

MEMS 고체 추진제 추력기의 점화 시스템 개발

이종광 · 박종익 · 권세진*

Development of Ignition System for MEMS Solid Propellant Thruster

Jongkwang Lee · Jongik Park · Sejin Kwon*

ABSTRACT

The fabrication and firing test of the ignition system for a micro solid propellant thruster are described in the present paper. Pt igniter coil was patterned on the glass membrane that was fabricated by the wet etching process. The thickness of Pt layer was 2000 Å and the width of igniter pattern was 40 μm. The thickness and diameter of glass membrane were 15 μm and 1 mm, respectively. Ignition test was performed. Successful ignition of HTPB/AP propellant was obtained with an ignition delay of 1.6 s at an input voltage of 12 V. The ignition energy was estimated to be 1.4 J.

초 록

마이크로 고체 추진제 추력기의 점화 시스템의 제작 및 점화 실험에 관한 연구 결과를 기술하였다. 유리 박막 마이크로 백금 점화기는 일반적인 금속 박리 공정과 감광 유리 제작 공정을 이용하여 제작되었다. 백금 층의 두께는 2000 Å, 점화기 패턴의 폭은 40 μm 였다. 제작된 유리 박막의 두께는 15μm, 유리 박막의 지름은 1 mm 였다. HTPB/AP 추진제를 이용하여 점화 실험을 수행하였다. 12 V의 전압을 사용한 경우, 점화 지연 시간은 1.6 s 였으며 이 때의 점화 에너지는 1.4 J로 측정되었다.

Key Words: Micro Solid Propellant Thruster(마이크로 고체 추진제 추력기), Micro Igniter(마이크로 점화기), Glass Membrane(유리 박막)

1. 서 론

마이크로/나노 위성체의 개발과 함께 위성체의 자세 제어 및 궤도 수정을 위한 마이크로 추

진 시스템의 개발이 필요하게 되었다. 마이크로 추진 시스템의 개념들로는 마이크로 이중 추진제 추력기, 마이크로 단일 추진제 추력기, 마이크로 고체 추진제 추력기 등이 있다[1-3].

이와 같은 마이크로 추력기들 중 마이크로 고체 추진제 추력기는 움직이는 부품이 없고, 구조가 단순하여 상대적으로 제작이 용이하다는 장

* KAIST 항공우주공학과
연락처자, E-mail: trumpet@kaist.ac.kr

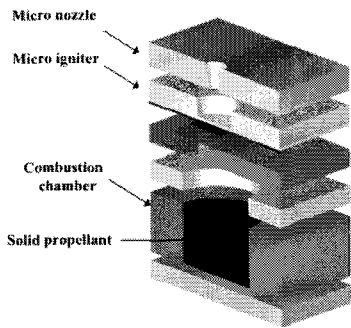


Fig. 1 Schematic of Micro Solid Propellant Thruster

점이 있어 미국의 캘리포니아 공과 대학교, 프랑스 국립 과학 연구소, 싱가포르 국립 대학 그리고 국내에서는 KAIST에서 다양한 연구가 진행 중이다[4-7].

Figure 1은 KAIST에서 개발을 목표로 하고 있는 마이크로 고체 추진제 추력기이다. 기본 요소로는 마이크로 노즐, 마이크로 점화기, 마이크로 연소 챔버, 고체 추진제이며 이 연구에서는 마이크로 점화기에 대한 연구 결과를 기술하겠다.

2. 마이크로 점화기의 제작 및 실험

2.1 마이크로 점화기의 제작

마이크로 점화 장치로는 줄열을 사용하는 마이크로 히터를 사용하였다. 히터의 물질로는 온도 변화에 있어 높은 안정성을 가지며, 대기 중에서 산화 현상이 발생하지 않아 성능에 변화가 없는 백금을 선택하였다. 점화기의 기판으로는 유리 박막을 형성하기 위하여 감광성 유리를 선택하였다.

이 연구에서 제안한 유리 박막 마이크로 점화기의 제작 공정은 다음과 같다. 먼저 유리 박막의 형성을 위하여 두께가 500 μm 인 감광성 유리를 선택적으로 310 nm 파장의 자외선에 노광한다. 이후 감광성 유리의 앞면에 감광제를 입히고, 일반적인 사진 식각 공정을 통하여 점화기가 형성될 부분의 감광제를 제거한다. 스퍼터를 사용하여 감광성 유리의 앞면에 티타늄을 200 Å

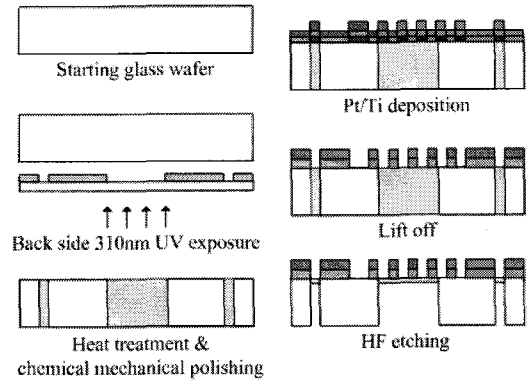


Fig. 2 Fabrication Method of Micro Pt Igniter with Thin Glass Membrane

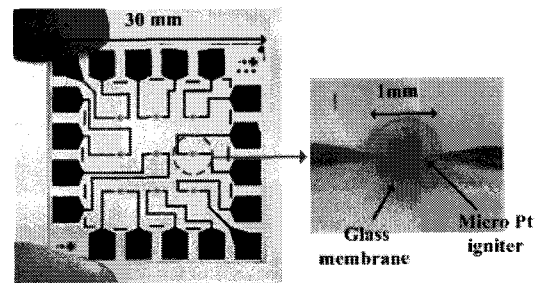


Fig. 3 Fabricated Micro Pt Igniter

증착하고, 백금 2000 Å 증착한다. 이 공정을 마치게 되면 감광성 유리의 앞면은 선택적으로 백금/티타늄 층과 백금/티타늄/감광제 층이 존재하게 된다. 다음으로 감광성 유리를 아세트 용액으로 처리하여 백금/티타늄/감광제 층을 박리하면 점화기가 존재할 영역에만 백금/티타늄 층이 존재하게 한다. 이후 앞면을 불산 희석 용액에 식각되지 않게 보호한 후, 감광성 유리를 불산 희석 용액에 처리하여 원하는 높이만큼 식각하면 최종적으로 유리 박막 마이크로 점화기를 완성하게 된다. Figure 2는 자세한 제작 공정도이며 fig. 3은 제작된 마이크로 점화기이다. 점화기의 패턴의 크기는 40 μm 였으며, 유리 박막의 두께는 15 μm , 지름은 1 mm 였다.

2.2 마이크로 점화기의 실험

제작된 마이크로 점화기의 성능을 평가하기 위하여 fig. 4와 같이 인가되는 전압에 따른 전

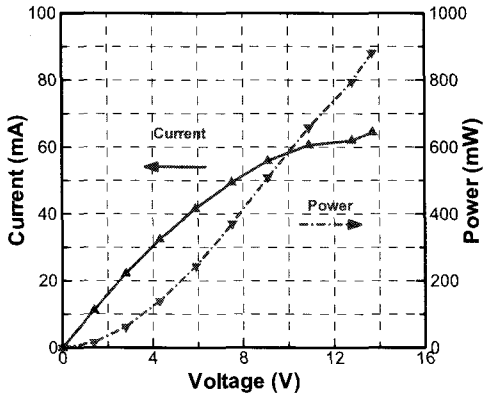


Fig. 4 Current and Power as a Function of Voltage

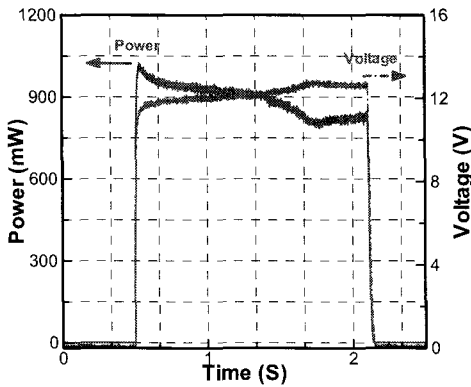


Fig. 5 Ignition Power and Input Voltage as a Function of Time

류를 측정하고, 이를 이용하여 인가 전력을 확인하였다. 평균 12 V의 전압을 마이크로 점화기에 공급하여 HTPB(Hydroxyl Terminated Poly Butadiene)/AP(Ammonium Perchlorate) 고체 추진제 점화 실험을 수행하였다. Figure 5는 점화 실험 시 점화기에 공급된 전압과 전력이다. 점화 지연은 1.6 s로 측정되었으며, 점화 에너지는 1.4 J로 계산되었다. Figure 6은 추진제가 성공적으로 점화되고 있는 사진이다.

3. 마이크로 점화기의 제어 시스템

제작한 배열체 형태의 마이크로 점화기의 점화 순서, 점화 신호 전달, 점화 전력 공급을 제

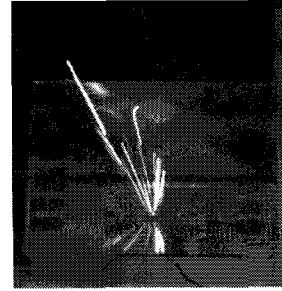


Fig. 6 Ignition Test at 12 V

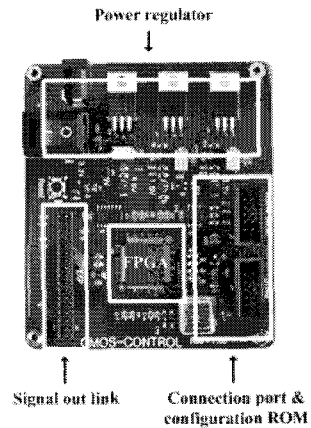


Fig. 7 Components of CMOS-Control Board

어하기 위하여 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 집적 회로를 이용한 전자 회로와 배치 회로의 시제품을 제작하였다. CMOS 집적 회로는 FPGA(Field Programmable Gate Array)를 사용하였으며, 제작된 CMOS 보드는 fig. 7에서 제시되어 있다.

제작된 회로는 VHDL(VHSIC Hardware Description Language)을 통하여 제어되며, 동작 원리는 다음과 같다. 프로그램을 통하여 CMOS 보드의 신호 출력 단자와 연결된 fig. 8과 같은 배치 회로에 신호를 전달한다. 전달된 신호는 특정 점화기의 양극과 음극의 스위치를 작동시키게 되며, 작동된 스위치를 통하여 마이크로 점화기에 점화 전력이 공급되게 된다.

이와 같은 전력 공급 방법을 통하여 간단하면서도 동시에 점화시킬 수 있는 단위 추진기의 수를 제어할 수 있는 배치 회로를 구현할 수 있었다.

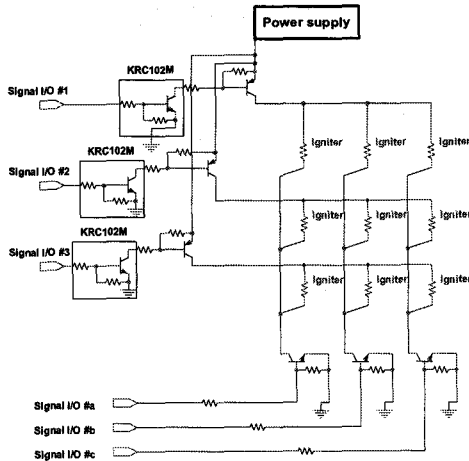


Fig. 8 Igniter Addressing Configuration

4. 결 론

MEMS 공정을 통하여 새로운 개념의 유리 박막 마이크로 점화기를 개발하였다. 1.6 J의 점화 에너지를 공급하여 HTPB /AP 추진제를 성공적으로 점화시켜, 향후 제작될 마이크로 추력기의 핵심 기술 개발에 성공하였다.

후 기

이 연구는 방위 사업청 지정 국방 MEMS 특화 센터의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Mueller, J., Tang, W.C., Wallace, A.P., Li, W.J., Bame, D.P., Chakraborty, I., Lawton, R.A., "Design, analysis, and fabrication of a vaporizing liquid micro-thruster," Proceeding of 33rd AIAA Joint Propulsion Conf., 1997, pp.1-10
2. London, A.P., Ayon, A.A., Epstein, A.H., Spearing, S.M., Harrison, T., Peles, Y., Kerrebrock, "microfabrication of high pressure bipropellant rocket engine," Sensors and actuators A, Vol. 92, 2001, pp.351-357
3. 안성용, 이종광, 량성민, 권세진, "마이크로 추력기 응용을 위한 과산화수소 촉매 분해 반응," 한국추진공학회지, 제9권 제4호, 2006, pp.1-8
4. David H. Lewis, Siegfried W. Janson, Ronald B. Cohen, Erik K. Antonson, "Digital Micro Propulsion," Proceeding of 12th IEEE international micro electro mechanicalsystems conference, 1999, pp.51 7-522
5. Rossi, C., Larangot, B., Lagrange D., Chaalane, A., " Final characterizations of MEMS-based pyrotechnical microthrusters," Sensors and actuators A, Vol. 121, 2005, pp.508-514
6. Zhang, K.L., Chou, S.K., Ang, S.S., Tang, X.S., "A MEMS-based solid propellant micro thruster with Au/Ti igniter," Sensors and actuators A, Vol. 122, 2005, pp.113-123.
7. 이종광, 권세진, "평판형 마이크로 고체 추진제 추력기의 설계, 제작 및 평가" 한국추진공학회지, 제10권 제4호, 2006, pp.77-84