

무전해 도금에 의한 세라믹 상의 전도체 형성

Fabrication of conductor on ceramic by electroless plating

한국기계연구원 박정호 이제훈 한유희

I 서론

우수한 절연성(Resistivity: $10^{11} - 10^{14} \Omega m$)과 높은 열전도도($9 - 17 W/mK$) 및 낮은 열팽창 계수($4.4 - 4.5 \times 10^{-6} / ^\circ C$)로 인해 AlN 세라믹은 후막 및 박막기술에 응용 될 수 있는 기판재료로 높은 잠재력을 가지고 있다. 특히 전자 및 전기 분야에 응용하기 위해서는 AlN 기판 상에 전도성을 가지는 패턴(pattern)을 형성하여야 한다. 이러한 패턴을 형성하기 위해 현재 개발되고 있는 기술로는 screen printing⁽¹⁾, lithography, laser direct writing⁽²⁾과 같은 방법이 있다. Screen printing의 경우 구현할 수 있는 최소 선폭이 $100 \mu m$ 정도이고, 기판 전면을 레이저 조사에 의해 기판 전면에서 Al 층을 생성시킨 후 이를 산화시켜 알루미늄 층을 형성 한 후 알루미늄 기판 제작용 잉크를 이용하여 패턴을 제작하는 방법이 현재 개발되고 있다. 레이저 직접표화법에 의한 패턴 제작 기술은 레이저 조사에 의해 기판상에 seed layer를 생성한 후 이를 무전해 혹은 전해 도금을 통해 패턴을 형성하는 기술로 현재 활발한 연구가 진행되고 있다. 특히 직접표화법에 의한 seed layer의 형성은 AlN 기판의 표면이 레이저 조사에 의해 약 2700K 이상의 온도로 상승하면 세라믹 표면의 AlN이 Al과 N₂로 분리되어 Al seed layer를 형성하는 방법과 Pd 혹은 Cu acetate⁽³⁾와 같은 유기-금속물질(Organo-metallic compound)을 기판상에 도포한 후 레이저 조사된 영역의 유기-금속 물질을 분해하여 Pd 혹은 Cu seed layer층을 형성하는 방법이 있다.

본 연구에서는 레이저 광원으로 Nd:YAG 레이저를 사용하여 AlN층에 직접 조사하여 thermal decomposition을 유도하여 Al seed layer를 형성한 후 이를 무전해 Ni 도금하여 전도성 패턴을 형성하였다.

II 실험 장치의 구성

실험에 사용되는 광원으로는 파장이 $1.06 \mu m$ 인 Q-Switched Nd:YAG 레이저를 사용하였다. 본 연구에 사용된 레이저는 출력 빔이 편광이 이루어지지 않고 램프에 인가되는 전류를 변화시켜 빔의 출력을 제어하는 특성을 가지고 있다. 이러한 빔의 출력 제어는 미세한 출력 제어가 어려워 본 연구에서는 선형 편광기와 $\lambda/2$ plate를 사용한 광학계를 구성하였다. 광학계 구성은 Fig. 1과 같다. 우선 Fig.1 에서와 같이 레이저빔을 편광기(Linear Polarizer)에 입사시켜 수직 편광된 빔을 만들었다. 수직 편광된 빔이 이방성의 굴절률을 가지는 결정으로 이루어진 λ

$\lambda/2$ plate의 fast 혹은 slow axes와 이루는 각에 의해 빔의 편광(Polarization) 방향이 회전하게 된다. $\lambda/2$ plate를 통과한 빔이 수직 편광기에 입사하게 되면 회전된 편광의 수직 성분만 투과하게 된다. 즉, $\lambda/2$ plate를 회전시키므로써 통과한 빔의 편광 방향의 회전각을 변화시켜 최종단의 수직 편광기를 통과하는 수직 편광 성분의 크기를 조절하여 레이저 출력을 제어하였다.

빔을 AlN 표면에 집속하여 미세 패턴을 형성하기 위하여 초점거리가 40mm인 집속 렌즈를 사용하였다. 샘플에 전도성 패턴을 제작하기 위해 컴퓨터에 의해 제어되는 x-y 테이블 구동 방식을 채택하였다.

III 실험 방법

본 연구에서는 집속되는 빔의 spot size는 Q-Switching frequency를 1 kHz로 고정하고 샘플(sample)의 이송 속도를 60mm/s의 속도로 이송시키면서 레이저를 기판에 조사하여 형성된 seed layer층의 크기를 측정하여 사용하였고 레이저 펄스폭은 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. AlN 세라믹이 레이저 조사에 의해 Al층이 형성되는 임계 에너지 밀도와 입사 빔의 에너지 변화에 따른 Al Seed 층의 표면 및 선폭 변화를 관찰하였다. 또한 펄스의 중첩도를 변화시키면서 Seed 선폭 및 표면변화를 관찰하였다. 형성된 seed layer에 전도성 패턴을 형성하기 위해 무전해 니켈 도금을 하였다. 무전해 니켈 도금 용액은 Dipsol사의 제품을 사용하였다. 무전해 도금 공정은 우선 수세공정으로 초음파 세척과 알칼리 용액 수세를 하였다. 다음으로 Al의 산화층을 제거하기 위한 NaOH와 ZnO 및 potassium sodium ttrate의 혼합물을 사용하여 아연치환을 하였다. 무전해 도금은 약 86°C에서 30분간 수행하여 한 후 seed layer와의 선폭 변화를 SEM을 통해 관찰하였다.

IV 실험 결과

레이저빔의 펄스폭 측정 결과 약 80ns을 가짐을 알 수 있었고 집속된 빔의 spot size의 직경은 약 20 μ m였다. 선형 편광기와 $\lambda/2$ Plate로 구성된 광학계에 의해 샘플 표면에 입사되는 침투 출력 밀도는 약 0.1MW/cm²에서 0.8MW/cm²까지 변화됨을 알 수 있었다. Fig.2 (a)와 같이 샘플의 이송 속도와 Q-switching 펄스를 각각 10mm/s와 1kHz로 고정하고 AlN이 레이저 조사에 의해 Al seed layer가 연속적으로 형성되는 임계값을 조사한 결과 약 0.14 MW/cm²이하에서는 연속된 seed layer가 형성되지 않음을 알 수 있었다. 이러한 임계값에서 10 - 20 μ m의 선폭을 가지는 seed layer가 형성되었으나, 균일한 선폭의 seed layer를 얻지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 최소 선폭 및 균일한 선폭이 생성되는 조건을 구하기 위해 출력밀도를 임계값인 0.14 MW/cm²로 고정시킨 후 펄스의 중첩도를 즉, Q-switched pulse frequency를 변화시켜 실험한 결

과 중첩도가 약54%까지는 임계값 측정 조건보다는 균일한 선평의 seed layer를 얻을 수 있었으나 Fig.2(b)와 같이 레이저 spot의 중첩에 의한 물결무늬가 표면에 형성되었다. Fig. 2(c)와 같이 중첩도가 약 75%까지 증가하면-2 kHz의 pulse frequency- 표면에 형성된 물결 무늬가 없어지고 약 24 μ m의 최소 선평을 가지는 균일한 seed layer를 얻을 수 있었다. 또한 임계값 이상에서의 선평은 출력 밀도가 증가함에 따라 선평이 선형적으로 증가하여 Fig.3 과 같이 0.76MW/cm²의 출력 밀도에서 약 31 μ m의 선평이 형성됨을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 샘플의 이송 속도가 10mm/s 일 경우 레이저의 출력 밀도가 0.14MW/cm²이고 중첩도가 75%일 경우 최소 선평 및 균일한 seed layer를 얻을 수 있었다.(Fig.4)

무전해 Ni 도금은 상기 서술한 조건에서 수행하여 Ni 층의 선평 변화를 관찰하였다. Ni 층의 선평은 Al seed layer에 비해 약 1.7배 증가한 40 μ m의 선평을 얻을 수 있었고(Fig.5) 균일한 선평 및 표면을 가진 전도층 얻을 수 있었다.

III 결론

본 연구에는 세라믹인 AlN에 후막과 박막의 중간 영역에 응용 될 수 있는 선평이 약 25 μ m인 seed layer를 레이저 직범표화법에 의해 형성하였고 이를 무전해 Ni 도금을 하여 약 40 μ m의 선평을 가지는 전도층을 형성하였다. 이러한 결과는 형성된 전도층의 전기적 특성에 관한 연구를 통해 강 유전체이고 우수한 열전도 성을 가지는 AlN 세라믹에 고 집적화된 Hybrid Circuit을 형성할 수 있으리라 생각된다.

IV참고 논문

1. S. Golpalakrishnan and Janet K. Lumpp, "Adhesion of screen printed conductors on laser reduced AlN", Mat. Res. Soc Symp. Proc. Vol.390 pp263-268 (1995)
2. M.J. DeSilva and A.J. Pedraza, D.H. Lowndes,"Electroless copper film deposited onto laser- activates aluminum nitride and alumina", J.Mater.Res., Vol 9,No.4, pp 1019 - 1027 (1994)
- 3 C.M. arish, V.Kumar, and A. Prabhakar," A novel laser direct write technique for fabrication of thin film MIC's", IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing, Vol. 6, No.3, August 1993

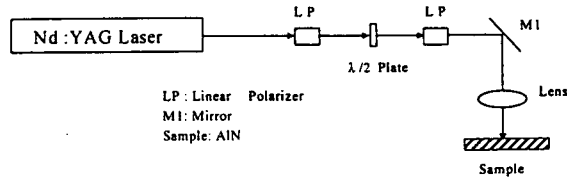


Fig. 1 Diagram of Experiment Set-up

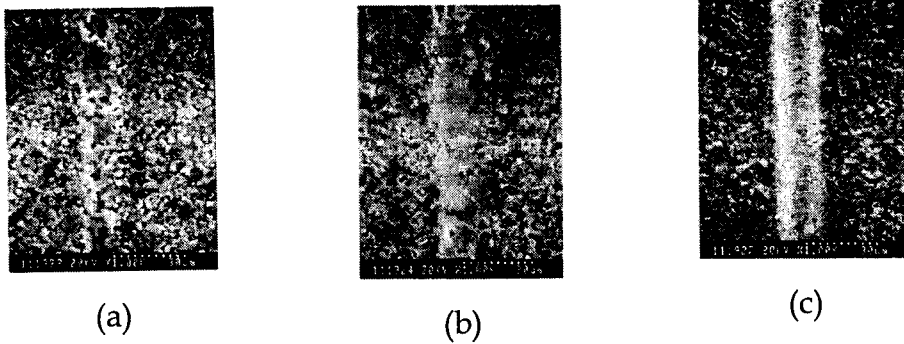


Fig 2 Al line generated on AlN substrate irradiated with (a) threshold peak power density(0.14MW/cm²) and (b) 1.2 kHz pulses and (c) 2 kHz pulse at 0.14MW/cm²

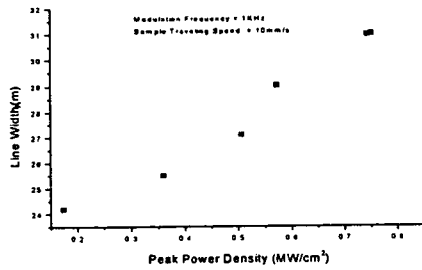


Fig. 3 Line width of an aluminum nitride substrate laser irradiated

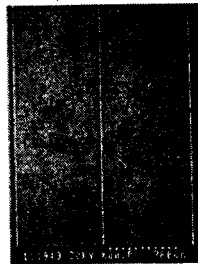


Fig.4 SEM microphotography of Al line

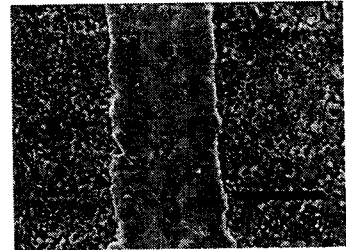


Fig. 5 Ni Pattern after electroless plating