

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ KHẢO SÁT THỬ NGHIỆM CẢM BIẾN RUNG ĐỘNG CẤU TRÚC DẦM TREO ĐƠN

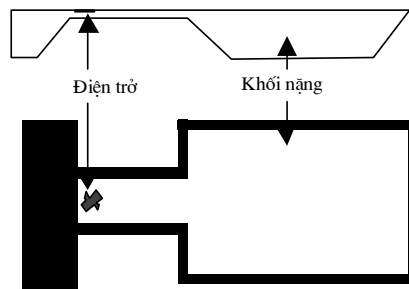
ĐÌNH VĂN DŨNG

1. MỞ ĐẦU

Công nghệ MEMS khởi trên cơ sở các kỹ thuật của công nghệ vi điện tử và kỹ thuật ăn mòn đã cho phép chế tạo các chủng loại cảm biến vi cơ, trong đó cảm biến vi cơ quán tính là một trong những loại cảm biến đã được quan tâm nghiên cứu chế tạo bởi tính ứng dụng to lớn của nó [1]. Cảm biến vi cơ quán tính bao gồm cảm biến rung, cảm biến gia tốc và cảm biến vận tốc góc đã được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo ô tô và công nghiệp hàng không vũ trụ. Các cảm biến đó được dùng trong các hệ thống an toàn tích cực, hệ thống ổn định chuyển động và hệ thống treo điện tử.

Cấu trúc phổ biến thường được áp dụng trong các cảm biến rung động bao gồm khối gia trọng được treo bởi cấu tử thanh dầm có tính chất đàn hồi [2 - 6]. Tín hiệu rung sẽ gây ra sự chuyển dịch của khối gia trọng, làm uốn cong thanh dầm và thay đổi phân bố ứng suất trên thanh dầm. Để chuyển đổi tín hiệu cơ sang tín hiệu điện, có thể sử dụng các phương pháp dựa trên hiệu ứng áp trở, áp điện hoặc biến đổi điện dung.

Trong khuôn khổ công trình này, chúng tôi sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo cảm biến rung động kiểu áp điện trở có cấu trúc thanh dầm treo đơn.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc cảm biến rung

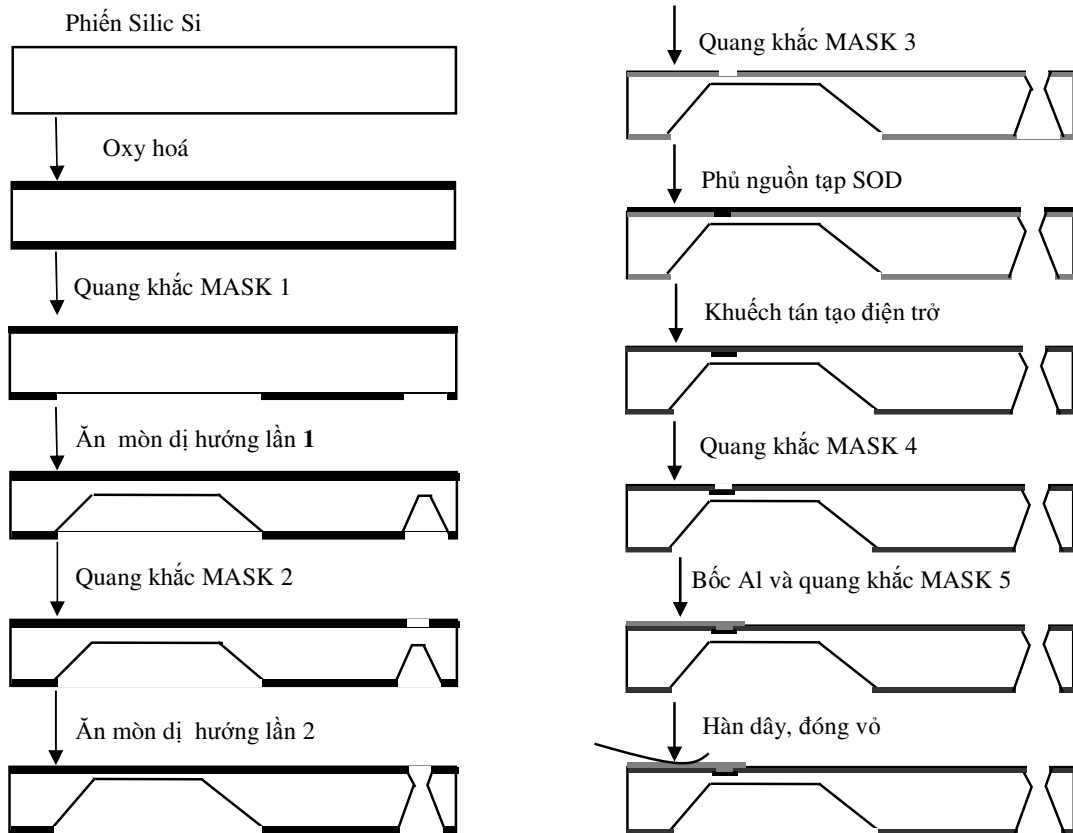
2. CẤU TRÚC CẢM BIẾN RUNG ĐỘNG

Cảm biến rung động có cấu trúc gồm khối gia trọng treo trên thanh dầm đơn. Thanh dầm có một đầu được gắn cố định vào đế cứng silic. Sơ đồ nguyên lý cấu trúc của cảm biến rung động được trình bày trên hình 1. Thanh dầm treo có tính đàn hồi hoạt động như một lò xo. Khối gia trọng có vai trò làm tăng độ nhạy của cảm biến đối với tín hiệu rung động. Để chuyển đổi tín hiệu cơ thành tín hiệu điện, một áp điện trở bốn điện cực – phân tử nhạy ứng suất, được cấy lên thanh dầm bằng phương pháp khuếch tán. Áp điện trở bốn điện cực được định vị nghiêng một

góc 45° so với cạnh thanh dầm nhằm đạt giá trị độ nhạy lớn nhất [3]. Giá trị điện trở thay đổi tùy theo rung thông qua sự thay đổi ứng suất của thanh dầm.

3. QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO CẢM BIẾN

Cảm biến rung động cấu trúc dầm treo đơn đã được chế tạo dựa trên các kỹ thuật của công nghệ vi điện tử và kỹ thuật ăn mòn hóa học (công nghệ MEMS). Toàn bộ quy trình công nghệ chế tạo cảm biến được mô tả trên hình 2.



Hình 2. Quy trình công nghệ chế tạo cảm biến rung động

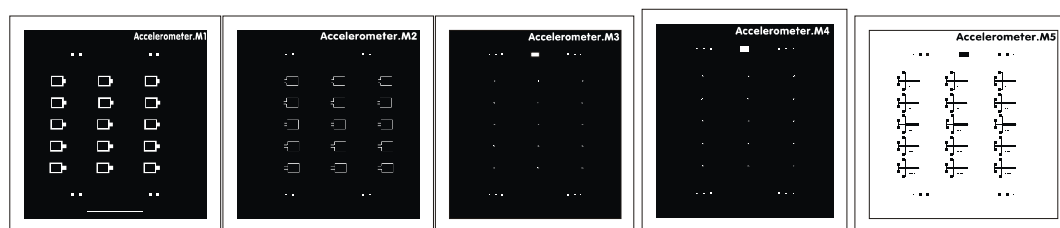
Vật liệu được sử dụng để chế tạo cảm biến là phiên Si loại n (100). Do tính chất ăn mòn định hướng trong KOH của loại vật liệu trên, có thể tạo ra các cấu trúc hốc có các cạnh định hướng theo phương $\langle 110 \rangle$.

Để chế tạo cảm biến, lớp SiO_2 có bề dày $1,7 \mu\text{m}$ được tạo ra trên bề mặt của phiên Si bằng phương pháp oxy hóa ẩm ở nhiệt độ 1100°C . Lớp SiO_2 đóng vai trò là lớp bảo vệ Si tránh bị ăn mòn trong KOH. Để có thể xác định chính xác cấu hình ở cả hai phía của Si cần tiến hành tạo dấu định vị so mask có kích thước $(0,2 \times 0,2)\text{mm}^2$ bằng cách ăn mòn thủng phiên Si trong dung dịch KOH. Cấu trúc dầm treo đơn được chế tạo bằng phương pháp ăn mòn “ướt” trong dung dịch KOH 25% và nhiệt độ $60 - 70^\circ\text{C}$. Tuy nhiên để nhận được cấu hình trên, giải pháp ăn mòn

từ hai phía của phiến Si đã được đưa ra. Bước đầu tiên, thực hiện mở cửa sổ ở mặt sau của phiến Si bằng phương pháp quang khắc, sau đó tiến hành ăn mòn trong KOH cho tới khi bề dày của màng Si cỡ 2 lần giá trị bề dày của thanh dầm cần chế tạo. Tiếp theo, thực hiện mở cửa sổ ở mặt trên của phiến Si và tiến hành ăn mòn phiến Si từ cả hai phía để nhận được cấu trúc thanh dầm. Tiếp đến là bước tẩy lớp oxit dày và tiến hành oxy hóa lần hai để nhận lớp SiO_2 có bề dày cỡ 200 nm.

Trên cơ sở kỹ thuật công nghệ vi điện tử, tiến hành chế tạo linh kiện áp điện trở kiểu bốn điện cực-phần tử nhạy ứng suất, định vị ở trên thanh dầm. Linh kiện áp điện trở được chế tạo bằng phương pháp khuếch tán từ nguồn SOD pha tạp B. Quá trình khuếch tán thực hiện ở nhiệt độ 1050°C trong khoảng thời gian 50 phút trong môi trường nitơ. Linh kiện áp điện trở được định vị sao cho trục của nó nghiêng 45° so với cạnh màng Si. Sau khi tạo được linh kiện áp điện trở, tiến hành khuếch tán tạo chân điện cực và bốc nhôm tạo dây dẫn tín hiệu của cảm biến. Cuối cùng, các cảm biến được tách rời khỏi phiến Si bằng phương pháp cắt dùng dao kim cương.

Để thực hiện quy trình công nghệ chế tạo cảm biến rung như đề cập ở trên, chúng tôi đã thiết kế bộ Mask (hình 3) trên cơ sở phần mềm Corel Draw. Trong cấu trúc bộ Mask đã thiết kế vạch định hướng chuẩn giúp cho các bước công nghệ có thể định vị chính xác cạnh của màng Silic theo hướng tinh thể $[110]$.



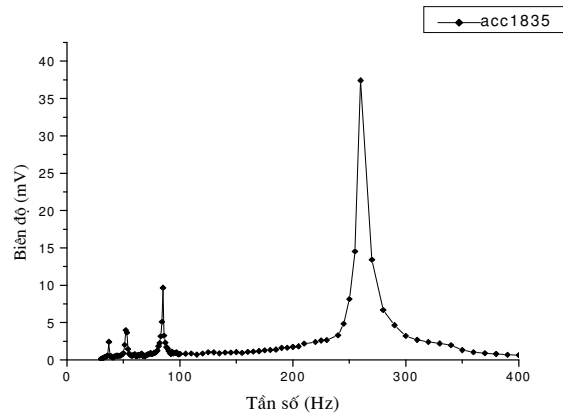
Hình 3. Bộ mask cảm biến rung

4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM CẢM BIẾN RUNG ĐỘNG

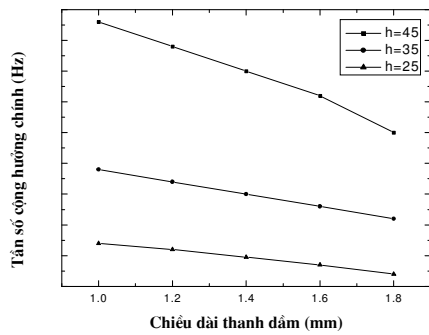
Trên cơ sở quy trình công nghệ như đã trình bày, các mẫu cảm biến rung với cấu trúc thanh dầm đơn có cùng kích thước chiều rộng 0,8 mm và có bề dày thay đổi từ 0,025 - 0,045 mm và chiều dài thay đổi từ 1 - 1,8 mm đã được chế tạo.

Trong khảo sát thử nghiệm, các cảm biến được đặt trong hệ rung dao động điều hòa. Dưới tác dụng của tín hiệu rung dao động điều hòa của hệ rung, khối gia trọng của cảm biến sẽ dao động điều hòa, làm thanh dầm cũng dao động điều hòa theo cùng tần số. Điện trở khuếch tán trên thanh dầm thay đổi giá trị. Tín hiệu điện lối ra được chuyển đổi qua bộ ADC và ghép nối với máy tính. Kết quả được xử lý trên cơ sở phần mềm MATLAB.

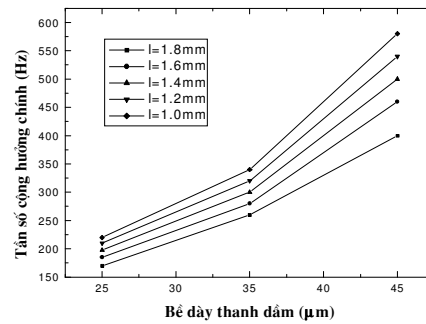
Trong dải tần từ 20 – 800 Hz, dạng đặc trưng phụ thuộc của biên độ tín hiệu ra của cảm biến vào tần số dao động được trình bày trên hình 4. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự xuất hiện peak tín hiệu cực đại ứng với tần số cộng hưởng nhất định. Biên độ các cực đại tăng dần theo chiều tăng của tần số dao động. Kết quả nghiên cứu cho thấy tần số cộng hưởng của cảm biến tăng lên khi chiều dài thanh dầm giảm hoặc bề dày thanh dầm tăng (hình 5 - 6). Như vậy cảm biến rung được chế tạo đã có khả năng đáp ứng đối với tín hiệu rung thông qua lực cưỡng bức tác dụng lên cảm biến.



Hình 4. Sự phụ thuộc của biên độ tín hiệu lỗi ra theo tần số rung.



Hình 5. Sự phụ thuộc của tần số cộng hưởng vào chiều dài thanh dầm



Hình 6. Sự phụ thuộc của tần số cộng hưởng vào bề dày thanh dầm

5. KẾT LUẬN

Cảm biến rung cấu trúc dầm treo đơn đã được chế tạo thành công trên cơ sở công nghệ MEMS khối. Phương pháp ăn mòn phiến Si từ hai phía trong dung dịch KOH cho phép nhận được cấu trúc dầm treo đơn chính xác theo thiết kế. Điện trở khuếch tán bốn điện cực có vai trò là cấu tử nhạy ứng suất được khuếch tán trên thanh dầm từ nguồn SOD pha tạp B. Cảm biến rung đã được khảo sát thử nghiệm bằng phương pháp mẫu rung. Kết quả khảo sát cho thấy cảm biến đã đáp ứng tốt với tín hiệu rung động trong hệ khảo sát rung, có thể ứng dụng cảm biến để đo tín hiệu rung động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. G.A. Macdonld - A review of low cost accelerometers for vehicle dynamics, Sensors and Actuators **A21-A23** (1990) 303-307.
2. M. Elwenspoek R. Wiegerink - FSRM course Mechanical Micro Sensor 1999.
3. Min- Hang Bao. Wei-Jia Qi and Yan Wang - Geometric Desing Rules of Four - Teminal Gauge for Pressure Sensors, Sensors and Actuators **18** (1983) 149-156.
4. Marc Madou - Fundamentals of microfabication, CRC Press, 1997.
5. V. N. Hung, N. D. Chien, D. V. Dung, T. Q. Thong, N.P. Thuy - Silic michromachined piezoresistive sensor: Development and application, The Pacific Rim Workshop on Transducers and Micro/Nano Technologies, Xiamen, China, 2002, pp. 481-484.
6. D. V. Dung, V. N. Hung, N. D. Chien and T. Q. Thong - Fabrication and characterization of silic micromachined piezoresistive accelerometer, Communications in Physics, ISSN 0868-3166 **12** (4) (2002) 239-244.

SUMMARY

RESEARCH ON FABRICATION PROCESS AND INVESTIGATION OF VIBRATION SENSOR OF SINGLE CANTILEVER STRUCTURE

Vibration sensor has been designed and fabricated successfully based on bulk MEMS technology. Sensor consists of a mass suspend on a single silicon cantilever. Samples of sensor (their cantilever has the same in their width of 0.8mm and has a difference in thickness from 0.025 – 0.045 mm and a difference in their length from 1 – 1.8 mm) have been fabricated. Single cantilever structure of sensor was made by wet etching in KOH solution. Piezoresistor which has structure of 4 electrodes was made by thermal diffusion method from SOD source of Boron dopand. The sensors have been investigated in vibration system. The obtained results show that, the sensor has good response to vibration signal.

Địa chỉ:

Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2,
Phúc Yên, Vĩnh Phúc.

Nhận bài ngày 10 tháng 5 năm 2009