

# 레이저 직접묘화법에 의한 AlN 기판상의 전도성 패턴 제작에 관한 연구

이제훈, 서정, 한유희

## A Study on Fabrication of Conductor Patterns on AlN Ceramic Surface by Laser Direct Writing

J.H. Lee, J. Suh, Y.H. Han

한국기계연구원 레이저기술연구그룹

### ABSTRACT

One of perspective direction of microfabrication is direct laser writing technology that allows to create metal, semiconductive and dielectric micropatterns on substrate surface. In this work, a two step method, the combination of seed forming

process, in which metallic Al seed was selectively generated on AlN ceramic substrate by direct writing technique using a pulsed Nd:YAG laser and subsequent electroless Ni plating on the activated Al seed, was presented. The effects of laser parameters such as pulse energy, scanning speed and pulse frequency on shape of Alseed and conductor line after electroless Ni plating were investigated. The nature of the laser activated surface is analyzed from XPS data. The line width of this metallic Al and Ni is analyzed using SEM. As a results, Al seed line with 24 $\mu$ m width and 100 $\mu$ m isolated line space is obtained. Finally, laser direct writing can be applied in the field between thin and thick film technique in electronic industry.

Key Words : Nd : YAG laser, AlN, metallization, electroless plating, direct writing, patterning

### 1. 서론

첨단산업의 발전과 함께 산업전반에 걸쳐 부품의 극소화, 경량화 그리고 집적화 추세가 확대되고 있으며 이에 부응하기 위하여 기존

의 공정을 대체할 수 있는 신 공정기술의 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 다품종 소량생산, 신제품 개발주기의 단축 그리고 특수 전용부품의 주문제작이 가함에 따라 유연성 있게 이에 대처할 수 있는 공정기술 개발의

필요성은 크게 대두되고 있다. 또한, 환경 문제가 심각해짐에 따라 환경 저해공정을 환경 친화적인 청정공정으로의 대체가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이러한 현실적인 요구를 충족시키기 위하여 전기, 전자 그리고 정밀산업 분야에 레이저 가공기술을 적용하기 위한 공정 및 실용화 연구가 활발히 진행되고 있다. 이중 대표적인 기술이 미세 패터닝 기술이다<sup>1)~6)</sup>.

미세 패턴 제작 기술은 광전자, 복합회로 (hybrid circuit) 제작기술, 기계부품의 미세가공, 인쇄, 기계 전자분야의 부품 제조, 전도성 회로제작 등에 활용되고 있는 기술로 공정의 종류에 따라 크게 subtractive, additive 그리고 semi-additive process로 구분되어진다.

Subtractive 공정은 기판 표면에 전도층을 형성한 후 불필요한 부분을 제거하여 패턴을 제작하는 공정이며, additive 공정은 반드시 필요한 부위에만 전도층을 제작하는 공정으로써 subtractive 공정에 비하여 공정의 높은 유연성, 환경친화적, 넓은 면적가공, 공정단계 및 재료의 절감 등 많은 장점이 있는 것으로 알려져 있으며, 대량생산에 적합하지 못하고 다 품종소량생산 체제 및 시작품제작에 유용하게 적용할 수 있는 공정이라고 할 수 있다. Semi-additive 공정에서는 기판 전체에 나노미터 두께의 금속층을 도포하고 전도층 위에 리소그래피 공정과 도금공정으로 패턴을 형성한 후, 불필요한 나노미터 두께의 금속층을 에칭 공정으로 제거하게 된다.

현재, 소자 기술에 적합한 패키징 물질로는 알루미늄이 가장 많이 사용되고 있다. 최근 부품의 극소화, 고집적화 기술이 발전하면서 소자에 부과되는 에너지 밀도가 증가하게 되어 방열 문제가 새로운 문제점으로 대두되고 있다. AlN(Aluminum Nitride)은 높은 열전도도와 비저항계수 그리고 실리콘과 유사한 열팽창계수를 갖고 있으며, 알루미늄을 대체할 수

있는 재료로 점차 적용 영역이 확대되어 가고 있다.

세라믹 기판에 금속층을 형성하는 대표적인 방법은 스크린 프린팅과 리소그래피 (lithography) 방법이 있다. 스크린 프린팅 방법은 100 $\mu$ m이하의 선폭을 제작하는 데는 현재 기술적인 어려움이 있고, 리소그래피법은 서브마이크로미터 이하의 선폭을 가지는 패턴을 제작할 수 있으나, 패턴 형상 제작에 마스크가 사용되어 공정의 유연성이 떨어지고 고가의 장비로 인해 소량생산체제에는 경제성이 낮은 것으로 알려져 있다<sup>7)</sup>.

이러한 기술의 틈새 적용영역으로 수 $\mu$ m - 100 $\mu$ m이하의 선폭을 가지는 패턴을 제작할 수 있는 기술은 현재 그 가능성을 확인하고 있는 수준으로 대표적인 예가 레이저 직접묘화법을 이용한 금속층 형성 방법이다. 이 기술은 크게 첨가물(Additive Material)을 사용하는 법과 사용하지 않은 방법이 있다<sup>8)~10)</sup>. 전자의 방법은 Pd, Cu Acetate와 같은 유기금속물질을 기판에 도포한 후 가시광선 혹은 자외선영역의 파장을 가지는 레이저 빔을 조사하여 유기금속을 광분해 시켜 선택적으로 패턴을 형성한 후, 무전해 도금을 통해 금속층을 형성한다. 후자는 레이저 빔을 직접 기판 표면에 조사하여 조사된 영역의 화학적 성분을 변화시켜 시드(Seed) 금속층을 형성한 후, 무전해 도금 공정을 통하여 금속성 패턴을 형성하는 방법으로 기판으로는 AlN, SiC와 같은 세라믹 재료들이 사용된다<sup>8)~9)</sup>. 이러한 기술은 2단계 공정에 의해 금속층을 형성시키는 기술로 고가의 유기금속을 사용하지 않아 공해 유발 요인이 적고, 공정의 유연성이 높아 현재 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 현재까지 알려진 연구결과들은 대부분 시드의 형성에 관한 결과들로서 레이저 공정변수가 시드형성과 무전해 도금 공정에 미치는 영향에 관한 연구결과는 알려지지

않고 있다. 따라서 본 공정에 의한 전도성 패턴 제작을 체계적으로 연구하고, 실용화의 가능 여부를 제시하는 것은 매우 바람직한 일이라 판단된다.

본 논문에서는 additive 공정에 속하는 레이저 직접묘화방법(direct writing method)을 적용하여 박막기술과 후막기술의 중간적용영역을 보완할 수 있는 미세 패턴 제작공정의 주요 변수들이 패턴 형성에 미치는 영향과 패턴 제작의 한계성을 제시하고 실용화의 가능성을 검토하고자 한다.

## 2. 공정의 개요 및 실험 방법

### 2.1 공정의 개요

패턴 제작 공정은 레이저를 조사하여 시드를 형성하는 시드 제작 단계와 시드상에 무전해 도금을 하여 시드의 두께를 보강하고 전도성을 확보하기 위한 금속화 단계로 구분되어진다. Fig. 1에서는 패턴 제작 공정 과정을 도식적으로 보여주고 있다.

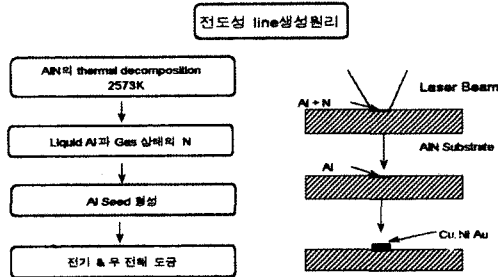


Fig. 1 : Schematic diagram of the patterning process by laser direct writing

레이저 빔이 AlN 기판 표면에 조사되면 표면 온도가 급상승하여 2573K에서 열 분해(Thermal Decomposition)로 인해 AlN은 Al과 N으로 분해되어 진다<sup>8)</sup>. 이때 N은 가스 상태의 질소를 형성하여 대기중으로 날아가고, 용융상태의 Al은 급냉하여 금속성 Al 시드를 형성한다. 형성된 Al 시드는 일반적으로 수  $\mu\text{m}$  두께

의 박막형태를 이루기 때문에 전도체로 사용하기에는 전도성이 매우 낮고 불균일하여 무전해 도금 기술을 이용하여 후막의 금속층을 형성하게 된다.

### 2.2 실험 장치 및 방법

실험에 사용된 레이저는 1064nm의 파장을 갖는 Q-switched Nd:YAG 레이저이며, TEM00의 출력분포와 약 80ns의 펄스폭을 가지고 있다. 레이저 빔은 다수의 반사경과 광학계를 통하여 x-y 테이블에 고정되어 있는 시편 표면에 조사된다. Fig. 2에서는 실험장치의 사진을 보여주고 있다.

기초 실험 결과, 최적의 가공조건을 구하기 위해서는 레이저 출력의 정밀 제어가 필요하게 됨에 따라, Fig. 3과 같이 선형편광기와  $\lambda/2$  plate로 구성되어 있는 광학계를 레이저 공진기 외부에 구성하였다. 레이저 펄스에너지가 0.08mJ 이고 반복율이 1kHz 일 때, 구성된 광학계를 이용하여 가공부위에서의 펄스에너지를 10  $\mu\text{J}$ 에서 최대 55  $\mu\text{J}$ 까지 미세 조절 할 수가 있다. 집속렌즈로는 초점거리가 50mm인 대물렌즈(5x)를 사용하였으며 knife edge 방법으로 측정된 초점의 지름은 약 15  $\mu\text{m}$ 를 나타내었다. 반면, 시편에 펄스(35  $\mu\text{J}$ )를 조사하여 측정된 결과는 지름이 약 20  $\mu\text{m}$ 의 표면 용융 흔적을 나타내고 있다. 여기서 레이저 침투 출력 밀도의 조절 범위는 0.14-0.76MW/cm<sup>2</sup>을 나타내고 있다.



Fig. 2 : Photograph of the experimental setup

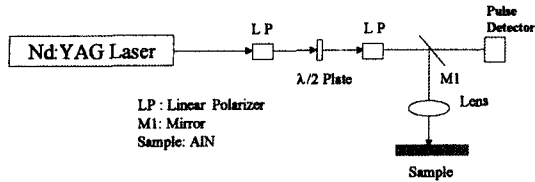


Fig. 3 : Schematic diagram of the experimental optic system

레이저 조사 전후의 AlN 기판의 화학적 성분 변화를 XPS(X-ray Photoemission Spectrometer)와 XPS Peak Spectrum으로 관찰하여 레이저 조사된 영역의 성분변화를 분석하였다. 또한 주요 공정 변수인 침투출력 밀도와 중첩도등이 금속성 Al 시드의 선풍 및 표면 상태에 미치는 영향을 SEM(Scanning electron microscopy)을 통해 관찰하였다.

AlN 시편은 Ceramtec사 제품을 사용하였으며 표면거칠기는 0.6 μm(Ra)을 나타내고 있다. 시편은 아세톤 용액 속에서 초음파 세척하여 표면의 이물질들을 완전히 제거하였다. 보호가스로는 H<sub>2</sub>를 레이저 조사부위에 불어주어 AlN에서 분리된 N<sub>2</sub>를 효과적으로 제거할 수 있도록 하였다. 형성된 시드 패턴은 Dipsol사의 Ni-무전해 도금용액을 사용하여 금속화를 하였다.

### 3. 시드(Seed)층 형성

#### 3.1 레이저 조사된 AlN 기판의 특성

레이저 빔이 AlN 시편 표면에 조사되면 레이저 조사부위는 용융되어 화학적 성분이 변화하게 된다. 레이저 조사 전후의 시편 표면 상태를 Fig. 4에서 보여주고 있다. 레이저 조사된 표면이 용융되어 입자 형태가 사라지고 얇은 막을 형성한 것처럼 변화되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 용융된 표면의 성분 변화를 분석하기 위하여 시편 표면으로부터 깊이 변화에 따른 성분변화를 XPS를 통하여 관찰하였다.

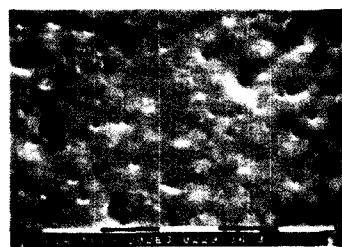


Fig. 4 : SEM photographs of AlN substrate as received(a) and laser irradiated(b)

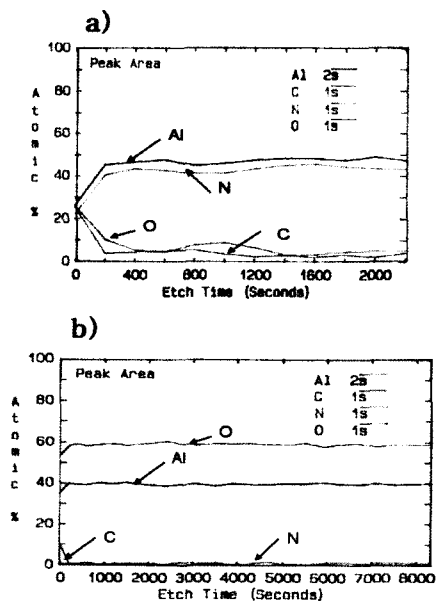


Fig. 5 : XPS depth profile of AlN substrate as received(a) and irradiated(b)

Fig. 5는 레이저 조사 전후의 표면으로부터 깊이 방향의 AlN 성분을 나타내는 XPS 측정 결과이다. 여기서 Etch time 1000sec는 1nm를 나타내고 있다. Fig. 5(a)에서와 같이 레이저

조사전의 AlN 세라믹은 Al과 N이 각각 48%와 42%의 조성비를 가지며, 산소 및 탄소가 미량 함유되어 있음을 알 수 있다. Fig. 5(b)에서 보여주는 바와 같이, 레이저 조사 후의 AlN 기판의 화학성분을 보면 레이저 조사 전에 비해 질소 성분이 상대적으로 감소되었고 산소의 양이 증가되었음을 알 수 있다. 질소 성분의 감소는 레이저 조사에 의한 AlN 기판의 열분해로 인해 Al과 N의 결합이 분해되어 N이 대기중으로 방출된 것으로 사료된다.

레이저 조사 후 형성된 Al의 화학적 결합 상태는 조사전과 후에 존재하는 Al의 결합 에너지를 비교함으로써 확인 할 수 있다. XPS Peak Spectrum 분석 결과, 레이저 조사 후 형성된 Al의 결합에너지는 74.1eV 임을 알 수 있었다.

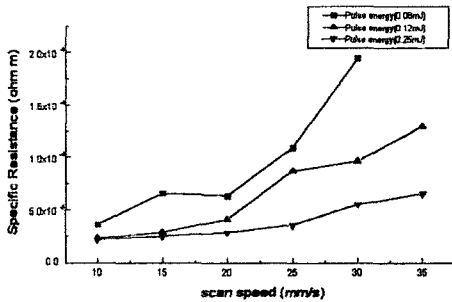


Fig. 6 : The specific resistance of metallic Al seed line

이는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 상태에서의 Al의 결합에너지와 일치하는 것으로 레이저 조사 후 열분해에 의해 형성된 Al이 대기중의 산소와 결합하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>층이 표면에 형성된 것으로 판단된다. 이는 Fig. 5 b)의 Al과 O의 조성비에서도 확인 할 수 있다. 이렇게 형성된 산화층은 Al 시드의 전기적 비저항값을 높이는 결과를 초래하는 것으로 판단된다. Fig. 6은 펄스 에너지와 가공속도에 따른 시드의 비저항 값을 보여주고 있다.

시드의 비저항 값은 bulk 상태의 Al에 비하

여 약 100배 이상의 높은 비저항 값을 보여주고 있다. 하지만 무전해 도금 실험 결과 무전해 도금을 하기에는 충분한 전도성을 갖고 있는 것으로 판단되었다.

### 3.2 공정변수의 영향

레이저 직접묘화 공정의 주요 변수인 시편 이송 속도 및 펄스 에너지가 Al 시드의 형성에 미치는 영향을 분석하였다. 여기서 펄스 에너지를 0.08mJ, 0.12mJ, 0.25mJ의 세 단계로 고정하고 이송속도를 변화시키면서 형성된 Al 시드층의 표면 상태, 선폭 및 선폭의 균일성을 관찰하였다.

Fig. 7에서는 이러한 실험 결과들을 보여 주고 있으며 형성된 시드층의 상태에 따라 크게 3가지의 영역으로 구분되어 진다. 시편의 이송 속도가 매우 낮은 영역 I에서는 단위 길이당 입사 되는 에너지가 과다하여 용융물이 용발된 현상을 보여주고 있으며, 영역 III에서는 영역 I의 반대 현상으로 시드층이 선폭이 감소하면서 시드가 연속적으로 형성되지 못하고 있다. 시드층이 용발이나 단락되지 않은 영역 II에서는 선폭의 크기가 펄스에너지에 반비례하고 또한 이송속도가 증가함에 따라 선폭은 감소되나 선폭의 균일성이 저하됨을 알 수 있었다.

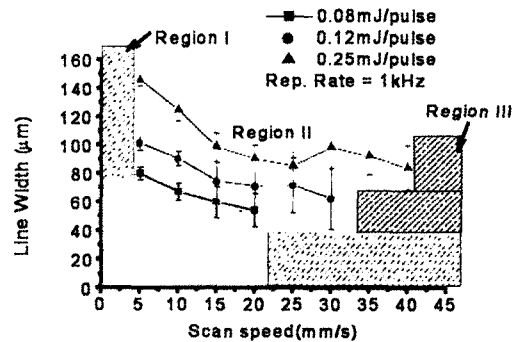


Fig. 7 : Width of Al seed versus the scan speed at different pulse energy

일정한 펄스 에너지에서 선폭과 표면의 균

일성은 이송속도에 따른 레이저 초점의 중첩도와 밀접한 관계가 있으며 이러한 현상은 Fig. 8에서 보여주는 바와 같이 SEM 사진을 통하여 관찰할 수 있었다. Fig. 8에서는 펄스 에너지가 0.25mJ일 때 이송속도에 따른 시드층의 SEM 사진을 보여 주고 있다. 상대적으로 과도한 단위 면적당 에너지가 입사된 1mm/s의 이송속도에서는 레이저 조사된 영역이 Ablation되었고, 단위 면적당 입사 에너지가 감소되면서-이송속도 10mm/s-균일한 선폭의 Al층이 형성되었다. 또한 상대적으로 낮은 입사 에너지 영역인 25mm/s 이하의 속도에서는 불 균일한 층이 형성되었다.

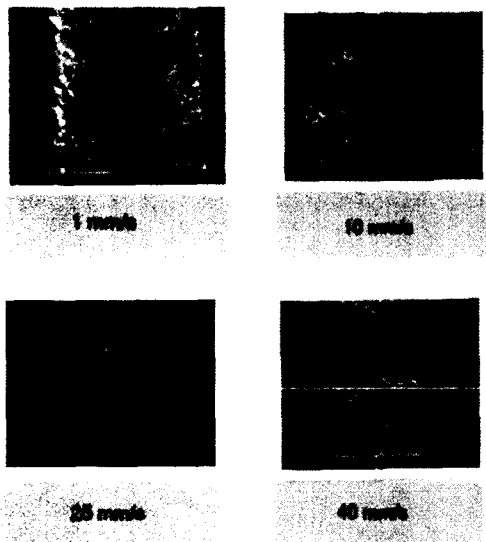


Fig. 8 : Effect of scan speed on Al seed formation

시드의 선폭을 최소화하기 위해서는 펄스 에너지를 가능한 최소화하고 중첩도를 적절하게 조절하여야 균일한 최소 선폭을 얻을 수 있을 것으로 판단되어 Fig. 3의 광학계를 이용하여 펄스 에너지를 정밀하게 조절하면서 선폭을 최소화하기 위한 실험을 수행하였다.

### 3.3 시드층의 선폭 최소화

Al 층이 연속적으로 형성되는 임계값을 조

사하기 위하여 이송 속도를 10mm/s로 고정하고 Q-Switching 주파수는 본 연구에 사용된 레이저의 안정된 최소 발진 영역인 1kHz로 고정하였다. Fig. 9a에서 보여 주는 바와 같이 첨두 출력밀도를 감소시키면서 조사한 결과 약 0.14 MW/cm<sup>2</sup>(10 μJ)이하에서는 불연속적인 Al 층이 형성됨을 알 수 있었다.

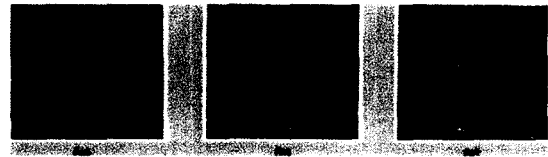


Fig. 9 : Effect of pulse frequency on Al seed formation

선폭의 균일성은 레이저 펄스의 중첩도를 증가시켜서 향상시킬 수 있으므로 중첩도를 약 54%(1.2kHz)로 증가시킨 결과, Fig. 9b에서와 같이 임계값에서 보다 균일한 선폭의 Al 층을 얻을 수 있었으나 펄스 중첩에 의한 물결무늬가 표면에 형성되었다. Fig. 9c와 같이 중첩도를 약 75%까지 증가시키면-펄스 반복률 2 kHz-표면에 형성된 물결 무늬가 없어지고 약 24μm의 최소 선폭을 가지는 균일한 Al 층을 얻을 수 있었다.

임계값 이상에서의 첨두 출력 밀도에 의해 형성된 Al 층의 선폭 변화는 Fig. 10에서 보여주는 바와 같이 출력밀도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하고 있음을 알 수 있으며 본 연구에 사용된 시스템의 최대 출력밀도인 0.76MW/cm<sup>2</sup>(55 μJ)에서 약 31μm의 선폭이 형성되었다.

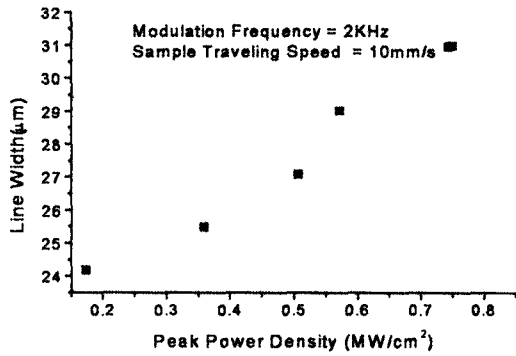


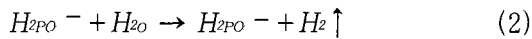
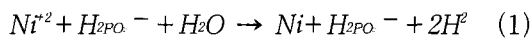
Fig. 10 : Width of Al seed versus power density

#### 4. 무전해 도금법에 의한 시드층의 금속화

##### 4.1 무전해 니켈 도금

무전해 니켈 도금에 의해 생성된 도금층은 전기적 특성 뿐만 아니라 기계적인 특성, 납땀성이 우수하여 이에 대한 연구 및 응용 기술이 개발되고 있다. 무전해 니켈 도금은 환원제로써 차아린산소다(NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>)를 사용하는 것과 수소화 붕소(BnHn+4 의 조성을 가졌으며, 보란이라고 불린다)를 사용하는 것이 널리 사용되고 있다.

차아린산소다를 환원제로 사용하는 경우는 그 석출반응은 복잡하지만 결과적으로 보면



의 두가지 반응이 되는데 (1)에 의해 환원된 니켈이 자기 촉매적 역할을 하여 연속적으로 니켈이 석출된다. 석출물 중에 인(P)가 포함되며, Ni-P의 합금이 생성된다. 수소화붕소를 환원제로 사용하는 도금은 아민보라민을 사용하는 저온욕조와 수소화붕소 나트륨을 사용하는 고온욕조가 있다. 어느 경우이나 석출물은 Ni-B의 합금이 된다.

본 연구에서 무전해 니켈 도금액은 Dipsol사의 제품을 사용하였고 도금 조건은 표1과 같다. Table 1의 도금 조건에서 Al 시드층에 도금한 결과는 Fig. 10에서 보여주는 바와 같이 불 균일한 Ni층이 형성되었다. 이는 초기 Ni 치환과정에서 Al 시드층이 부분적으로 약산성의 도금액에 용해되어 발생하는 불 균일한 초기 니켈 치환에 기인한 것으로 사료되어진다.

Table 1 : Condition for Ni electroless plating

pH	4.8	4.8
도금 온도	86°C	92°C
도금 속도	168μm/hr	30μm/hr

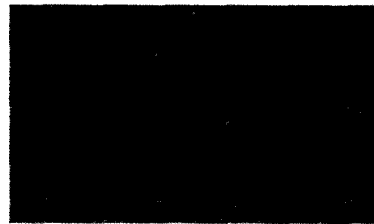


Fig. 11 : Ni pattern on Al seed(Temp.: 86°C, 20 min.)

도금 속도는 도금 용액의 온도에 비례하여 증가하므로 도금 속도를 증가시켜 도금초기에 균일한 니켈 치환이 이루어지도록 86°C 이상의 도금 온도에서 도금을 하였다. 이때도 금액의 pH는 약 4.8로 유지하였고 도금시 도금액의 농도를 일정하게 유지하기 위하여 사용된 도금액은 재 사용하지 않았다. 도금 온도를 증가시키면서 도금층의 균일성을 조사한 결과 92°C 일 때 Fig. 12와 같이 온도가 86°C에 비해 균일한 선폭의 도금층이 형성되었고, 도금 두께는 동일한 도금 시간의 86°C의 온도 조건에 비해 약 2배 증가되어 30μm/hr까지 도금 속도가 증가되었음을 알 수 있었다<sup>10)</sup>. 또한 3M 스카치 테이프에 의한 접착력시험 결과 도금층이 박리되지 않았다.

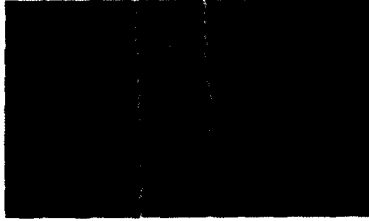


Fig. 12 : Ni pattern on Al seed (Temp.: 92 °C, 20 min.)

#### 4.2 도금층의 선폭 변화

시드 형성 실험에서 제작한 24 - 34 $\mu\text{m}$ 의 Al 시드층을 무전해 니켈 도금을 하여 SEM 사진을 통해 선폭을 측정하였다. 도금 조건은 상기 기술된 약 92°C의 온도에서 20분간 도금하였고 선폭 측정 결과 24 $\mu\text{m}$ 의 최소 선폭의 시드층은 선폭이 3 $\mu\text{m}$  증가된 27 $\mu\text{m}$ 의 도금층이 형성됨을 관찰할 수 있었다.

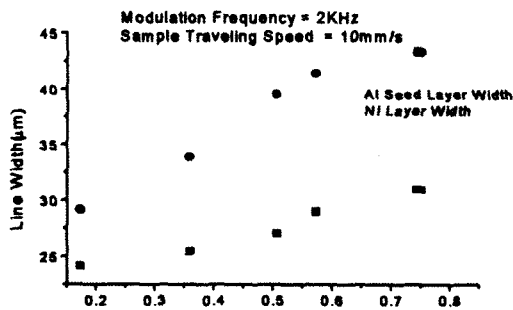


Fig. 13 : Line width of Al seed and Ni conductor line after Ni electroless plating

시드층의 선폭이 증가할수록 도금층의 선폭도 Fig. 13과 같이 선형적으로 증가하여, 침투 출력 밀도가 0.74MW/cm<sup>2</sup> 인 경우 니켈층의 선폭은 약 43 $\mu\text{m}$ 까지 증가하였다. 이는 무전해 도금시에 Ni 금속이 시드의 높이 방향으로만 증착되는 것이 아니라 일부는 측면으로도 도금이 이루어지기 때문인 것으로 사료된다. 무전해 도금후의 전기적 비저항값은 bulk 상태의 Ni 비저항값 보다 1.5에서 2배 정도 높게 나타나

고 있으며 향후 무전해 도금 공정의 최적화 연구를 통하여 더 향상시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다.

미세 회로를 제작하기 전에 선행되어야 할 연구는 인접한 두 전도층 사이의 최소 선간 간격이다. 여기서 선간 간격은 인접한 두 시드 라인 사이의 중심간 거리를 의미한다.

본 실험에서는 제작 가능한 전도선의 최소 선간 간격 형성 조건을 구하기 위하여 선간 간격이 30, 50 그리고 100 $\mu\text{m}$ 인 시드 패턴을 제작하여 무전해 니켈도금을 하였다.

실험 결과, 선간간격이 30 $\mu\text{m}$ 와 50  $\mu\text{m}$ 인 시드 패턴은 무전해 도금 후 시드 라인 사이에 브릿지(bridge)가 형성되었으나 100 $\mu\text{m}$ 의 선간 간격을 가지는 시드 패턴의 경우, Fig. 14와 같이 독립된 Ni 전도선 패턴이 형성되었다. 그러나 도금 층의 폭은 단선의 시드층에 비해 약 1.5 배 증가된 40 $\mu\text{m}$ 이고 두께는 10 $\mu\text{m}$ 를 얻을 수 있었다. 또한, 레이저 펄스의 중첩으로 인하여 나타나는 물결 무늬를 관찰할 수 있다. 선간 간격을 더욱 최소화하고 전도 패턴의 신뢰성을 테스트하기 위한 연구는 계속 수행 중에 있다.



Fig. 14 : Ni conductor pattern with 100 $\mu\text{m}$  line space after electroless Ni plating on Al seed generated by laser direct writing

## 5. 결 론

레이저를 이용한 직접묘화(direct writing)



방법은 선택적으로 재료의 표면에 패턴을 제작할 수 있는 additive 한 공정에 속하며 다품종 소량생산 및 신제품 개발 주기의 단축등 최근 전자산업분야의 시장변화에 적절히 대응해 나아갈 수 있는 공정으로 실용화를 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 Nd:YAG 레이저 빔을 AlN 세라믹 재료 표면에 직접 조사하여 금속성 시드를 형성하고 후속 공정인 무전해 도금 공정을 통하여 시드상에 Ni 전도층을 제작하는 2 단계 공정의 주요 공정변수들이 시드 형성 및 전도층 제작에 미치는 영향을 분석하였다. 주요 연구 결과로는 공정 변수인 레이저 펄스출력, 이송속도, 펄스 반복율이 시드의 형성 및 무전해 도금공정에 미치는 영향을 분석하였고 본 가공 시스템으로 제작 가능한 최소 선폭 및 선간 간격등에 관한 결과를 도출하였다.

실용화의 가능성을 타진하기 위한 패턴 제작 실험을 통하여, 선폭이 40 $\mu\text{m}$ 이고 두께가 약 10 $\mu\text{m}$ 인 Ni 금속층을 선간 간격이 100 $\mu\text{m}$ 로 제작하여 박막과 후막 기술의 중간 적용영역에 효율적으로 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

향후, 선폭 및 선간 간격을 더욱 최소화하고, 공정 감시 및 제어 장치등을 가공 시스템에 적용하여 신뢰성 및 재현성을 향상시킬 계획이다.

### 참 고 문 헌

1. D.J. Ehrlich, J.Y. Tsao, "Laser microfabrication:Thin film processes and lithograph.", Boston, Academic Press, 1989.
2. T.H. Baum, "Laser-induced chemical vapor deposition of high-purity metals", Laser/Optical processing of electronic materials, SPIE Vol. 1190, pp.188, 1989.
3. M. Metzger, H. Reichel, "Laser direct writing of gold to repair defective lines in thin-film metallization", Appl. Surf. Science 69, pp.69, 1993.
4. C.M. Harosh, V. Kumar, A. Parbhakar, "A novel laser direct writing technique for fabrication of thin film MIC's", IEEE Tran. on Semiconductor Manufacturing, Vol. 6, pp.279, 1993.
5. H.G. Mueller, "YAG Laser direct writing of copper formate films", Appl. Phys. Lett. 56(10), pp.904, 1990.
6. BIAS-Bulletin, "Direct laserunterstuetzte mikrostrukturierte Metallisierung", 1, 1992.
7. E.J. Lafferty et. al., "Photo assisted metallization : Line resolution studies", Surface and coating Technology, 100-101, pp.80-84, 1998
8. A.J. Pedraza, J.Y. Zhang, H. Esrom, "Surface modification of AlN and of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by excimer laser", Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 285, pp.209, 1993
9. M.J. Desilva, et. al., "A new technique to generate conductive paths in dielectric material", Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 323, pp.97-102, 1994
10. H. Watanabe, "Fabrication of nickel microbump on aluminum using electroless nickel plating", J. Electrochem. Soc., Vol. 144, No. 2, pp.471-476, 1997