'96 대한전기학회 하계학술대회 논문집 (1996. 7. 22~24)

XeCl EXCIMER-LASER 이용하여 열처리된 절연막의 특성 분석

박 철 민°, 유 준 석, 최 홍 석, 한 민 구
서울 대학교 공과대학 전기공학부

Characteristics Of XeCl Excimer-Laser Annealed Insulator

C. M. Park°, J. S. Yoo, H. S. Choi, M. K. Han
School of Electrical Engineering, Seoul National University

ABSTRACT

The laser annealing effects on the TEOS (Tetra-Ethyl-Ortho-Silicate) oxide of MOS (Al/TEOS/n+ Silicon) structures was investigated with different initial oxide conditions, such as breakdown field. The breakdown field increased up to the 170 mJ/cm^2 with increasing laser energy density and decreased at 220 mJ/cm^2. It is considered that the increase of breakdown field is originated from the restore of strains which exist mainly at the metal/oxide interface.

서 론

레이저를 이용한 재결정화 공정은 박막 트랜지스터의 활성층으로 주로 사용되는 다결정 실리콘 박막의 제작에 현재 널리 쓰이고 있다[1]. 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 전기적인 특성의 개선은 활성층인 다결정 실리콘의 특성 향상 뿐만 아니라, 게이트 절연막의 특성 개선 또한 중요하다는 것은 이미 주지의 사실이다. 그러나, 대부분의 연구는 레이저를 이용한 비정질 실리콘의 재결정화에만 초점을 두고 있으며 레이저 어닐링이 질화막(Si_3N_4)이나 산화막(SiO_2)으로 구성되어 있는 게이트 절연막의 특성에 미치는 영향에 대해서는 거의 보고 되고 있지 못한 형편이다.

저온 공정 다결정 실리콘 박막 트랜지스터의 소오스와 드레인의 전극을 형성하기 위해 주입된 P형이나, N형의 불순물은 엑시머 레이저를 주사하여 활성화 시켜서 도우핑을 하는 방법이 널리 사용되고 있다[2]. 이 경우에 게이트 절연막은 레이저 에너지를 흡수한 게이트 전극으로부터 전달되어 오는 열에너지에 노출되어 특성에 영향을 받게 된다. 본 논문에서는 TEOS (Tetra-Ethyl-Ortho-Silicate) 실리콘 산화막을 이용하여 MOS (Metal/Oxide/Silicon) 구조의 시편을 제작하였다. 준비된 시편에 엑시머 레이저를 주사하여 레이저 에너지 밀도에 따른 게이트 절연막의 절연 파괴 전계현상을 중심으로 특성의 변화를 관찰 하였다.

제작 방법

실험을 위해 MOS (Al/TEOS/n$^+$Si wafer) 구조의 시편을 제작하였다. 두께 1000 Å 의 TEOS 실리콘 산화막을 R.F. 를 이용하는 PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 시스템에서 390℃에서 증착하였다. Sputter 장치를 이용하여서 전극으로 쓰일 알루미늄을 증착하였고 전기적인 특성의 조사를 위해 알루미늄은 지름 300 ㎛의 원형 전극으로 노광 공정과 건식 식각 공정을 이용해 형성되었다. 알루미늄을 증착하기 이전에 TEOS 산화막을 PECVD 시스템을 이용한 SF_6^* 플라즈마에 노출시켜서 초기 산화막의 특성에 변화를 주어서 초기 상태에 따른 레이저 어닐링 효과와 레이저에 의한 산화막의 손상 등을 관찰 할 수 있도록 하였다. TEOS 산화막을 SF_6^* 플라즈마에 노출시키는 시간은 0에서 60초 까지로 변화 시켰고 XeCl excimer laser를 이용한 레이저의 주사 에너지는 0에서 220 *mJ/cm^2* 로 각각의 시편에 따라 변화시켜서 레이저의 영향을 분석하였다.

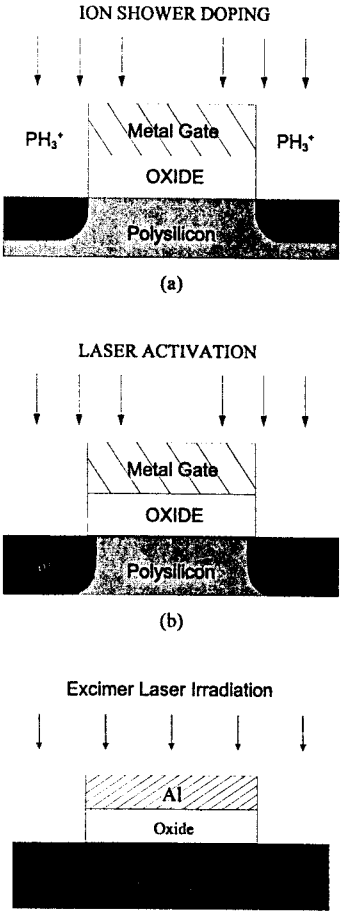

그림 1. 일반적인 레이저를 이용한 불순물 활성화 (laser-induced dopant activation)의 개략도 (a), (b) 본 논문에서 사용된 시편의 구조 (c).

결과 및 토의

그림 1에서 레이저를 이용한 주입된 불순물의 활성화 공정(Laser-Induced Dopant Activation) 과 본 연구에서 제작된 시편의 개략도를 보여주고 있다. 불순물의 활성화 공정에서는 200 mJ/cm^2 근방의 레이저의 에너지를 사용한다. 그림 1(b)에서 보이듯이 게이트 절연막은 불순물의 활성화 공정 때 게이트 전극에서 흡수된 레이저 에너지가 열에너지 형태로 변화되어서 게이트로 부터 전파되어 오게 되고 전달된 열에 의해서 절연파괴 전계나 절연막과 채널 실리콘 사이의 계면 특성이 변화되게 된다.

주사된 레이저의 에너지가 0, 105, 150, 170 and 220 mJ/cm^{2}인 각각의 시편에 대해서 절연파괴 전계를 조사해 보았다. 그림 2에서는 절연막의 파괴 특성은 SF_6^* 플라즈마에 60초동안 노출되어서 손상을 가장 많이 받은 실리콘 산화막의 레이저 에너지 밀도에 따른 특성의 변화를 보여주고 있다. 그림 2에서 soft breakdown 과 abrupt breakdown 으로 정의된 각각의 현상을 그림 3에 레이저 주사 에너지에 따라서 나타내었다.

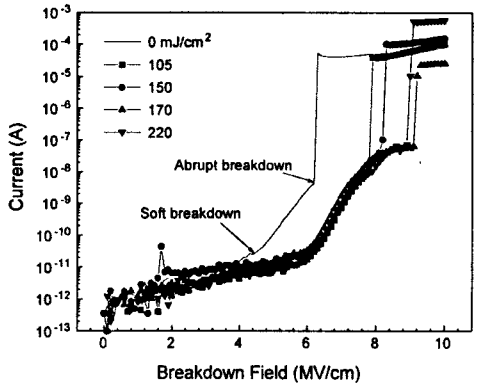

그림 2. 에너지 밀도가 다른 어닐링 레이저 주사시 의 전류 대 절연 파괴 전계.
TEOS 산화막은 SF_6^* 플라즈마에 60초간 노출됨

그림 3에서 보아서 알 수 있듯이 레이저에 의해 전혀 어닐링이 되지 않은 시편의 절연 파괴 전계는 SF_6^* 플라즈마가 국부적으로 균일 하지 않기 때문에 평균 값에서 큰 표준 편차를 보이고 있다. 절연막을 통과하는 전류가 급격하게 증가하는 abrupt 절연 파괴 전계는 어닐링 레이저 에너지 밀도가 증가 할수록 따라서 증가 하다가 레이저의 에너지가 170 mJ/cm^{2}를 넘어가면서 줄어들기 시작한다. Soft 절연 파괴 전계 역시 위의 결과와 대동소이한 경향을 보이고 있다. 절연파괴 전계가 증가하는 현상은 레이저 에너지에 의해서 절연막 내부에 존재하는 결함의 어닐링(abrupt breakdown) 이나 금속 전극과 절연막 사이 계면에서의 손상의 어닐링(soft brealdown)에 기인 한다고 할 수 있다.

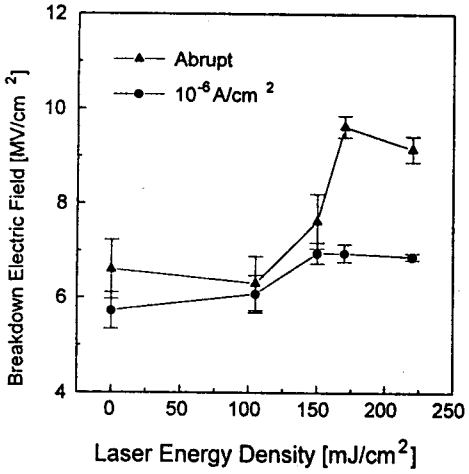

그림 3. 레이저 에너지 밀도에 따른 TEOS 절연막의 절연 파괴 특성 변화.
SF_6^* 플라즈마 노출 시간은 60초

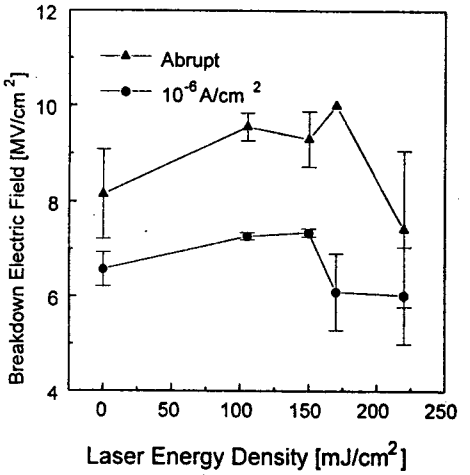

그림 4. 레이저 에너지 밀도에 따른 TEOS 절연막의 절연 파괴 특성 변화.
SF_6^* 플라즈마 노출 시간은 30초

그림 4 는 SF_6^* 플라즈마에 30동안 노출된 절연막 경우의 절연 파괴 특성이다. 그림 3 에서와 마찬가지로 레이저의 에너지가 170 mJ/cm² 부근에서 가장 좋은 파괴 특성을 보이고 있다. 그림 5 는 SF_6^* 플라즈마에 전혀 노출 되지 않은 절연막의 파괴 특성이다. 이 경우에는, 레이저 에너지의 밀도에 따라서는 절연 파괴 특성의 경향은 거의 일정함을 알 수 있다. 그리고 SF_6^* 플라즈마에 의해 손상 받은 절연막에 비해서는 절연 파괴 전계의 절대치들이 높은 것을 알 수 있다. 따라서 SF_6^* 플라즈마에 노출되지 않은 절연막은 전극과 절연막 사이에 주목할 만한 결함이 없는 것을로 분석할 수 있다.

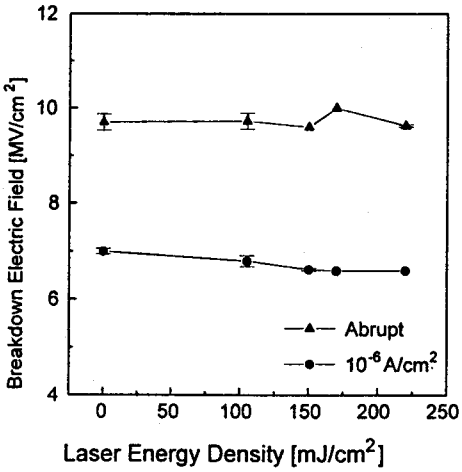

그림 5 레이저 에너지 밀도에 따른 TEOS 절연막의 절연 파괴 특성 변화.
SF_6^* 플라즈마 노출 시간은 0초

결 론

MOS 구조의 시편을 제작하여 게이트 절연막의 레이저 어닐링 효과를 분석하였다. 절연막과 전극 사이의 결함을 레이저에 의하여 치유할 수 있음을 발견하였다.

참고 문헌

1. K. Shimizu, O. Sugiura, and M. Matsumura, Jpn. J. Appl. Phys. 29, L1775 (1990).
2. A. Slaoui, F. Foulon, and P. Siffert, J. Appl. Phys. 67, 6197 (1990).
3. Brodie, and P. Richard, Proceedings of the IEEE 82, 1006 (1994).