

Fig.16 thể hiện kết quả tính toán sự suy giảm (còn được gọi là tổn hao do chèn) của mức đạt được bằng cách bố trí hàng rào cách âm tại vị trí nhận âm thanh ở phía nhiều xạ được thể hiện trên Fig.14. Trên đồ thị, (a) biểu thị kết quả trong trường hợp chỉ có hàng rào cách âm, (b) biểu thị kết quả trong trường hợp có vải có chiều rộng là 50cm dọc theo phần trên của mép đầu, (c) biểu thị kết quả trong trường hợp không có vải và chiều cao của hàng rào cách âm được kéo dài đến đầu trên của vải. Xin lưu ý rằng các kết quả tính toán này đạt được ở 125 Hz, và vải có lực cản dòng là 830 Ns/m^3 . Các kết quả này chứng minh rằng hiệu quả của vải khi được bố trí ở đây lớn hơn mong đợi.

Fig.17 là đồ thị thể hiện các kết quả đo và nghiệm số của năng lượng hấp thu âm thanh trên vật hấp thu âm thanh. Các kết quả đo được đo bởi vật hấp thu âm thanh S được thể hiện trên Fig.1(a) và Fig.1(b), và Fig.2 được treo ở không gian trong nhà. Nghiệm số và các kết quả đo gần như khớp với nhau. Hơn nữa, vì tần số tăng, năng lượng hấp thu âm thanh cũng tăng, điều này có hiệu quả đặc biệt đối với âm thanh tần số cao.

Trong vài năm gần đây, các hàng rào cách âm khác nhau có mép biên được cải thiện đã được đề xuất, tuy nhiên hầu hết trong số chúng dường như không hiệu quả vì giá thành của chúng cao. Ta cũng không thể tìm thấy hàng rào cách âm nào sử dụng hiệu ứng cạnh mép như được mô tả ở đây. Mặc dù rất đơn giản và nhỏ gọn, sáng chế được cho rằng có thể áp dụng rộng rãi do có hiệu suất cao, chi phí sản xuất thấp, dễ dàng lắp đặt, v.v.. Hơn nữa, diện tích có chi tiết dạng tấm 1 mà tạo ra vật hấp thu âm thanh S càng tăng lên nhiều thì vật hấp thu âm thanh S càng có thể hấp thu âm thanh tần số thấp hơn. Do đó, diện tích (kích thước) của chi tiết dạng tấm 1 có thể được thay đổi theo tần số của âm thanh được dự định để hấp thu.

Fig.18 là đồ thị thể hiện nghiệm số và các kết quả thử nghiệm của việc cách âm (hấp thu âm thanh) bằng hàng rào cách âm. Cụ thể là, một mô hình nhỏ của hàng rào cách âm được thể hiện trên Fig.14 được sản xuất, và các kết quả thử nghiệm và nghiệm số (các giá trị được tính toán có sử dụng công thức (14) ở trên) của sự tổn hao do chèn tại điểm cách một khoảng nhất định từ hàng rào cách âm thu được có sử dụng mô hình này và được thể hiện trên đồ thị của Fig.18. Hai bức tường, có nghĩa là, tường bao gồm chi tiết dạng tấm bằng gỗ có chiều dày là 9 mm và các kích thước là 90 cm chiều dài x 180 cm chiều rộng và hàng rào cách âm được bố trí cùng vải (có các kích thước là 5 cm chiều dài x 180 cm chiều rộng) làm vật liệu hấp thu âm thanh dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm, được chuẩn bị để làm mô hình. Đồ thị của Fig.18 mô tả đường gãy khúc K1 thu được bằng cách vẽ các kết quả đo của sự tổn hao do chèn thu được có sử dụng hàng rào cách âm nêu trên và kết nối các điểm vẽ bằng các đoạn thẳng, đường gãy khúc K2 thu được bằng cách vẽ nghiệm số của sự tổn hao do chèn được tính toán từ công thức (14) dựa vào giả thiết rằng chi tiết dạng tấm của hàng rào cách âm là hàng rào nửa vô hạn và kết nối các điểm vẽ bởi các đoạn thẳng, đường thẳng K10 thu được bằng cách vẽ nghiệm số của sự tổn hao do chèn được tính toán từ công thức (14) dựa vào sự giả định rằng bức tường được cấu tạo để có chiều cao được tăng lên sao cho đầu trên của bức tường có cùng chiều cao với đầu trên của tấm vải được bố trí trên chi tiết dạng tấm của hàng rào cách âm là hàng rào cách âm nửa vô hạn và kết nối các điểm vẽ bằng các đoạn thẳng, đường gãy khúc K11 thu được bằng cách vẽ nghiệm số của sự tổn hao do chèn được tính toán từ công thức (14) dựa vào sự giả định rằng chi tiết dạng tấm của tường là hàng rào nửa vô hạn và kết nối các điểm vẽ bằng các đoạn thẳng, và đường gãy khúc K12 thu được bằng cách vẽ các kết quả đo của sự tổn hao do chèn thu được có sử dụng tường và kết nối các điểm vẽ bằng các đoạn thẳng. Vải có mật độ bề mặt là $0,6\text{kg/m}^2$ và lực cản dòng là 789Ns/m^3 . Tần số của các kết quả đo được vẽ ở đây bằng một phần mười giá trị của tần số được sử dụng để đo mô hình.

Đồ thị của Fig.18 thể hiện rằng các giá trị của đường gãy khúc K2 cao hơn các giá trị của đường thẳng K10. Có thể thấy được từ điều này rằng tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tính toán từ công thức (14) dựa vào sự giả định rằng chi tiết dạng tấm của hàng rào cách âm là hàng rào nửa vô hạn cao hơn tổn thất do chèn (hiệu quả cách âm) được gây ra bởi tường được cấu tạo có cùng chiều cao với đầu trên của tấm

vải của hàng rào cách âm. Ngược lại, các giá trị của đường gãy khúc K11 thấp hơn các giá trị của đường thẳng K10. Có thể thấy được từ điều này rằng tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tính toán từ công thức (14) dựa vào sự giả định rằng tường là hàng rào nửa vô hạn thấp hơn do chiều cao của tường được giảm so với tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tạo ra do tường được cấu tạo để có cùng chiều cao với đầu trên của tấm vải của hàng rào cách âm. Hơn nữa, các giá trị của đường gãy khúc K1 và các giá trị của đường gãy khúc K2 xấp xỉ bằng nhau. Ta có thể thấy rõ từ điều này rằng nghiệm số (các giá trị của đường gãy khúc K2) của tổn hao do chèn được tính toán từ công thức (14) dựa vào giả định rằng chi tiết dạng tấm của hàng rào cách âm là hàng rào nửa vô hạn có độ tin cậy cao. Hơn nữa, các giá trị của đường gãy khúc K11 và các giá trị của đường gãy khúc K12 xấp xỉ bằng nhau. Ta có thể thấy rõ từ điều này rằng nghiệm số (các giá trị của đường gãy khúc K11) được tính toán từ công thức (14) dựa vào giả định rằng tường không có vải là hàng rào nửa vô hạn là có độ tin cậy cao. Hiệu quả cách âm bao gồm một phần là hiệu quả hấp thụ âm thanh.

Tóm lại, ta có thể thấy rõ ràng từ đồ thị của Fig.18 rằng sự tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tăng lên nhờ bố trí vật liệu hấp thụ âm thanh (vải trong Fig.18) dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm trong hàng rào cách âm. Hơn nữa, nghiệm số của tổn hao do chèn được xác định bằng sự tính toán xấp xỉ bằng các kết quả đo, và do đó có độ tin cậy cao.

Fig.18 thể hiện trường hợp trong đó hiệu quả cách âm cao hơn đạt được khi vải có mật độ bề mặt là $0,6\text{kg/m}^2$ và lực cản dòng là 789Ns/m^3 được bố trí dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm để tạo ra hàng rào cách âm so với khi tường được bố trí mà không có vải. Mặt khác, Fig.19 là đồ thị thể hiện kết quả mà hàng rào cách âm có sử dụng vật liệu hấp thụ âm thanh được cấu tạo để có mật độ bề mặt và lực cản dòng mà cả hai thông số này giảm khi hướng lên trên ở phần trên của vật liệu hấp thụ âm thanh (được gọi là vật liệu hấp thụ âm thanh gradient để phân biệt với vật liệu hấp thụ âm thanh đồng dạng được đề cập dưới đây) gây ảnh hưởng đến hiệu quả cách âm nhưng vẫn cao hơn hàng rào cách âm có sử dụng vật liệu hấp thụ âm thanh đồng dạng có mật độ bề mặt và lực cản dòng không thay đổi từ phần dưới lên đến phần trên. Đồ thị của Fig.19 mô tả sự tổn hao do chèn liên quan đến mức độ tiếng ồn từ các phương tiện mô tô (mức áp suất âm thanh hạng A), và được vẽ theo nghiệm số của tổn hao do chèn có độ tin cậy cao như được đề cập ở trên. Xin lưu ý rằng vật liệu hấp thụ âm

thanh đồng dạng là vật liệu hấp thu âm thanh được cấu tạo để có mật độ bề mặt và lực cản dòng đạt các giá trị giữ nguyên suốt từ đáy lên đến đỉnh.

Đồ thị của Fig.19 mô tả đường gãy khúc H thu được bằng cách vẽ nghiệm số của sự tổn hao do chèn được tính toán dựa vào sự giả định rằng chi tiết dạng tấm có cùng chiều cao với hàng rào cách âm có vải dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm là hàng rào nửa vô hạn và kết nối các điểm đã vẽ bằng các đoạn thẳng, năm đường gãy khúc từ U1 đến U5 thu được bằng cách vẽ nghiệm số của sự tổn hao do chèn được tính toán dựa vào sự giả định rằng chi tiết dạng tấm của hàng rào cách âm có vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng dọc đầu trên của chi tiết dạng tấm là hàng rào nửa vô hạn và kết nối các điểm đã vẽ bằng các đoạn thẳng, và năm đường gãy khúc từ G1 đến G5 thu được bằng cách vẽ nghiệm số của sự tổn hao do chèn được tính toán dựa vào giả định rằng chi tiết dạng tấm của hàng rào cách âm có vật liệu hấp thu âm thanh gradient dọc đầu trên của chi tiết dạng tấm là hàng rào nửa vô hạn và kết nối các điểm đã vẽ bằng các đoạn thẳng. Bảng 1 dưới đây thể hiện nghiệm số (dB) của sự tổn hao do chèn tương ứng với khoảng cách (m) từ tường. Nghiệm số thu được từ công thức (14) được mô tả ở trên.

Bảng 1

Khoảng cách (m)	Vật liệu hấp thu âm thanh									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
H: hàng rào cứng (được mở rộng 0,5 m)	23,6	22,3	21,9	21,7	21,5	21,5	21,4	21,3	21,3	21,3
G3: mật độ bề mặt là 12 kg/ m ² , Lực cản dòng là 400Ns/m ³	27,1	25,8	25,2	24,9	24,8	24,6	24,5	24,5	24,3	24,2
G5: mật độ bề mặt là 24 kg/ m ² , Lực cản dòng là 800 Ns/m ³	30,2	28,7	27,9	27,6	27,4	27,2	27,1	27,1	26,9	26,8
G4: Mật độ bề mặt 48 kg/m ² , Lực cản dòng là 1600 Ns/m ³	34,0	32,1	31,0	30,6	30,3	30,0	29,9	29,7	29,5	29,4
G2: Mật độ bề mặt 96 kg/m ² , Lực cản dòng là 3200Ns/m ³	36,4	33,5	32,2	31,6	31,2	30,9	30,7	30,4	30,3	30,3
G1: Mật độ bề mặt là 192 kg/m ² , Lực cản dòng là 6400Ns/m ³	34,3	31,5	30,4	29,8	29,4	29,2	29,0	28,7	28,7	28,7
U3: Mật độ bề mặt là 12kg/m ² , Lực cản dòng là 400Ns/m ³	27,1	26,0	25,5	25,3	25,1	25,0	24,9	24,9	24,8	24,7

U5: Mật độ bề mặt là 24kg/m ² , Lực cản dòng là 800Ns/m ³	29,3	28,0	27,5	27,3	27,0	26,9	26,S	26,7	26,7	26,6
U4: Mật độ bề mặt là 48kg/m ² , Lực cản dòng là 1600 Ns/m ³	29,5	27,9	27,4	27,1	26,9	26,8	26,6	26,5	26,5	26,5
U2: Mật độ bề mặt là 96kg/m ² , Lực cản dòng là 3200Ns/m ³	27,5	26,0	25,5	25,3	25,0	24,9	24,8	24,7	24,7	24,7
U1: Mật độ bề mặt là 192 kg/ m ² , Lực cản dòng là 6400 Ns/m ³	25,8	24,4	23,9	23,7	23,5	23,4	23,3	23,2	23,2	23,2

Vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng của đường gãy khúc U1 có mật độ bề mặt là 192kg/m^2 và lực cản dòng là 6400Ns/m^3 . Vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng của đường gãy khúc U2 có mật độ bề mặt là 96kg/m^2 và lực cản dòng là 3200Ns/m^3 . Vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng của đường gãy khúc U3 có mật độ bề mặt là 12kg/m^2 và lực cản dòng là 400Ns/m^3 . Vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng của đường gãy khúc U4 có mật độ bề mặt là 48kg/m^2 và lực cản dòng là 1600Ns/m^3 . Vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng của đường gãy khúc U5 có mật độ bề mặt là 24kg/m^2 và lực cản dòng là 800Ns/m^3 .

Vật liệu hấp thu âm thanh gradient của đường gãy khúc G1 có mật độ bề mặt là 192kg/m^2 và lực cản dòng là 6400Ns/m^3 trong phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh, các giá trị này được thiết lập để giảm khi hướng lên trên ở đầu trên để có giá trị bằng 0 hoặc giá trị xấp xỉ bằng 0 ở đầu trên. Vật liệu hấp thu âm thanh gradient của đường gãy khúc G2 có mật độ bề mặt là 96kg/m^2 và lực cản dòng là 3200Ns/m^3 trong phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh, các giá trị này được thiết lập để giảm khi hướng lên trên ở đầu trên để có giá trị bằng 0 hoặc giá trị xấp xỉ bằng 0 ở đầu trên. Vật liệu hấp thu âm thanh gradient của đường gãy khúc G3 có mật độ bề mặt là 12kg/m^2 và lực cản dòng là 400Ns/m^3 trong phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh, các giá trị này được thiết lập để giảm khi hướng lên trên ở đầu trên để có giá trị bằng 0 hoặc giá trị xấp xỉ bằng 0 ở đầu trên. Vật liệu hấp thu âm thanh gradient của đường gãy khúc G4 có mật độ bề mặt là 48kg/m^2 và lực cản dòng là 1600Ns/m^3 trong phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh, các giá trị này được thiết lập để giảm khi hướng lên trên ở đầu trên để có giá trị bằng 0 hoặc giá trị xấp xỉ bằng 0 ở đầu trên. Vật liệu hấp thu âm thanh gradient của đường gãy khúc G5 có mật độ bề mặt là 24kg/m^2 và lực cản dòng là 800Ns/m^3 trong phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh, các giá trị này được thiết lập để giảm khi hướng lên trên ở đầu trên để có giá trị bằng 0 hoặc giá trị xấp xỉ bằng 0 ở đầu trên.

Đồ thị của Fig.19 thể hiện rằng các giá trị của các đường gãy khúc từ U1 đến U5 và các giá trị của các đường gãy khúc từ G1 đến G5 đều cao hơn các giá trị của đường gãy khúc H. Ta có thể hiểu được từ điều này rằng hàng rào cách âm có vai trò đóng vai trò là vật liệu hấp thu âm thanh dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm của hàng rào cho hiệu quả cách âm vượt trội hơn tường không có vật liệu hấp thu âm thanh như vậy. Trên đồ thị, đường gãy khúc G2 thể hiện sự tổn hao do chèn cao nhất (hiệu quả

cách âm). Hơn nữa, các đường gãy khúc G1, G2, G4, và G5 không tính đường gãy khúc G3 mỗi đường thể hiện các giá trị của sự tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) cao hơn đường gãy khúc U5 mà có sự tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) cao nhất trong số các đường gãy khúc từ U1 đến U5. Ngoài ra, đường gãy khúc G3 thể hiện sự tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) cao hơn đường gãy khúc U1 có sự tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) thấp nhất trên đồ thị.

Tóm lại, ta có thể thấy rõ ràng từ đồ thị ở Fig.19 rằng tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tăng lên nhờ bố trí vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm trong hàng rào cách âm. Hơn nữa, ta còn có thể thấy rõ ràng từ đồ thị ở Fig.19 rằng tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tăng nhiều hơn nữa nhờ bố trí vật liệu hấp thu âm thanh gradient, so với việc bố trí vật liệu hấp thu âm thanh đồng dạng, dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm trong hàng rào cách âm. Fig.19 thể hiện các trường hợp của năm loại vật liệu hấp thu âm thanh gradient. Tuy nhiên, ta có thể suy luận rằng sự tổn hao do chèn (hiệu quả cách âm) được tăng lên nhờ tạo ra vật liệu hấp thu âm thanh gradient có mật độ bề mặt là giá trị bất kỳ nằm trong phạm vi từ 12kg/m^2 đến 192kg/m^2 và lực cản dòng là giá trị bất kỳ nằm trong phạm vi từ 400Ns/m^3 đến 6400Ns/m^3 ở dạng kết hợp.

Các ví dụ cụ thể khác nhau của hàng rào cách âm được mô tả có tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.20(a) đến Fig.20(e). Hàng rào cách âm W bao gồm chi tiết dạng tấm 10 cứng để tạo ra gradient áp suất nhờ tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh quanh mép biên của chi tiết dạng tấm, và vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14, được bố trí dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm 10, để tiêu thụ năng lượng vận tốc của các hạt không khí được tăng tốc bởi gradient áp suất. Trong Fig.20(a), vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 bao gồm ba loại vật liệu hấp thu âm thanh 14A, 14B, và 14C, độ dày của ba vật liệu này tăng dần xuống dưới. Có nghĩa là, ba vật liệu hấp thu âm thanh 14A, 14B, và 14C mỗi loại trong số chúng có độ dày khác nhau được bố trí theo chiều từ trên xuống dưới sao cho vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 có độ dày giảm ở phần trên của nó, và do đó vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 được tạo thành hình dạng đa bậc có nhiều bậc theo chiều từ trên xuống dưới. Các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh 14A ở mặt dưới cao hơn các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu âm thanh 14B ở giữa, có nghĩa là cao hơn một bậc so với mặt dưới. Các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu

hấp thu âm thanh 14C ở mặt trên thấp hơn các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu âm thanh 14B thấp hơn mặt trên một bậc. Trên Fig.20(b), vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 được tạo thành hình tam giác cơ bản có bề mặt gradient thẳng (hoặc cong) để có độ dày giảm dần theo chiều từ dưới lên trên. Các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 này giảm dần theo chiều từ dưới lên trên, để bằng 0 hoặc giá trị xấp xỉ bằng 0 tại đầu trên. Với cấu tạo như vậy, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 dao động tuyến tính (liên tục) dọc theo chiều từ trên xuống dưới, điều này có thể loại bỏ sự giảm hiệu quả cách âm trong các phần không tuyến tính trong trường hợp của sự dao động không tuyến tính (không liên tục). Do đó, hiệu quả cách âm có thể đạt được. Trong Fig.20(c), vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 bao gồm sáu vật liệu hấp thu âm thanh 14A không chỉ có cùng độ dày và cùng kích thước mà còn có cùng các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng. Có nghĩa là, ba trong số các vật liệu hấp thu âm thanh 14A được bố trí thành các lớp theo chiều dày trên đầu trên của chi tiết dạng tấm 10, hai trong số các vật liệu hấp thu âm thanh 14A được bố trí thành các lớp trên các đầu trên của ba vật liệu hấp thu âm thanh 14A trước đó, và một vật liệu hấp thu âm thanh 14A còn lại được bố trí trên các đầu trên của hai vật liệu hấp thu âm thanh 14A trước đó. Hơn nữa trong trường hợp này, vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 được tạo thành hình dạng có nhiều bậc có nhiều bậc theo chiều từ trên xuống dưới. Sự sắp xếp như vậy của các vật liệu hấp thu âm thanh cho phép các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của ba vật liệu hấp thu âm thanh 14A ở bậc dưới cùng đạt giá trị cao nhất, và các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của một vật liệu hấp thu âm thanh 14A ở bậc trên cùng đạt giá trị thấp nhất. Trong Fig.20(d), vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 bao gồm năm vật liệu hấp thu âm thanh 14A, 14B và 14C mỗi loại trong số chúng có cùng độ dày nhưng có chiều cao khác nhau (kích thước theo chiều từ trên xuống dưới). Có nghĩa là, vật liệu hấp thu âm thanh thứ hai 14B có chiều cao thấp hơn vật liệu hấp thu âm thanh thứ nhất 14C mà có chiều cao lớn nhất được bố trí trên cả hai mặt bên theo chiều dày của vật liệu hấp thu âm thanh thứ nhất 14C, và vật liệu hấp thu âm thanh thứ ba 14A có chiều cao thấp hơn chiều cao của các vật liệu hấp thu âm thanh thứ hai 14B được bố trí trên mỗi bề mặt ngoài của các vật liệu hấp thu âm thanh thứ hai 14B. Hơn nữa trong trường hợp này, vật liệu hấp thu âm thanh gradient 14 được tạo thành hình dạng có nhiều bậc có nhiều bậc theo chiều từ

trên xuống dưới. Sự sắp xếp như vậy của các vật liệu hấp thụ âm thanh cho phép độ dày của vật liệu hấp thụ âm thanh gradient 14 giảm dần theo chiều từ dưới lên trên, theo thứ tự như sau: phía dưới có tổng độ dày của năm mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh, bao gồm hai mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh thứ ba 14A, hai mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh thứ hai 14B, và một mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh thứ nhất 14C > phần giữa có tổng độ dày của ba mảnh, bao gồm hai mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh thứ hai 14B và một mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh thứ nhất 14C > phía trên có độ dày của một mảnh, bao gồm một mảnh vật liệu hấp thụ âm thanh thứ nhất 14C. Theo đó, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thụ âm thanh gradient 14 giảm dần theo chiều từ dưới lên trên theo tuần tự từ phía dưới. Trên Fig. 20(e), vật liệu hấp thụ âm thanh gradient 14 được cấu tạo sao cho, theo chiều từ trên xuống dưới, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng cao nhất ở vùng dưới 14a, các giá trị của mật độ bề mặt của lực cản bề mặt trong vùng giữa 14b thấp hơn vùng dưới 14a, và các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng thấp nhất trong vùng trên 14c, mặc dù có cùng độ dày theo chiều từ trên xuống dưới. Vật liệu hấp thụ âm thanh gradient 14 của Fig.20(e) bao gồm, ví dụ bọt biển hoặc sản phẩm xốp, trong đó hình dáng hoặc kích thước của các lỗ được xác định để các lỗ được tạo ra trong vùng dưới 14a được tạo ra gần nhau nhất và lực cản dòng của các lỗ trong vùng dưới 14a đạt giá trị cao nhất. Ngược lại, hình dạng hoặc kích thước của các lỗ được xác định sao cho các lỗ được tạo ra trong vùng trên 14c được tạo ra thưa thớt nhất và lực cản dòng của các lỗ trong vùng trên 14c đạt giá trị thấp nhất.

Mặc dù vật liệu hấp thụ âm thanh gradient 14 bao gồm ba vật liệu hấp thụ âm thanh 14A, 14B và 14C trong Fig.20(a), vật liệu hấp thụ âm thanh gradient 14 có thể bao gồm chỉ một vật liệu hấp thụ âm thanh. Hơn nữa, các hình vẽ Fig.20(a), Fig.20(c), Fig.20(d), và Fig.20(e) thể hiện các trường hợp ở đó các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thụ âm thanh thay đổi theo ba bậc theo chiều trên-xuống. Tuy nhiên, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng có thể được cấu tạo để thay đổi theo bốn hoặc nhiều hơn bốn bậc để thay đổi dưới dạng gần như tuyến tính theo chiều trên-xuống. Hơn nữa, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thụ âm thanh gradient có thể được thiết lập để thay đổi theo hai bậc theo chiều trên-xuống, có nghĩa là, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thụ âm thanh gradient có thể được đặt thấp hơn trong phần trên so với trong phần dưới

của vật liệu hấp thu âm thanh gradient. Khi các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh gradient cả hai đều được đặt thấp hơn trong phần trên so với trong phần dưới của vật liệu hấp thu âm thanh gradient, hiệu quả cách âm được nâng cao hơn nữa. Tuy nhiên, chỉ một trong hai giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng có thể được đặt thấp hơn trong phần trên so với trong phần dưới của vật liệu hấp thu âm thanh gradient.

Xin lưu ý rằng sáng chế không giới hạn theo các phương án nêu trên, và các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi yêu cầu bảo hộ của sáng chế.

Theo các phương án nêu trên, vật liệu hấp thu âm thanh 2 được bố trí gần như khắp toàn bộ mép biên của chi tiết dạng tấm 1. Tuy nhiên, vật liệu hấp thu âm thanh 2 có thể được bố trí chỉ trên một phần của chi tiết dạng tấm 1. Hơn nữa, vật liệu hấp thu âm thanh 2 được bố trí để bao phủ một phần của mép đầu của chi tiết dạng tấm 1. Tuy nhiên, vật liệu hấp thu âm thanh 2 có thể được bố trí mà không hề bao phủ cạnh mép của chi tiết dạng tấm 1.

Theo các phương án nêu trên, vật hấp thu âm thanh S có thể được cố định vào tường nhà, v.v., để được sử dụng như là vách ngăn (chi tiết vách ngăn) ngoài việc được treo lên để sử dụng.

Hơn nữa, mặc dù vật liệu hấp thu âm thanh được bố trí dọc theo đầu trên của chi tiết dạng tấm theo các phương án nêu trên, vật liệu hấp thu âm thanh có thể được bố trí dọc theo đầu bên của chi tiết dạng tấm. Tóm lại, miễn là vật liệu hấp thu âm thanh được bố trí kéo dài ra ngoài từ một đầu cạnh mép của chi tiết dạng tấm dọc theo chiều phẳng của chi tiết dạng tấm, vị trí mà vật liệu hấp thu âm thanh được gắn vào đó sẽ không có giới hạn cụ thể.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hàng rào cách âm bao gồm vật hấp thu âm thanh, trong đó vật hấp thu âm thanh này bao gồm:

chi tiết dạng tấm cứng để tạo ra gradien áp suất nhờ việc tạo ra sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa mặt trước và mặt sau xung quanh mép biên của chi tiết dạng tấm; và

vật liệu hấp thu âm thanh được bố trí trong vùng lân cận của mép biên của chi tiết dạng tấm, vật liệu hấp thu âm thanh được cấu tạo để tiêu thụ năng lượng vận tốc của các hạt không khí được tăng tốc bởi gradien áp suất, trong đó:

vật liệu hấp thu âm thanh được làm bằng vải hoặc lớp hấp thu âm thanh dạng xốp mỏng được kích thích bởi sự chênh lệch áp suất âm thanh giữa hai mặt bên và được bố trí mở rộng hướng ra ngoài từ mép biên của chi tiết dạng tấm dọc chiều phẳng của chi tiết dạng tấm, và

ít nhất một giá trị trong số các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng của vật liệu hấp thu âm thanh được kích thích được đặt ở giá trị thấp hơn ở phần ngoài theo chiều phẳng so với ở phần trong theo chiều phẳng của vật liệu hấp thu âm thanh.

2. Hàng rào cách âm theo điểm 1, trong đó vật liệu hấp thu âm thanh có độ dày nhỏ hơn độ dày của chi tiết dạng tấm.

3. Hàng rào cách âm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

vật liệu hấp thu âm thanh có độ dày giảm dần theo chiều từ dưới lên trên.

4. Hàng rào cách âm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

vật hấp thu âm thanh có cùng độ dày và được tạo thành hình dạng có nhiều bậc có nhiều bậc theo chiều từ trên xuống dưới.

5. Hàng rào cách âm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

vật liệu hấp thu âm thanh có cùng độ dày theo chiều từ trên xuống dưới và được cấu tạo sao cho, theo chiều từ trên xuống dưới, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng cao nhất ở vùng dưới, các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng thấp hơn ở vùng giữa so với ở phần dưới, và các giá trị mật độ bề mặt và lực cản dòng thấp nhất ở vùng trên.

6. Hàng rào cách âm theo điểm 1, trong đó:

phần đầu dưới của vật liệu hấp thu âm thanh có độ dày nhỏ hơn độ dày của phần đầu trên của chi tiết dạng tấm.

7. Hàng rào cách âm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

vật liệu hấp thu âm thanh được cấu tạo để, theo chiều từ trên xuống dưới, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng cao nhất ở vùng dưới, các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng là thấp hơn ở vùng giữa so với ở vùng dưới, và các giá trị của mật độ bề mặt và lực cản dòng là thấp nhất ở vùng trên.

8. Hàng rào theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó:

mật độ bề mặt có giá trị bất kỳ nằm trong phạm vi từ 12kg/m^2 đến 192kg/m^2 .

9. Hàng rào theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó:

lực cản dòng có giá trị bất kỳ nằm trong phạm vi từ 400Ns/m^3 đến 6400Ns/m^3 .

FIG. 1(a)

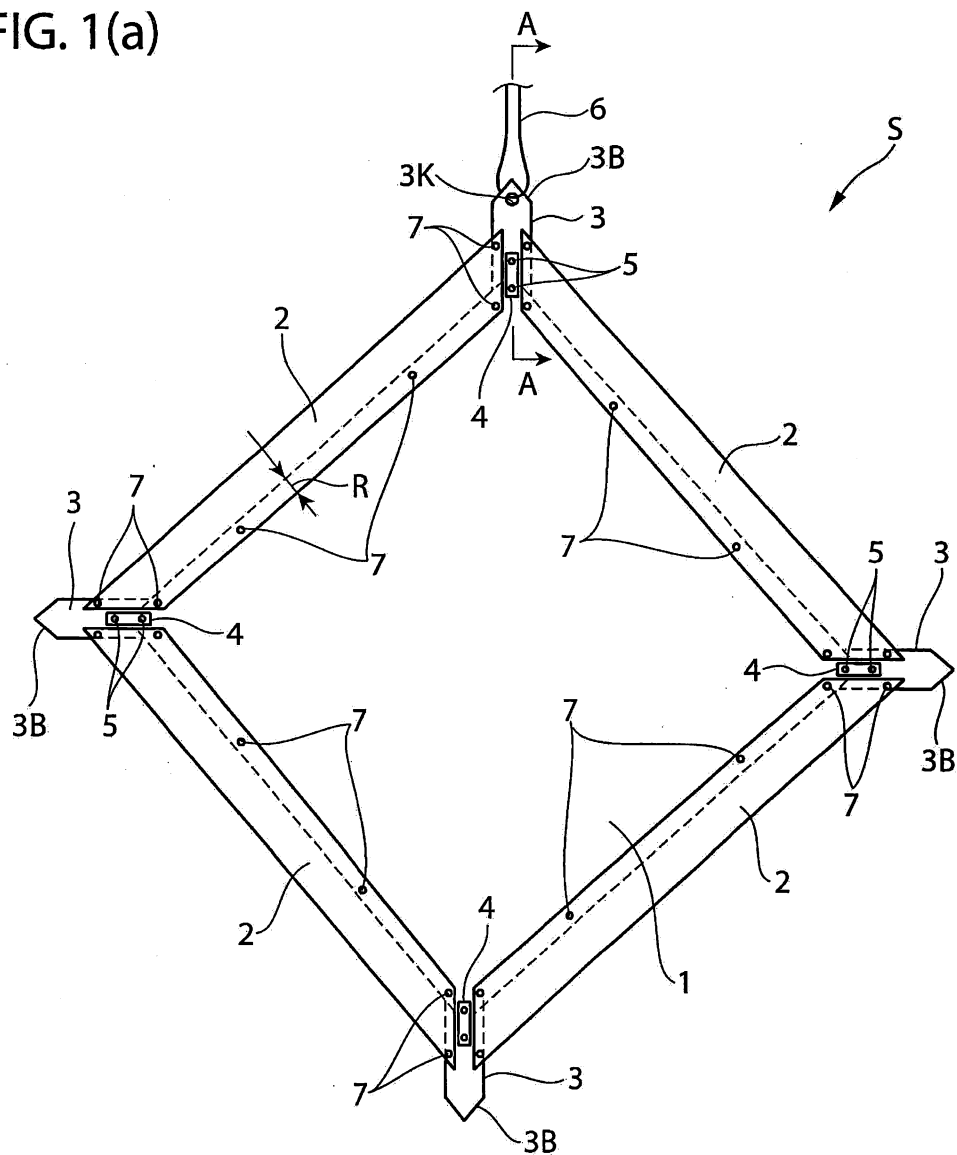


FIG. 1(b)

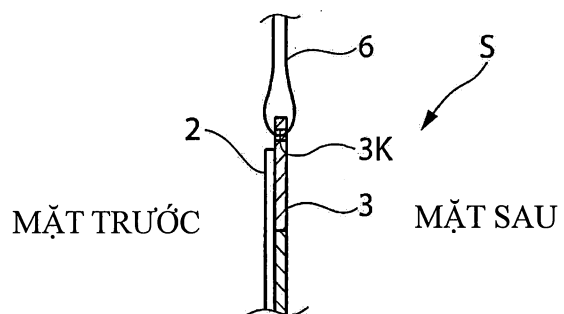


FIG. 2

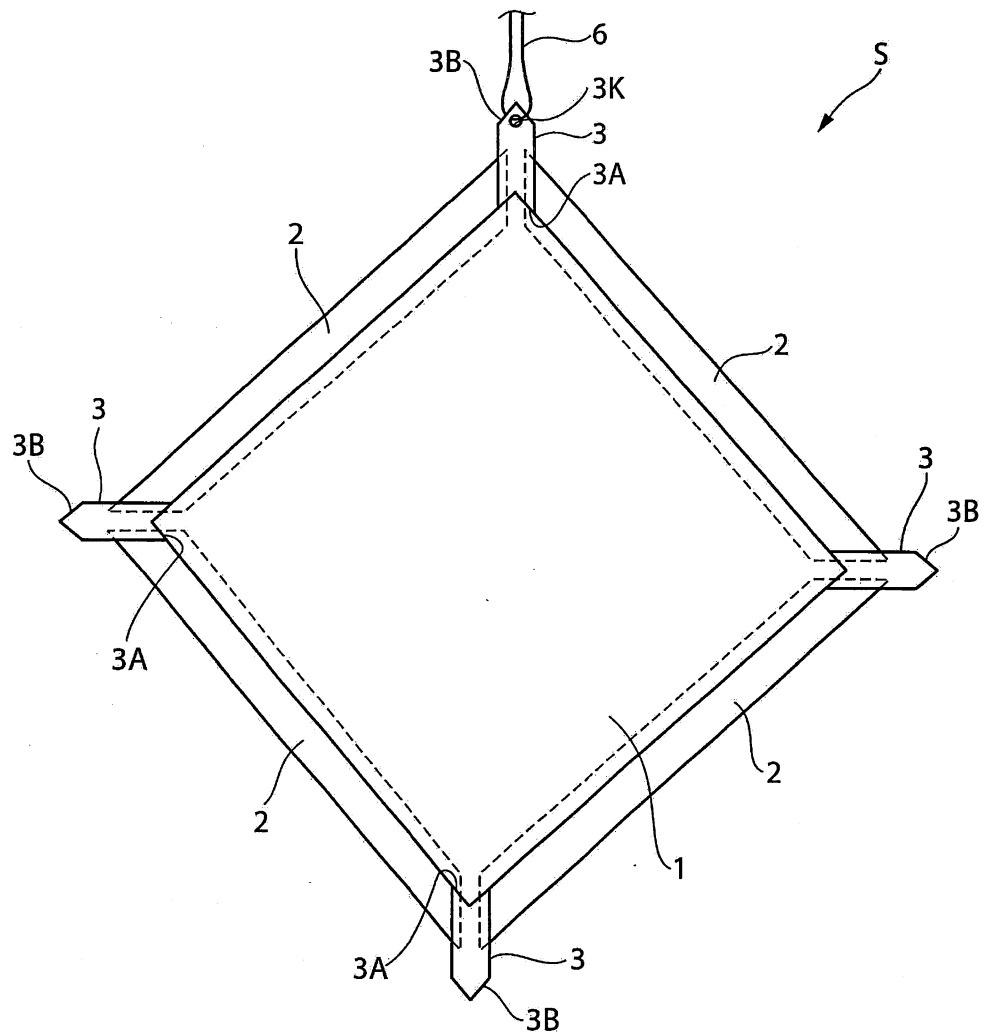


FIG. 3(a)

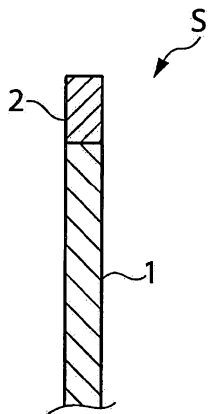


FIG. 3(b)

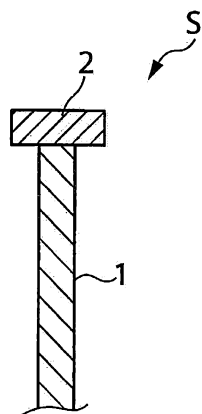


FIG. 3(c)

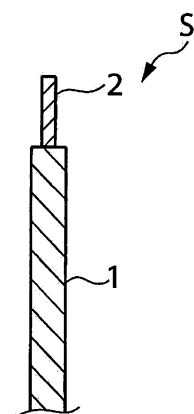


FIG. 3(d)

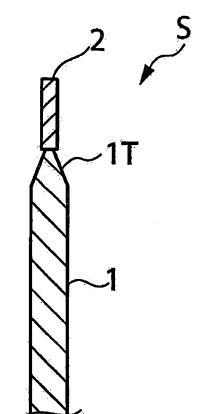


FIG. 3(e)

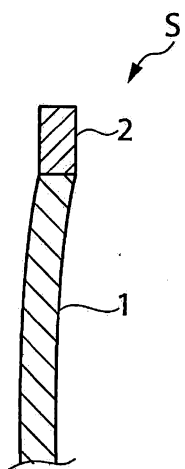


FIG. 3(f)

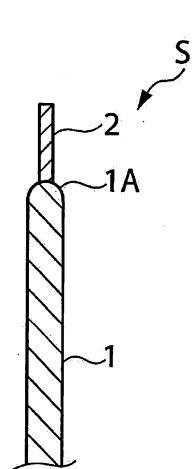


FIG. 3(g)

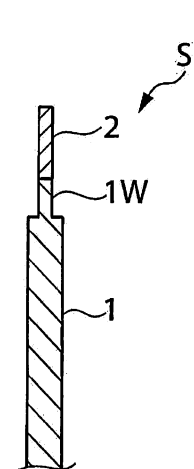
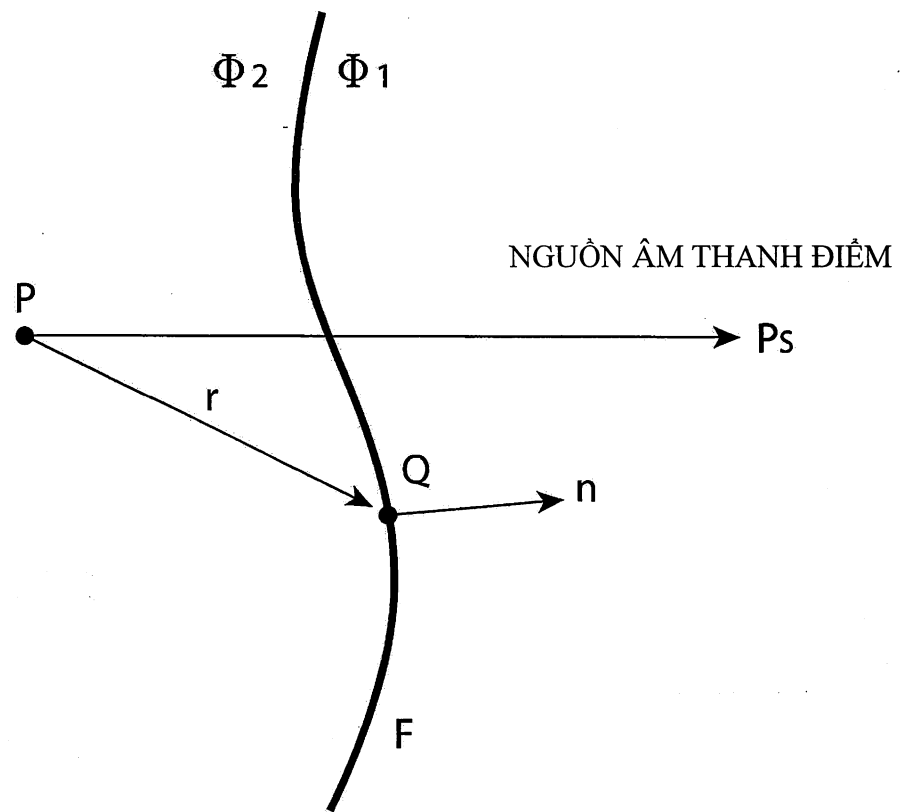


FIG. 4



TẤM CỨNG MỎNG (CHI TIẾT DẠNG TẤM)

FIG. 5

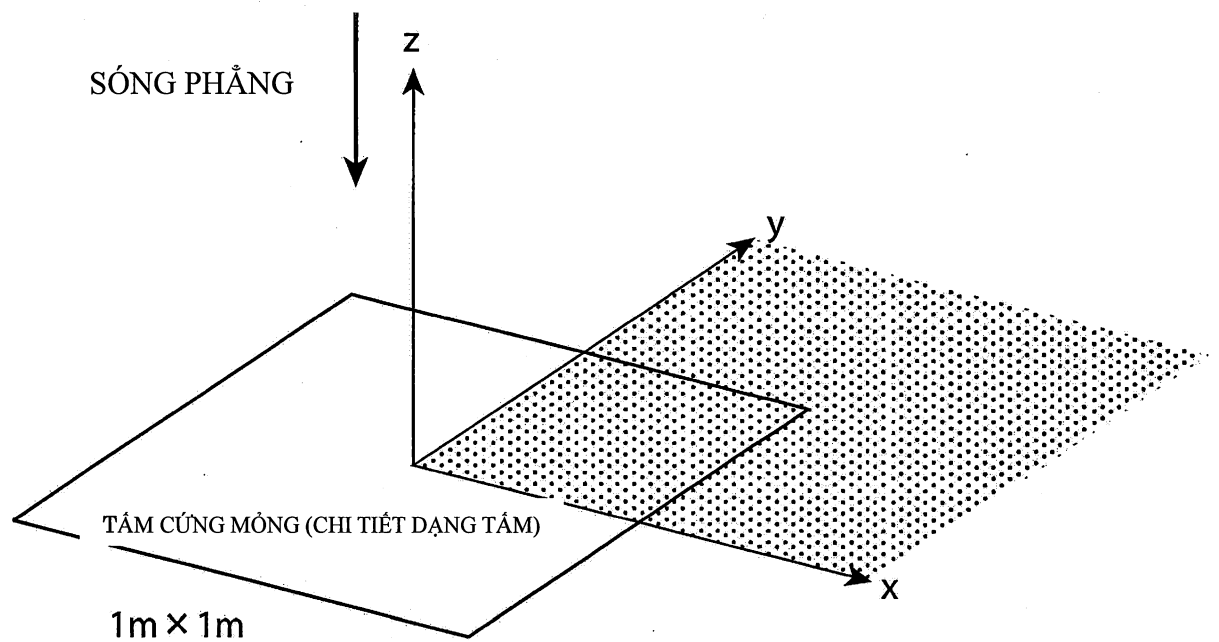


FIG. 6(b)

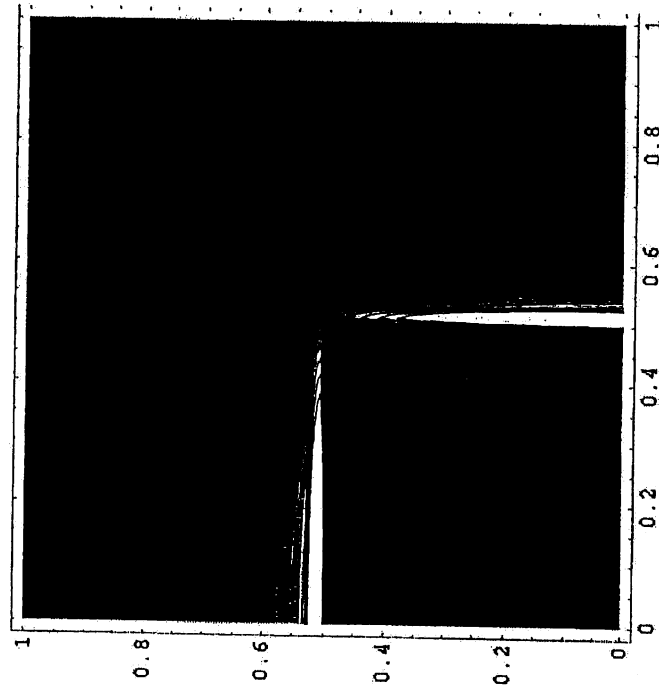


FIG. 6(a)

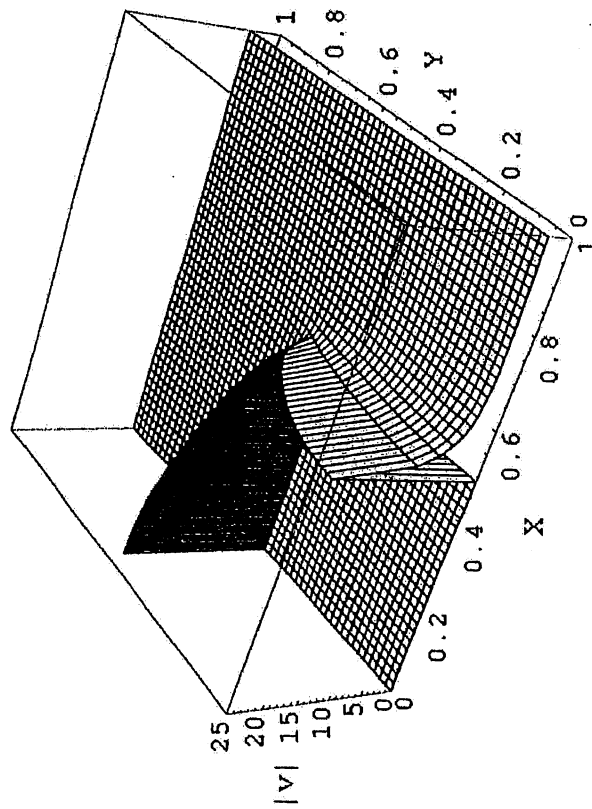


FIG. 7

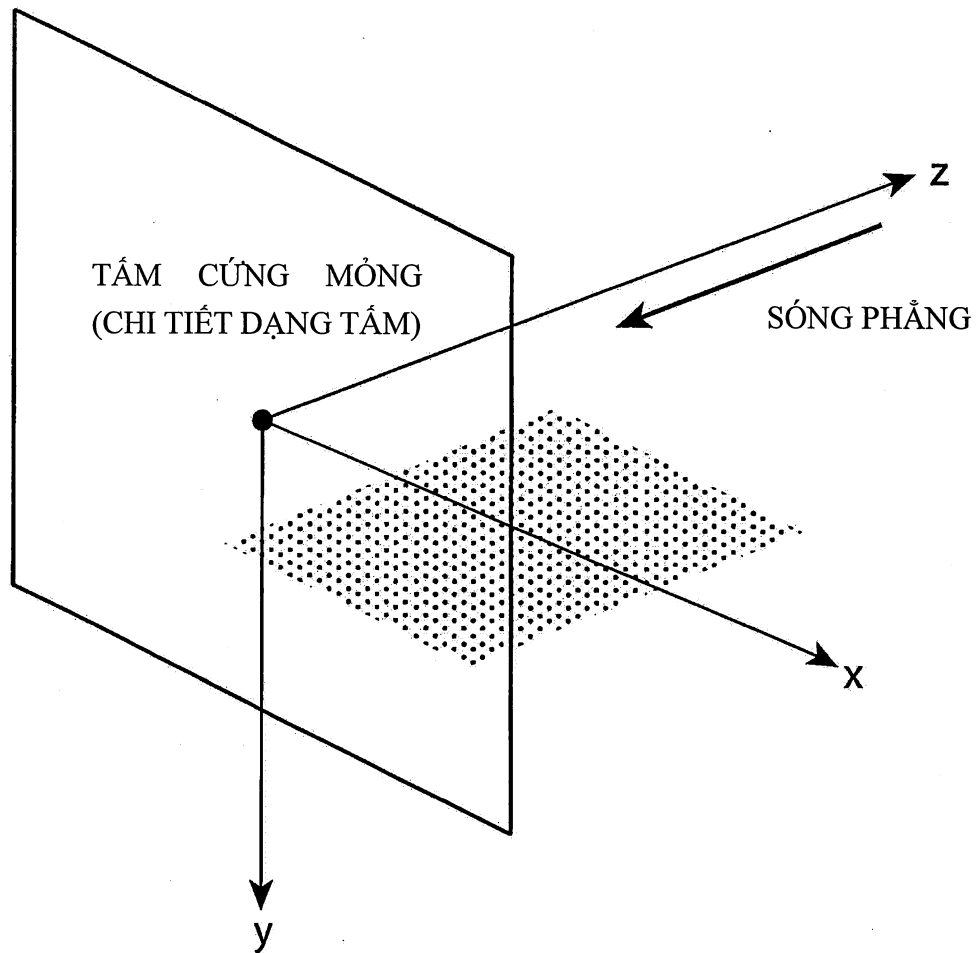


FIG. 8(b)

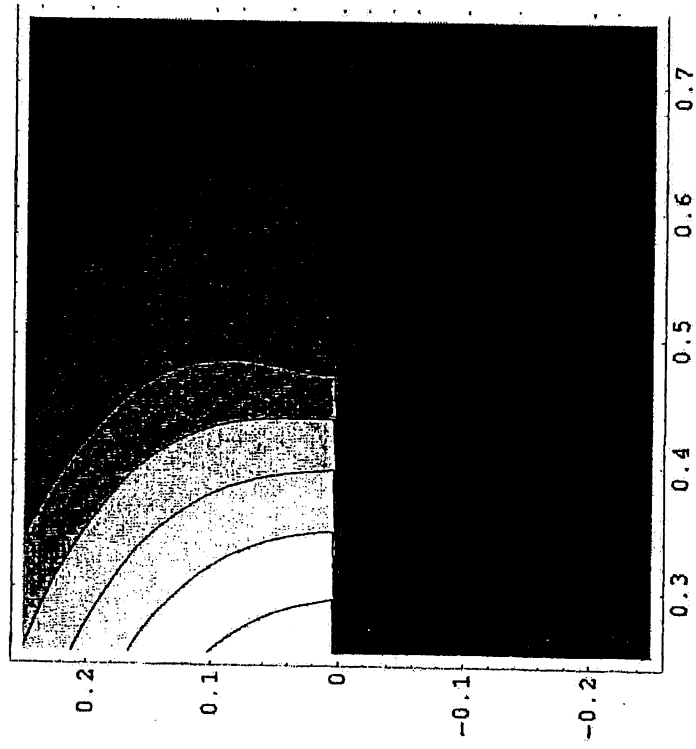


FIG. 8(a)

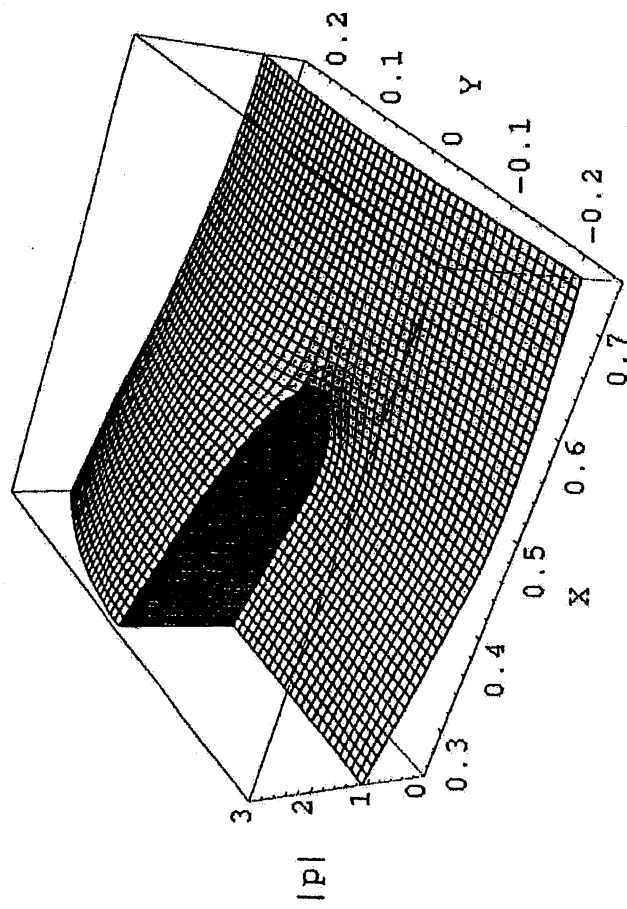


FIG. 9

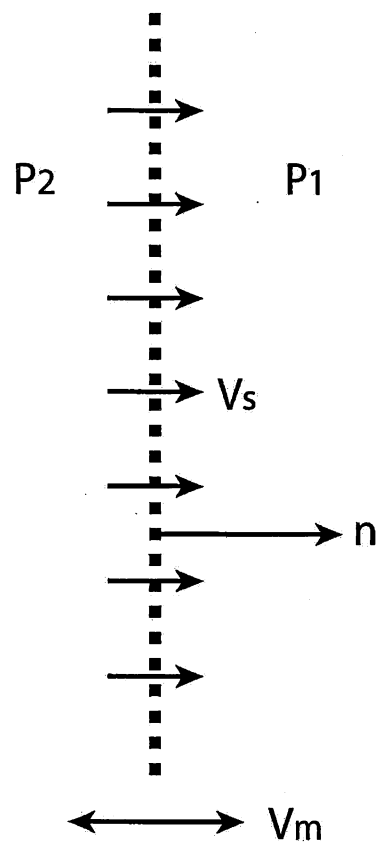


FIG. 10

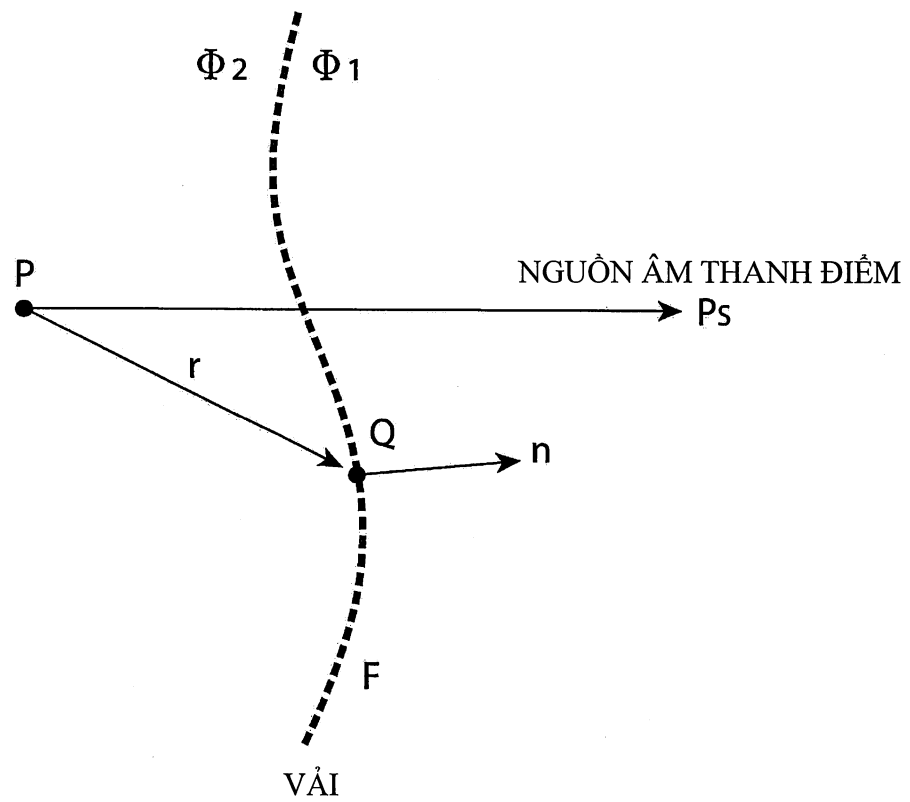


FIG. 11

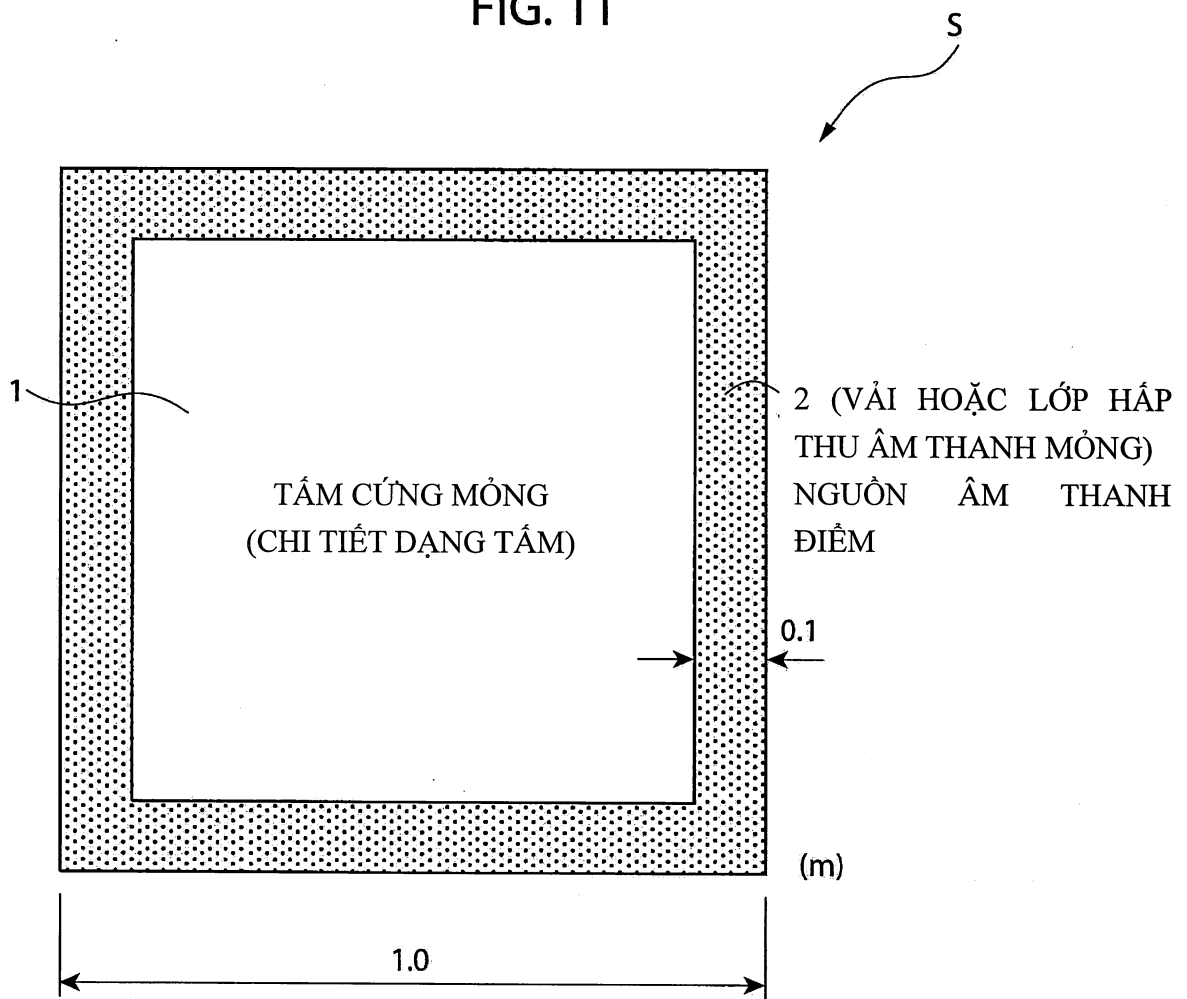


FIG. 12

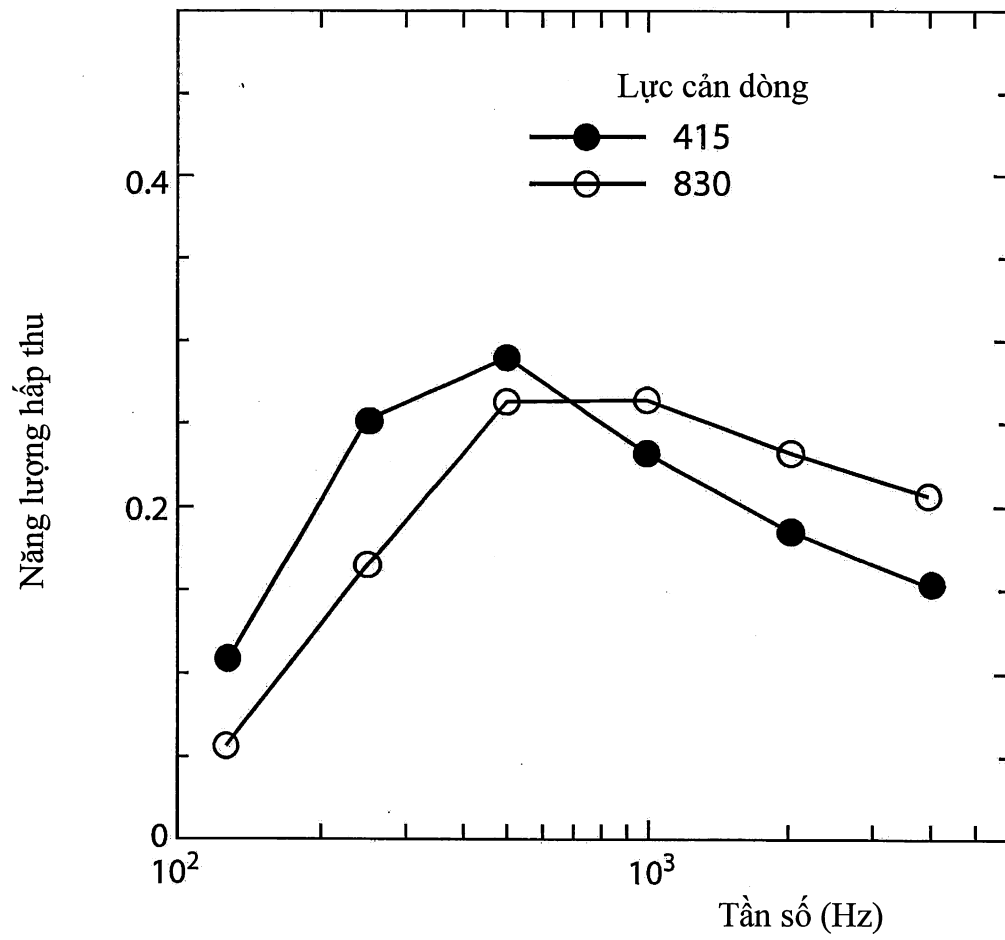


FIG. 13

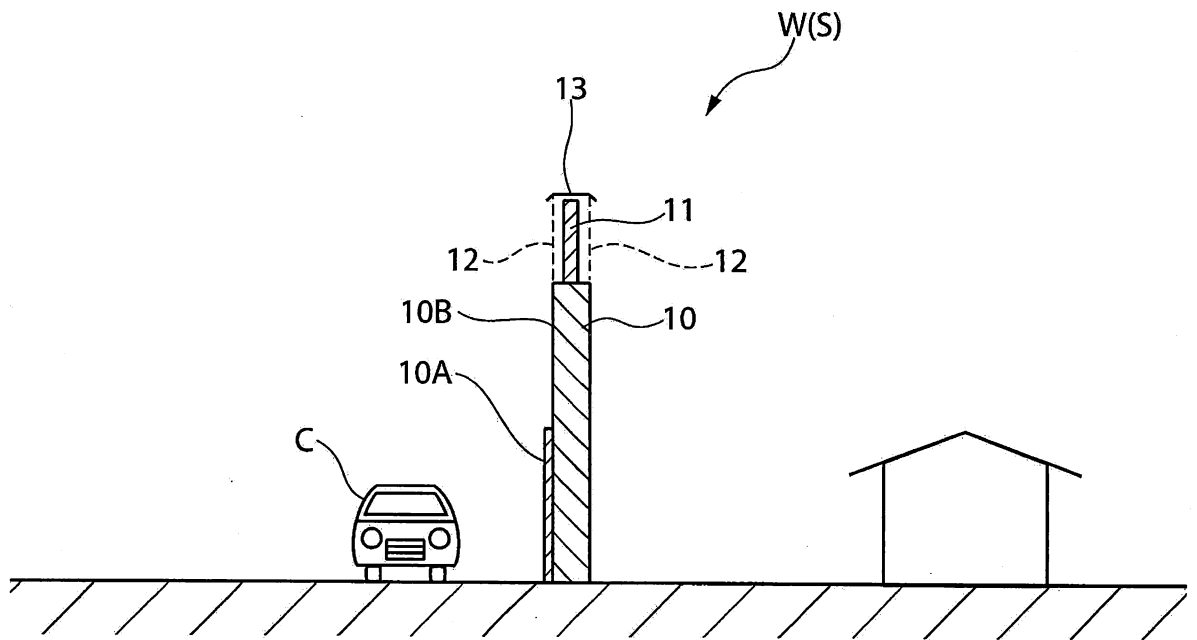


FIG. 14

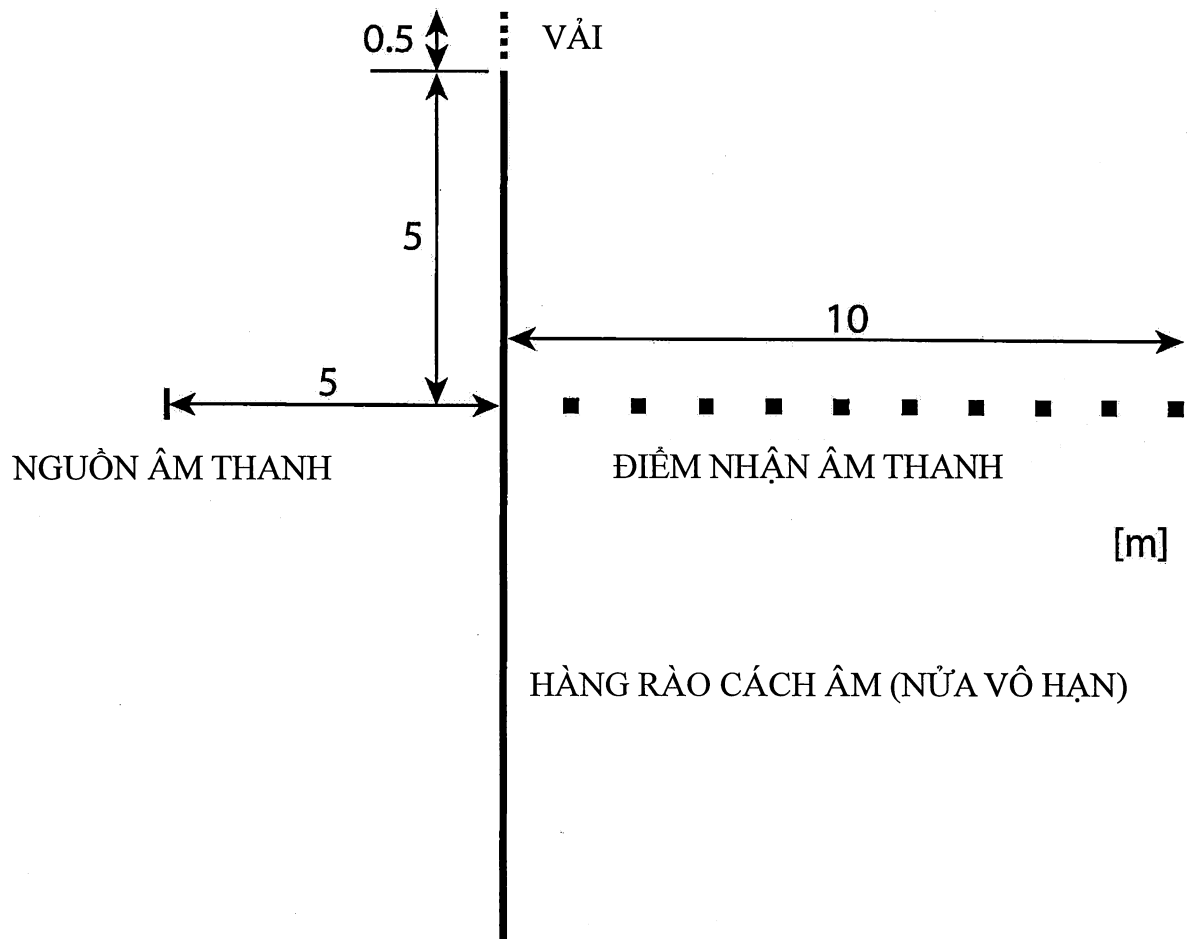


FIG. 15

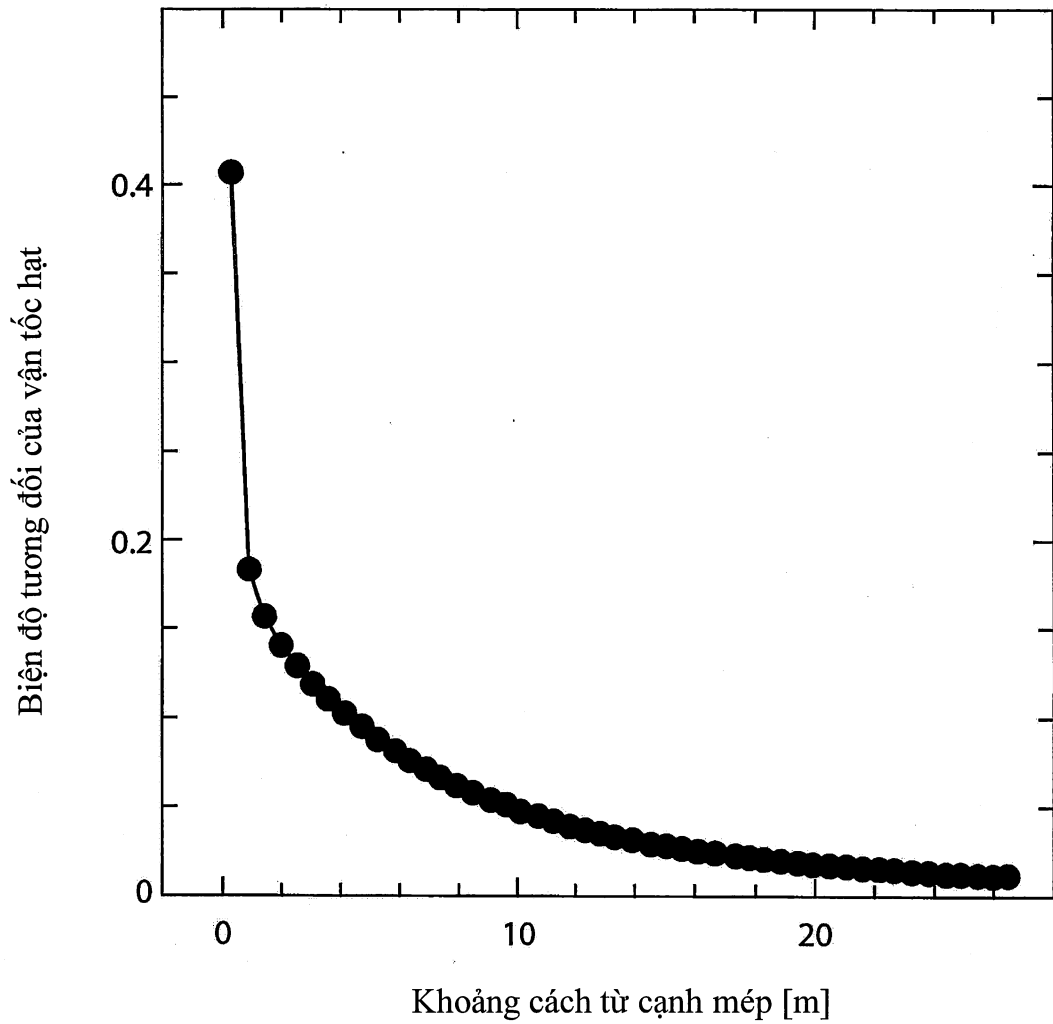


FIG. 16

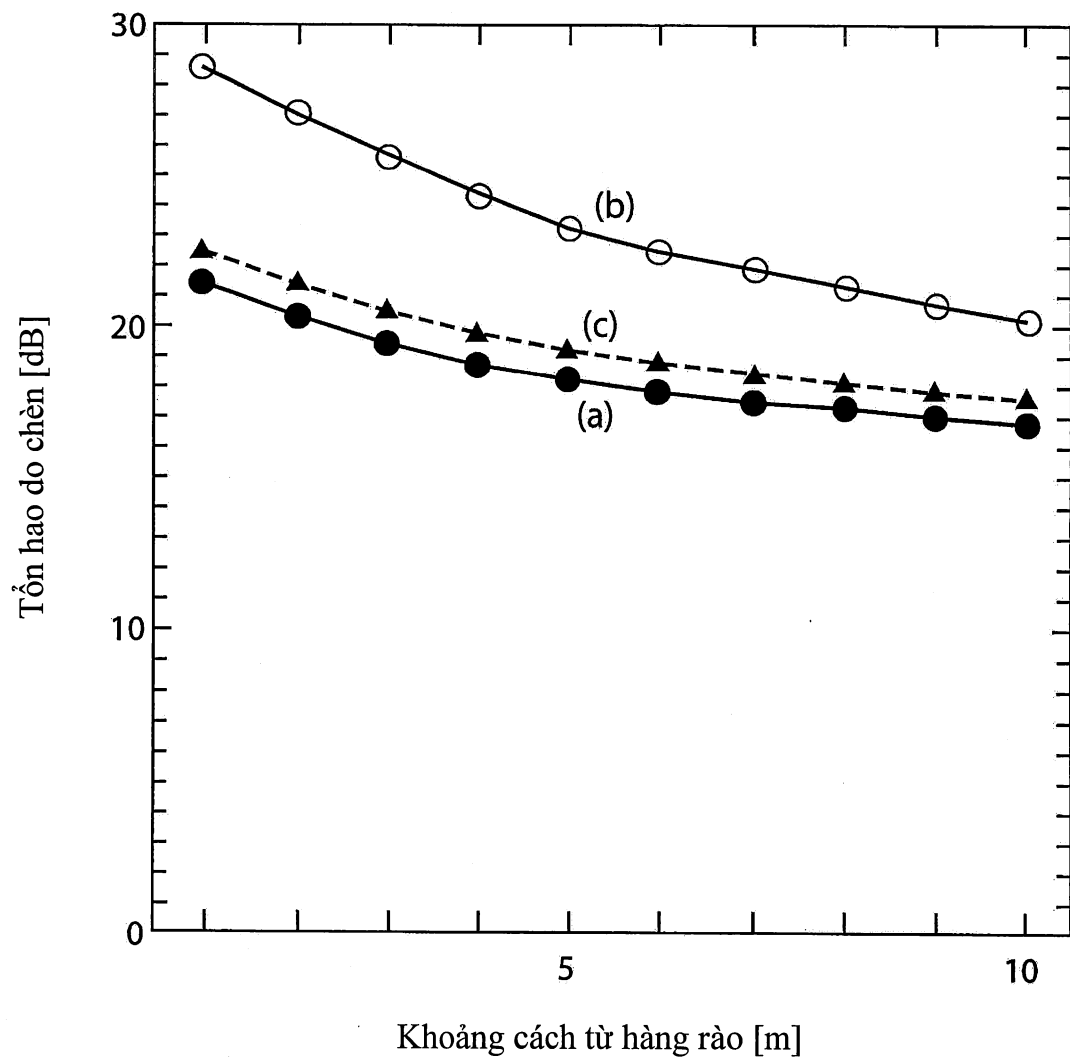


FIG. 17

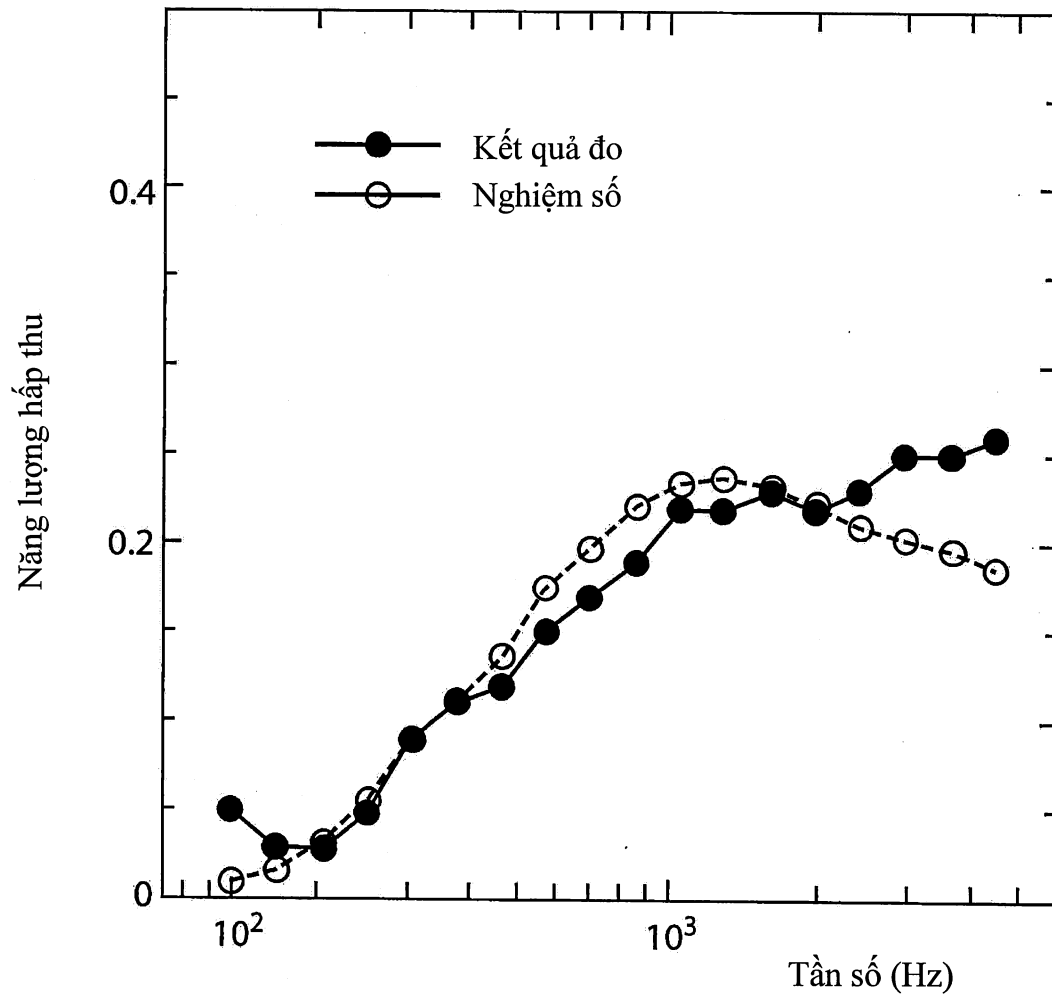


FIG. 18

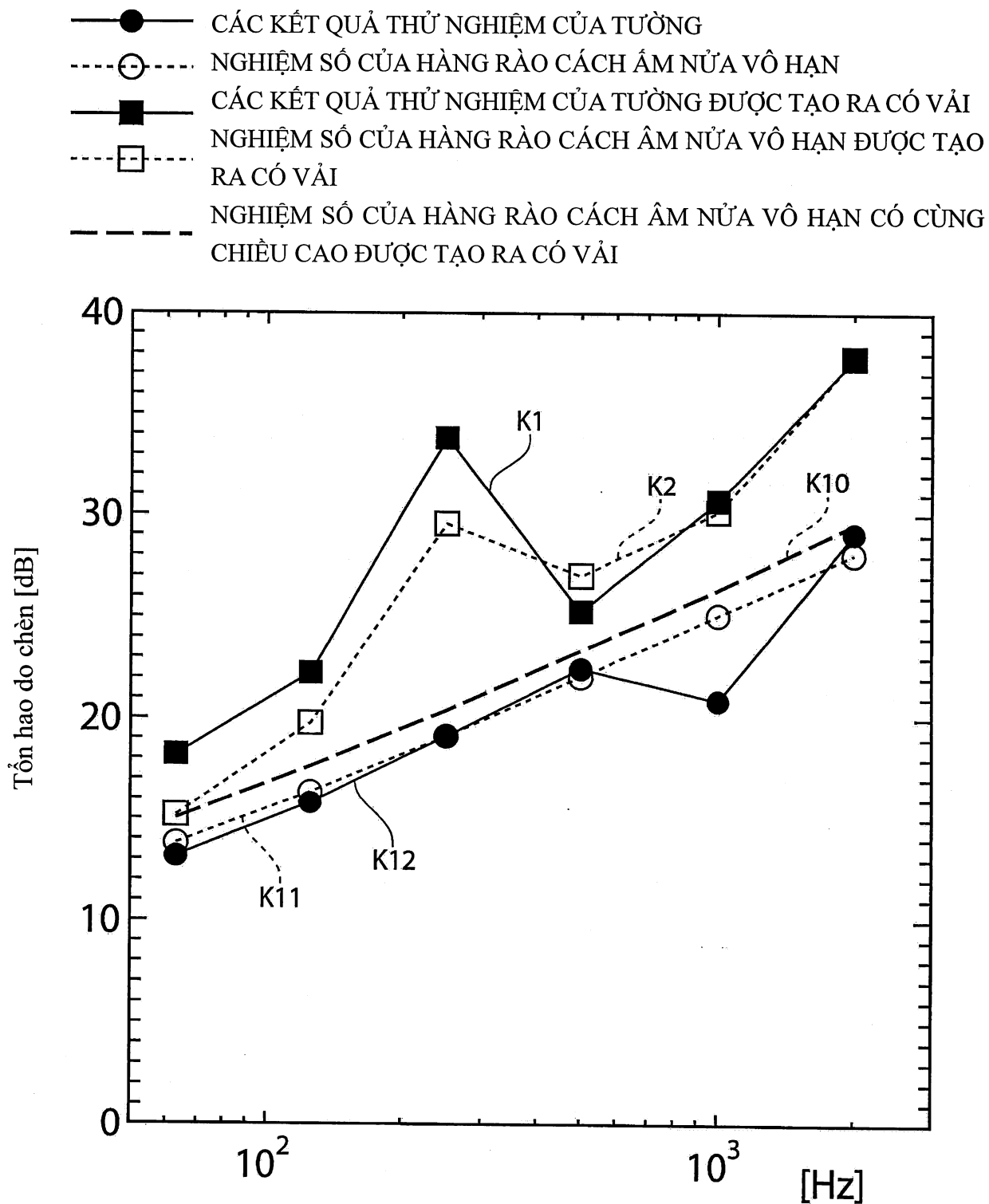


FIG. 19

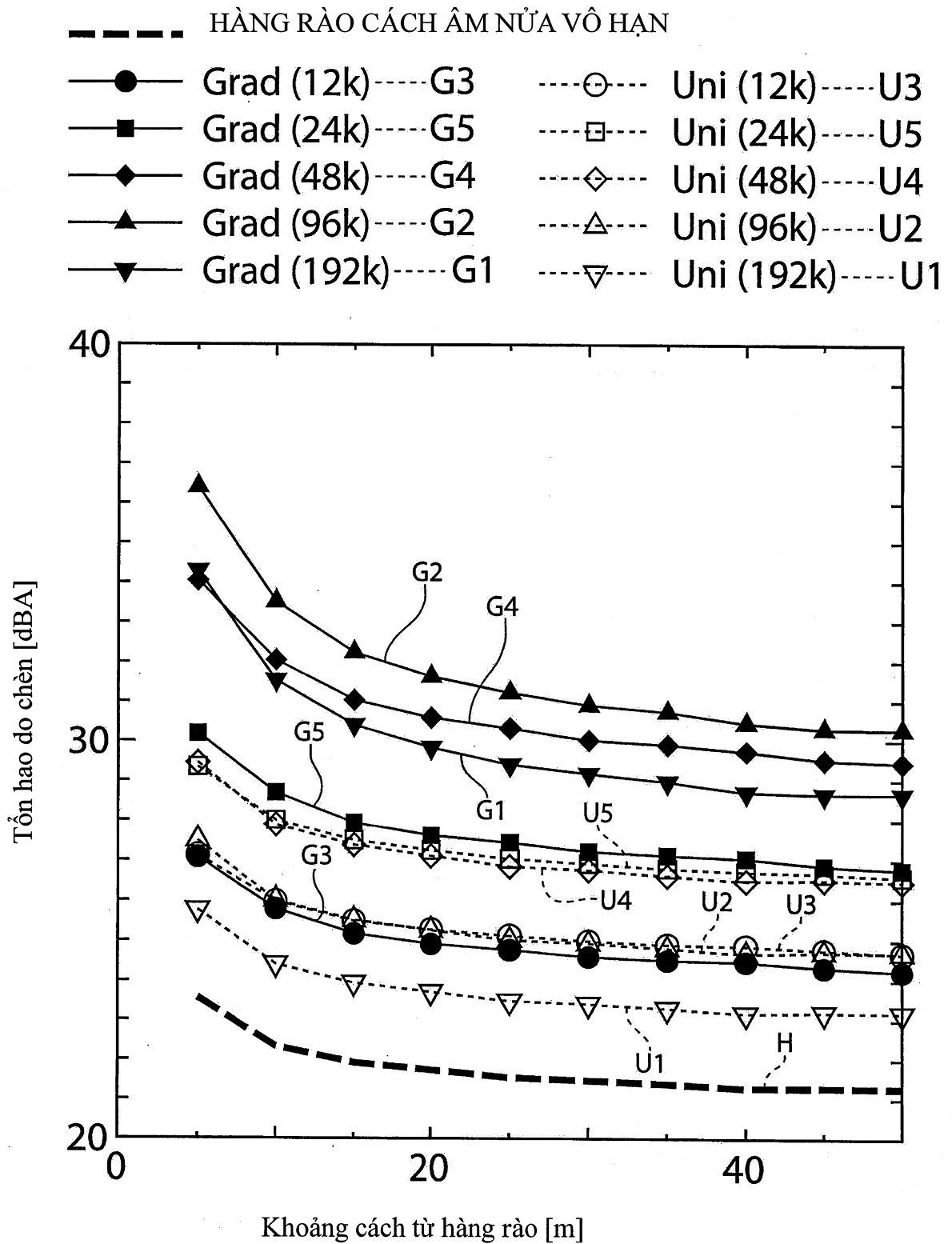


FIG. 20(a)

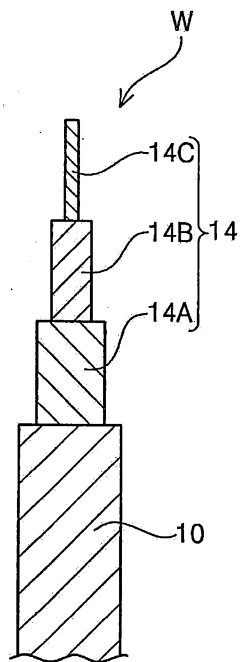


FIG. 20(b)

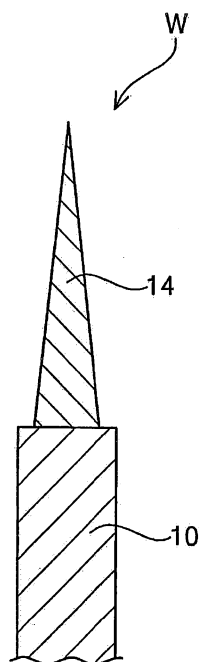


FIG. 20(c)

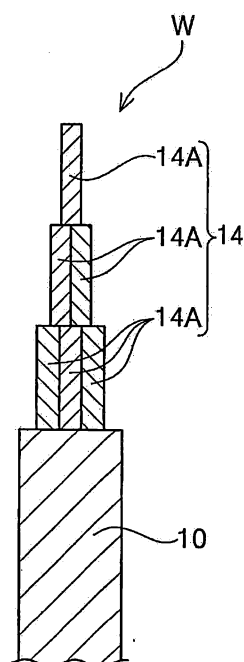


FIG. 20(d)

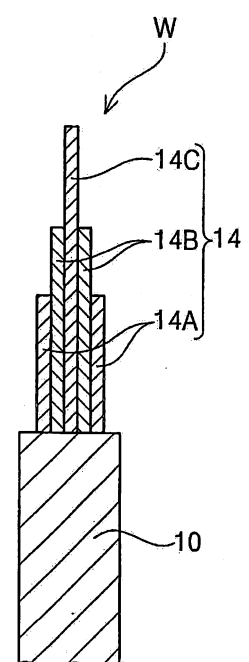


FIG. 20(e)

