

論文96-33A-11-11

전력 트랜지스터의 특성에 미치는 다이아몬드상 카본 passivation 막의 효과

(Effect of Diamond-Like Carbon Film as Passivation Layer on Characteristics of Power Transistor)

朴廷浩*, 任大淳**, 鄭錫玖*, 長勳*, 辛鐘漢**

(Jungho Park, Daesoon Lim, Sukkoo Jung, Hoon Chang, and Jonghan Shin)

요 약

전력 트랜지스터의 열 방출 효과를 높여 소자의 안정성을 피하기 위하여 다이아몬드상 카본 필름(Diamond-Like Carbon, DLC film)을 보호막 재료로 개발하였다. 보호막에 적합한 필름을 합성하기 위하여 여러 가지 합성조건에 따라 DLC 필름을 합성하고 그 특성을 조사하였다. DLC 필름의 부착력은 전반적으로 우수한 것으로 나타났으며 비저항은 $5.3 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 로 측정되었다. 또한 열전도 특성은 일반적인 보호막 재료인 실리콘 산화막보다 뛰어난 것으로 나타났으며 필름의 합성시 수소의 분율이 커질수록 열전도도가 향상되는 것으로 측정되었다. 필름의 패터닝을 위해 lift-off 와 reactive ion etching(RIE)방법을 이용하여 $5\mu\text{m}$ 선폭의 패터닝을 형성하였다. 최종적으로 전력 트랜지스터를 제작하고 DLC 필름을 보호막으로 사용하여 소자의 장시간 동작 특성을 안정화시키고 절연 파괴 전압도 크게 향상시켰다.

Abstract

Because of the novel characteristics such as chemical stability, hardness, electrical resistivity and thermal conductance, diamond-like carbon(DLC) film is a suitable material for the passivation layers. For this purpose, DLC films are synthesized under various conditions and are characterized. Adhesive strength is excellent and increased with the increase of the hydrogen gas flow rate. The resistivity of approximately $5.3 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ is measured by automatic spreading resistance probe analysis method. The thermal conductivity of DLC film is superior to that of PSG oxide and improved by increasing the hydrogen gas flow rate. The patterning techniques of the DLC film is developed using the lift-off and RIE methods to form $5\mu\text{m}$ line. Finally, power transistor with the DLC film as passivation layer is fabricated and analyzed. The test result shows the improved long-term stability and higher breakdown voltage.

I. 서 론

다이아몬드상 카본 필름(Diamond-Like Carbon:이

하 DLC)은 비정질 구조를 가지며 필름의 합성조건에 따라서 광범위한 물리화학적 특성을 갖는 재료이다. DLC 필름은 일반적으로 다이아몬드와 유사한 정도의 높은 경도와 화학적 안정성을 가지며 합성조건에 따라서 높은 전기저항성, 평활도, 내마모성 등이 뛰어난 특성을 보이는 장점을 가진다.^[1] 또한 상온에서의 합성이 가능하며 실리콘 산화막보다 높은 열전도 특성을 보여주고 있다. 따라서 DLC 필름은 현재 VTR 의 헤

* 正會員, 高麗大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Korea Univ.)

** 正會員, 高麗大學校 材料工學科
(Dept. of Material Sci. & Eng., Korea Univ.)

接受日字: 1996年7月1日, 수정완료일: 1996年10月17日

드드럼, 컴퓨터 하드 디스크의 보호코팅 등의 내마모 보호 코팅이나 광학적 보호 코팅 등의 재료로서 활발한 응용이 이루어지고 있다. 그러나 뛰어난 화학적 안정성으로 인하여 필름의 패터닝에 난점을 가지고 있기 때문에 현재까지는 반도체 분야에는 활발히 응용되지 않고 있는 실정이다.

본 논문에서는 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 기술을 이용하여 상온에서 여러 가지 합성조건에 따라서 DLC 필름을 합성하고 그 특성을 조사하였다. 또한 반도체 분야의 응용을 위하여 필름의 패터닝 방법을 조사하였는데 상온에서의 합성이 가능한 점을 이용한 Lift-off 방법과 O₂를 반응 가스로 사용한 RIE 방법을 이용하여 DLC 필름의 패터닝 기술을 확립할 수 있었다.^[2] 마지막으로 전력 트랜지스터를 제작하고 DLC 필름을 제작한 트랜지스터의 보호막으로 구현하였다. DLC 필름이 가지는 우수한 열전도 특성 때문에 트랜지스터 표면에서 발생하는 열의 방출에 효과적으로 기여할 수 있어 특히 고출력 특성을 갖는 전력 트랜지스터의 성능을 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.^[3] 이에 따라서 전력 트랜지스터를 제작하고 그 특성을 조사한 결과 기대되는 효과를 얻을 수 있었다.

II. 실험 및 결과

1. DLC 필름의 합성

PECVD 방법으로 메탄과 수소를 반응가스로 사용하여 DLC 필름을 합성하였다. PECVD 장치는 원통형 반응 챔버, 전력 공급 시스템, 가스 제어 시스템, 진공 배관 장치 및 시편 가열 장치로 구성되어 있으며 이 장치에 대한 개략도는 그림 1에 나타내었다.

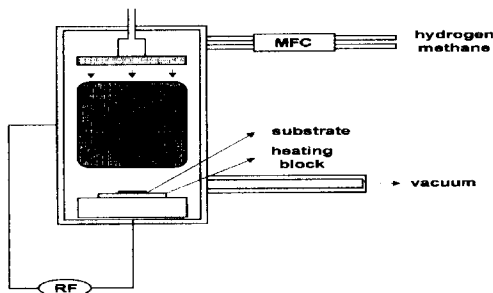


그림 1. PECVD 장치의 개략도
Fig. 1. Diagram of PECVD system.

합성은 상온(25~30℃)에서 CH₄ 와 H₂ 의 가스비를 조정하면서 행하였으며 RF power 는 높은 증착률을 위해 180W 로 고정시켰고 초기 진공은 20×10⁻³ Torr 로 시행하였다. 필름의 증착전에 실리콘 기판상의 자연 산화막의 제거를 위해 수소 플라즈마 에칭을 300초간 시행하였다. 각 시편의 합성조건과 그에 따른 증착률, 필름의 두께는 표 1에 나타내었다.

표 1. DLC 필름의 합성조건과 각 조건의 증착률

Table 1. Deposition condition and deposition rate of DLC film

Sample	Methane flow rate (sccm)	Hydrogen flow rate (sccm)	Deposition time (sec)	Deposition rate (nm/min)	Thickness (μm)
DLC 20	20	20	1800	20	0.60
DLC 40	20	40	2400	17	0.68
DLC 60	20	60	2400	14	0.56
DLC 90	20	90	3600	10	0.60
DLC 120	20	120	3600	9	0.54
DLC 150	20	150	3600	7	0.42

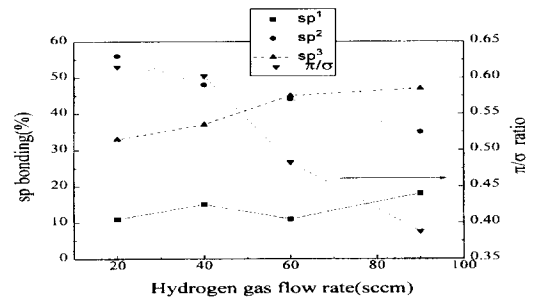


그림 2. FTIR spectroscopy 를 이용한 DLC 필름의 결합 구조 분석

Fig. 2. Analysis of bonding structure of DLC films by FTIR spectroscopy.

합성시 CH₄ 는 20sccm 으로 고정하고 H₂ 를 20~150sccm 의 범위에서 조절하여 6가지 조건의 DLC 필름을 증착하였으며 H₂ 의 비율이 높을수록 증착된 필름의 증착률은 작아짐을 확인할 수 있었다. DLC 필름의 구조는 다이아몬드나 흑연과는 달리 비정질 준안정 구조이며 sp¹, sp², sp³ 결합의 혼합상태로 구성된다. 필름내의 각 결합의 성분비는 동적 RF power, 기판의 온도, 합성 가스의 종류, 사용되는 가스들의 비율 등에 따라 변화하는데 본 실험에서는 합성 가스의 비율을 합성 변수로 하였다.^[4] 각각의 합성조건에 따라

증착된 필름을 FTIR(fourier transform infrared) spectroscopy 를 이용하여 막의 결합 구조 를 분석하였다. 측정결과는 그림 2에 보이고 있는데 수소 가스의 분율이 높아질수록 sp^2 결합비는 낮아지고 sp^3 결합비는 높아지는 것으로 나타났다. sp^2 결합을 π , sp^3 결합을 σ 로 표현할 때 일반적으로 π/σ 가 작아질수록 다이아몬드에 가까운 특성을 보이는 것으로 알려져 있다. 따라서 우수한 절연 특성과 열 전달 특성을 갖기 위해서는 π/σ 가 작아야 하므로 수소 가스의 분율이 높을수록 우수한 성질의 필름을 얻을 수 있다. [5] [6]

실리콘과 알루미늄, 실리콘 산화막 등에 대한 DLC 필름의 부착력을 조사하였다. 이를 측정하기 위하여 각각의 준비된 실리콘 시편과 그 위에 알루미늄을 증착한 시편, 산화막을 성장시킨 시편 상에 DLC 필름을 $0.5\mu m$ 두께로 증착하였다. 다음에 각각의 시편에 scratch test 를 행하였다. Scratch test 는 탐침을 통해 가해지는 load 의 조절로써 얻어지는 acoustic signal 으로부터 부착력 특성을 얻을 수 있는 측정이다. 그 결과를 그림 3에 보이고 있는데 전체적으로 DLC 필름과의 부착력은 우수한 것으로 나타났으며 수소 가스의 분율이 높은 DLC 필름일수록 좋은 것으로 나타났다.

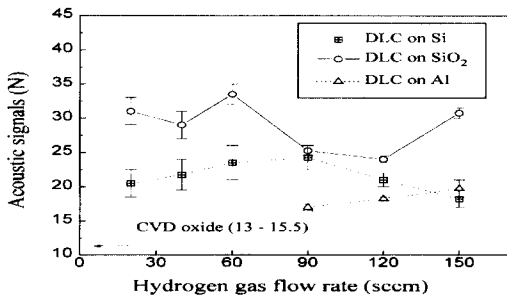


그림 3. DLC 필름의 부착력 특성
Fig. 3. Adhesion characteristics of DLC film.

일반적으로 DLC 필름은 합성조건에 따라서 $10^4 \sim 10^{14} \Omega \cdot cm$ 정도의 비저항을 갖는 것으로 알려져 있다. DLC 필름의 비저항을 측정하기 위해 표 1의 합성조건에 따라 p형 (100) 실리콘 기판 위에 각각의 필름을 $0.5\mu m$ 두께로 증착하여 ASR(automatic spreading resistance) probe analysis 방법으로 비저항을 측정하였다. 측정결과 $5.3 \times 10^8 \Omega \cdot cm$ 정도의 비저항이 측정되었으며 합성조건에 따른 경향성은 나타나지 않았다.

2. DLC 필름의 열전도 특성

DLC 필름은 열 전달 효과가 우수한 재료로서 보호막으로 응용될 경우 소자의 표면에서 발생하는 열의 방출을 기대할 수 있다. DLC 필름의 정확한 열전도 특성을 조사[17] 하기 위하여 각각의 합성 조건에 따른 DLC 필름과 실리콘 산화막과의 상대적인 열전도 특성을 측정하여 이를 비교하였다. 그림 4에 열전도 특성을 조사하기 위해 제작된 시료의 개략도를 보여주고 있다.

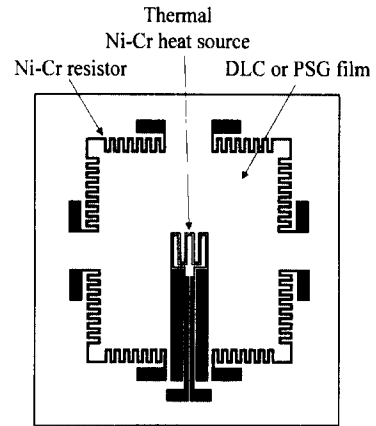


그림 4. 열전도 특성을 조사하기 위한 시료의 개략도
Fig. 4. Schematic structure for measuring thermal conduction characteristics of DLC film.

시료의 기판으로는 열전도율이 낮은 코닝 7059 glass 를 단일 재료로 사용하였으며 기판 상에 DLC 60(CH₄ : H₂, 20 : 60)과 DLC 90(20 : 90), 그리고 DLC 필름과의 비교를 위하여 일반적인 보호막 재료로 많이 쓰이는 PSG oxide 를 CVD 방법을 이용하여 $0.5\mu m$ 두께로 증착하였다. 그 위에 스퍼터를 이용하여 니크롬을 증착하여 열원과 열 저항을 구성한 후 열원으로부터 일정거리에 위치한 니크롬 열 저항의 저항변화를 측정하여 열전도 특성을 조사하였다. 이때 열원에 전압을 인가하는 경우에 시간에 따른 열 저항의 변화율과 열 전도도는 비례하게 된다. 형성된 열 저항의 저항 값은 $2,100 \Omega$ 이었으며 열원에 16 볼트의 전압을 인가하였을 때 열 저항 값은 $2,140 \Omega$ 값으로 40Ω 가량 증가하여 포화되었다. 그림 5는 각 필름의 열전도 특성을 측정한 결과로서 전압 인가 후 시간에 따른 열 저항 변화를 정규화한 그래프이다.

그림 5에서 보는 것처럼 열 인가시 변화하는 최종 저항 값의 90%를 기준으로 하였을 때 DLC 90은 약

210초, DLC 60은 360초, PSG oxide는 570초 경과 후에 포화 상태에 이르는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 상대적인 열전도 특성 비교를 통해 PSG oxide 보다 DLC 필름의 열전도 특성이 우수한 것을 알 수 있었으며 합성시에 수소가스의 분율이 높았던 DLC 90이 DLC 60 보다 우수한 특성을 갖는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 필름 내부의 π 결합이 π 전자와 포논과의 간섭에 의해 열 전도도를 떨어뜨리는데 기여하기 때문인 것으로 보이며 이에 따라서 합성시에 수소 분율이 증가할수록 π 결합을 감소시켜 열 전도도는 증가하는 것으로 여겨진다.^[5]

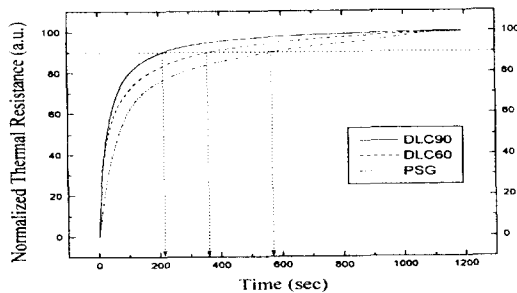


그림 5. DLC, PSG 필름의 열전도 특성

Fig. 5. Thermal conduction characteristics of DLC and PSG film.

3. DLC 필름의 패터닝

DLC 필름은 화학적 안정성이 매우 뛰어난 재료로서 대부분의 유기 용제나 산 등에 반응하지 않기 때문에 습식 식각이 불가능하다. 이러한 DLC 필름 패터닝의 난점은 반도체 분야에 대한 응용을 제한하고 있어 패터닝 기술의 확립이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 금속 전극의 패터닝에 주로 쓰이는 lift-off 방법을 사용한 DLC 필름의 패터닝 기술과 RIE(reactive ion etching) 방법을 사용한 건식 식각 기술을 제시하였다.

1) Lift-off 방법을 사용한 DLC 필름의 패터닝

DLC 필름은 상온에서 합성이 가능하기 때문에 필름 합성시 PR 에 미치는 영향이 거의 없어서 lift-off 를 이용한 패터닝이 가능하다. PR 은 AZ 1512 positive PR 을 사용했으며 스피너를 이용하여 400rpm 에서 5초간, 4000rpm 에서 35초간 회전시켜 1.2 μ m 두께의 PR 을 실리콘 시편 위에 도포하였고 PR 상부에 overhang 을 형성하기 위하여 소프트 베이킹 과정에서 MCB(Mono-Chloro-Benzene) 처리를 5분 동안 진행하였다. DLC 필름의 합성은 RF power 는

180W, 메탄 가스는 20sccm, 수소 가스는 90sccm 의 분율로 0.3 μ m 두께로 증착하였다. 필름 증착시 기판의 온도는 상온이었고 1800 초 동안 증착하였다. 패터닝의 형성을 위해 8 μ m 패턴을 가지는 에멀션 마스크를 사용하였다. 그림 6은 lift-off 방법에 의해 형성된 DLC 필름 패턴의 SEM 사진으로서 패터닝 된 부분은 DLC 필름이 존재하지 않는 부분이다.

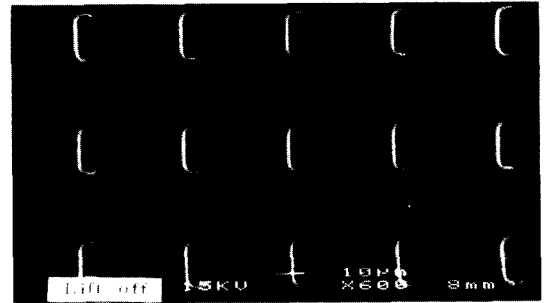


그림 6. Lift-off 방법에 의해 형성된 DLC 필름 패턴의 SEM 사진

Fig. 6. SEM image of the 8 μ m pattern of DLC film by lift-off method.

2) 건식 식각을 이용한 DLC 필름의 패터닝

건식 식각 방법으로 일반적으로 사용되는 RIE (reactive ion etching) 방법을 이용하여 DLC 필름의 식각 조건을 확립하였다. PECVD 로 합성한 DLC 필름의 경우 성분이 주로 탄소(C)와 수소(H)로 이루어져 있기 때문에 반응 가스로는 산소(O₂)를 사용하였고 플라즈마의 안정화를 위해 불활성 가스인 아르곤(Ar)을 첨가하였다. RF power 는 100W 로 하고 동작압력은 100 $\times 10^{-3}$ Torr 로 고정시킨 상태에서 산소와 아르곤의 가스 flow rate 를 변화시키면서 식각을 진행하였다. 여기에서 아르곤 가스의 flow rate 는 200sccm 으로 고정시키고 산소 가스의 flow rate 를 1, 2, 10, 20sccm 으로 변화시켰다. 마스크 층으로는 알루미늄을 사용하였고 식각에 사용된 DLC 필름 시편은 p형 (100) 실리콘 기판 위에 RF power 는 180W 로 하고 메탄 가스는 20sccm, 수소 가스는 90sccm 의 분율로 사용하여 0.3~0.35 μ m 의 두께로 증착한 것이다. 필름 증착시 기판의 온도는 상온이었고 증착시간은 1800sec 였다. 또 알루미늄 시편은 같은 기판 위에 열 증착기를 사용하여 0.25~0.3 μ m 의 두께로 알루미늄을 증착하여 준비하였다. 각각의 시편을 같은 반응실에서 동시에 식각을 하고 gas flow rate 에 따른 식각율을 측정할 결

과를 그림 7에 보였다. 산소와 아르곤 가스의 분율을 1%로 하는 경우에 DLC 필름은 36 nm/min 정도의 식각율을 보이고 있다.

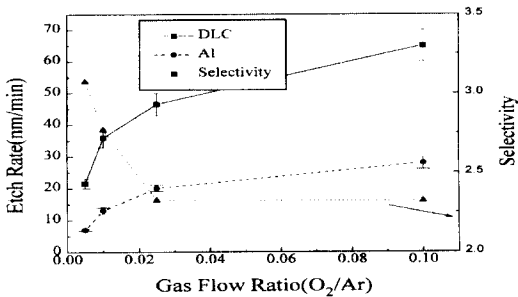


그림 7. RIE 방법에 의한 산소와 아르곤의 가스량 변화에 따른 DLC 필름과 알루미늄의 식각율
 Fig. 7. Etch rates of DLC film and Al layer depending on O₂/Ar gas flow rate by RIE method.

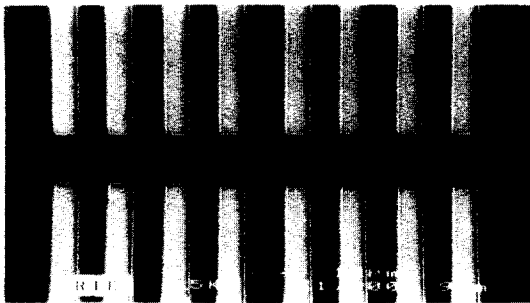


그림 8. RIE 를 이용한 DLC 필름 패턴의 SEM 사진
 Fig. 8. SEM image of the 5 μ m pattern of DLC film by RIE method.

측정결과 DLC 필름의 식각율이 알루미늄의 식각율보다 2.5~3배 높은 것을 알 수 있었으며 DLC 필름과 알루미늄 마스크 층의 식각율의 차이(selectivity)는 산소의 gas flow rate 가 1sccm 인 경우가 최대로 산소의 분율이 적을수록 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 알루미늄 역시 DLC 필름보다는 식각율이 작지만 어느 정도 식각이 되므로 패터닝 하고자 하는 DLC 필름의 두께를 고려하여 알루미늄 마스크 층의 두께를 결정해 주어야 한다. 산소의 gas flow rate 를 1sccm 으로 하였을 때 DLC의 식각율이 알루미늄의 식각율보다 약 3배 높게 나타났다. DLC 필름의 두께를 0.3 μ m로 하였을 경우, 알루미늄의 두께는 0.3 μ m이상이면 마스크 층으로 충분하다. 이 실험에서 두께 0.3 μ m를 갖는 알루미늄을 마스크 층으로 사용하여 DLC 필름에 5 μ m

의 패턴을 형성하였다.

4. 전력 트랜지스터의 제작 및 특성분석

DLC 필름이 가지는 우수한 열전도 특성은 트랜지스터 표면에서 발생하는 열을 방출시킬 수 있어 특히 소자 내부에서 많은 열이 발생하는 고출력 특성을 갖는 전력 트랜지스터의 성능을 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다. 일반적으로 전력 트랜지스터의 경우 컬렉터단에 heat sink 를 형성하게 되는데 열전도 특성이 우수한 DLC 필름을 코팅하므로써 소자의 상부에서 발생하는 열의 방출에도 기여할 수 있을 것으로 보인다. 전력 트랜지스터용 DLC 보호막의 특성분석을 위해 그림 9와 같은 구조의 npn BJT 트랜지스터를 설계, 제작하였다.

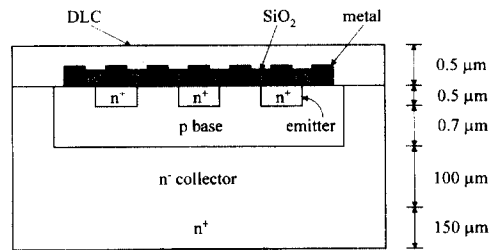


그림 9. 제작된 전력 트랜지스터의 구조
 Fig. 9. Structure of power transistor.

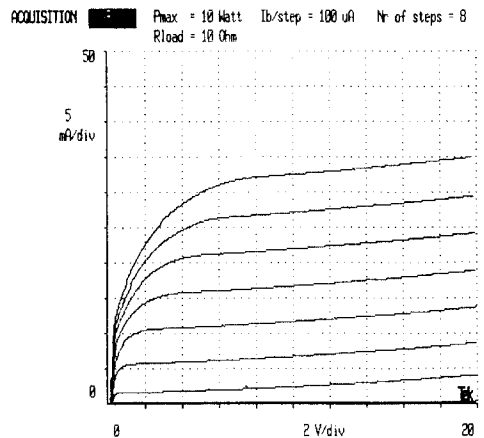
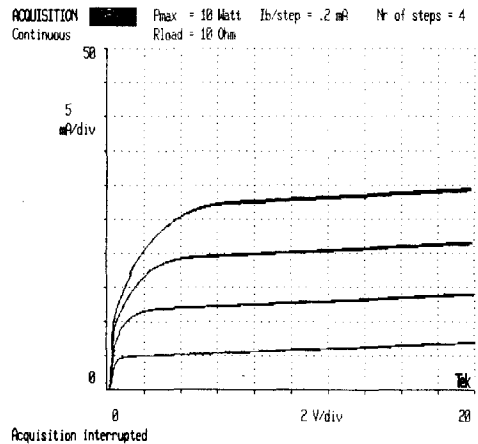


그림 10. 제작된 전력 트랜지스터의 전류-전압 특성곡선
 Fig. 10. I-V characteristics of power transistors.

제작된 트랜지스터의 전류-전압 특성곡선은 그림 10에 보이고 있다. DLC 보호막의 열 전달 특성을 측정하기 위해 트랜지스터 위에 DLC 90(그림 11 (b)) 과

DLC 120(그림 11 (c)) 을 증착시킨 후 증착전의 트랜지스터(그림 11 (a))와 비교 분석하였다. 트랜지스터를 제작한 후에 소자 표면에서의 효과적인 열 방출을 위하여 알루미늄 선을 사용하여 소자의 표면과 heat sink 사이에 heat path 를 연결하였다.

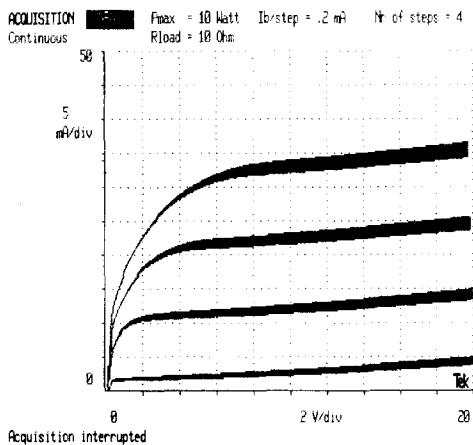
에미터-컬렉터 간의 동작전압은 20V 로 하고 베이스 전류를 0.2mA ~ 0.8mA 로 변화시키면서 20분간 계속 동작시켜 온도 증가에 따른 소자의 안정성을 측정한 결과 전류의 변화율이 보호막을 사용하지 않은 경우는 4.3%, DLC 90의 경우 2.1%, DLC 120의 경우 1.45% 로 나타나 DLC 보호막의 열 방출 효과에 의해서 소자의 안정성이 향상되는 것으로 나타났으며 DLC 필름의 합성시에 수소가스의 분율이 높은 필름일 수록 더 우수한 열전도 특성을 가지는 것으로 나타났다.



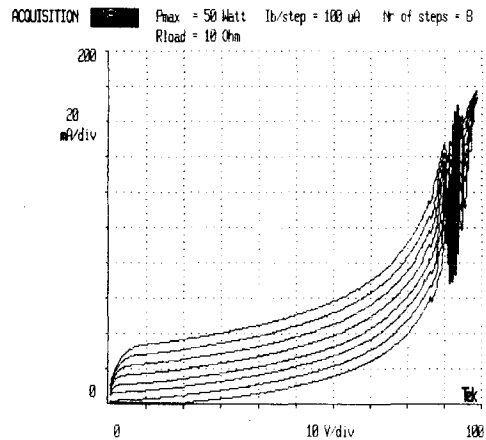
(c)

그림 11. 제작된 전력 트랜지스터의 장시간 동작 특성 (a) 보호막을 사용하지 않은 경우 (b) DLC 90 (c) DLC 120

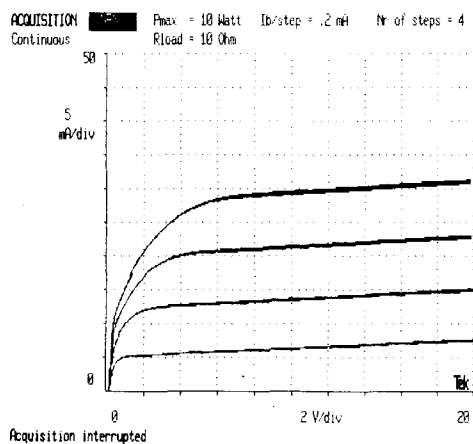
Fig. 11. Long-term stability of power transistors. (a) Non-passivation layer (b) DLC 90 (c) DLC 120



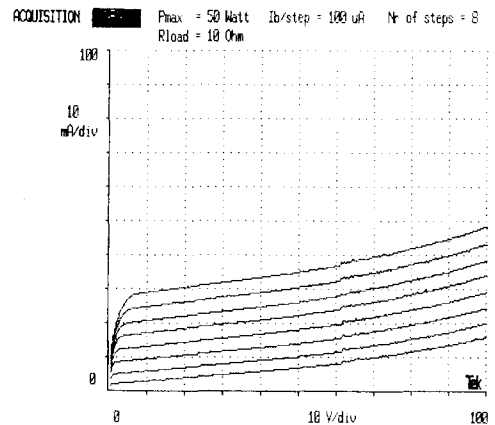
(a)



(a)



(b)



(b)

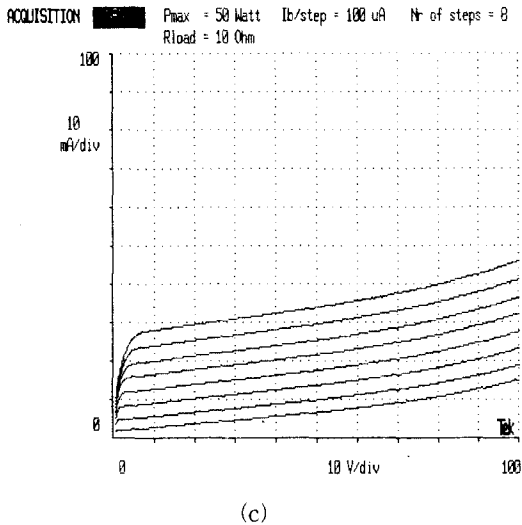


그림 12. 제작된 전력 트랜지스터의 절연 파괴 특성
(a) 보호막을 사용하지 않은 경우 (b) DLC 90 (c) DLC 120

Fig. 12. Breakdown voltage characteristics of power transistors.
(a) Non-passivation layer (b) DLC 90 (c) DLC 120

그리고 에미터-컬렉터 간의 인가 전압을 증가시켜 트랜지스터의 절연파괴 전압을 측정할 결과는 그림 12에 보여주고 있다. 보호막을 사용하지 않은 경우에 약 70V 에서 소자의 파괴가 일어나는 반면에 DLC 보호막을 사용한 경우에는 100V 에서도 안정한 동작을 하는 것으로 나타나 DLC 필름의 열 방출 효과에 의해 고출력 특성이 크게 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

III. 결 론

PECVD 기술을 이용하여 상온에서 여러 가지 합성 조건에 따라서 DLC 필름을 합성하고 그 특성을 조사하였다. DLC 필름의 합성은 메탄과 수소 가스를 사용하였으며 우수한 절연특성, 부착력, 고경도를 갖는 양질의 필름을 구현할 수 있었다. DLC 필름의 열전도 특성을 조사하여 반도체 소자의 보호막으로 일반적으로 사용되고 있는 실리콘 산화막보다 훨씬 우수한 것을 알 수 있었으며 필름의 합성시에 사용되는 수소 가스의 분율이 커질수록 열전도율이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 반도체 분야의 응용을 위하여 필름의 패터닝 기술을 연구하였는데 상온에서의 합성이 가능한 점을 이용한 Lift-off 방법과 산소와 아르곤 가

스를 반응 가스로 사용한 RIE 방법을 이용하여 5μm 패턴의 DLC 필름을 형성하였다. 마지막으로 전력 트랜지스터를 제작하고 DLC 필름을 제작된 트랜지스터의 보호막으로 구현하였다. DLC 필름이 가지는 우수한 열전도 특성 때문에 트랜지스터 표면에서 발생하는 열이 효과적으로 방출되는 것을 확인할 수 있었으며 이에 따라 전력 트랜지스터의 장시간 동작 특성을 안정화시킬 수 있었으며 절연 파괴 전압도 크게 향상시킬 수 있었다.

※ 본 연구는 서울대학교 반도체 공동연구소의 반도체 분야 교육부 학술연구조성비 (ISRC 95-E-4036) 의 연구비 지원에 의해 수행 되었음.

참 고 문 헌

- [1] 이광렬, "다이아몬드상 카본 필름", 대한금속학 회회보, 제6권, 제4호, pp.345-361, 1993
- [2] Shin-ichi Shikata, Yoshiki Nishibayashi, Tadashi Tomikawa, Naohiro Toda and Naoji Fujimori, "Microfabrication technique for diamond devices". 2nd Int. ADC'93 pp.377-380, 1993.
- [3] J. Szmidt "Diamond-like layers as passivation coating for power bipolar transistors", Diamond and Related Materials, vol.3, pp.849-852, 1994.
- [4] John Robertson, "The deposition mechanism of diamond-like a-C and a-C:H", Diamond and Related Materials, vol.3, pp.361-368, 1994.
- [5] L. H. Chou and H. W. Wang, "On the microstructural, optical, and thermal properties of hydrogenated amorphous carbon films prepared by plasma enhanced chemical vapor deposition" J. Appl.Phys, vol.74, pp.4673-4680, 1993.
- [6] Christopher J. Morath and Humphrey J. Maris, "Picosecond optical studies of amorphous diamond and diamondlike carbon : Thermal conductivity and longitudinal sound velocity", J. Appl.Phys, vol.76, pp.2636-2640, 1994.
- [7] M. H. Kim, J. Y. Lee, "Thermal analysis of

hydrogenated amorphous carbon films
prepared by plasma enhanced chemical

vapour deposition", J. materials science,
vol.26, pp.4787-4794, 1991.

저 자 소 개

朴 廷 浩(正會員) 第 32卷 A編 第 11號 參照
현재 고려대학교 공과대학 전자공
학과 부교수

任 大 淳(正會員)
1978년 고려대학교 재료공학과(공학사). 1981년 고려
대학교 재료공학과(공학석사). 1985년 일리노이대 재
료공학과(공학박사). 1986년 ~ 1988년 미국 NIST
초청연구원. 1988년 ~ 1991년 한국표준연구소 선임
및 책임연구원. 1991년 ~ 현재 고려대학교 재료공학
과 부교수.

鄭 錫 玟(正會員)
1990년 고려대학교 전자공학과(공학사). 1992년 고려
대학교 전자공학과(공학석사). 현재 고려대학교 전자
공학과 박사과정

長 勳(正會員)
1994년 고려대학교 전자공학과(공학사). 1996년 고려
대학교 전자공학과(공학석사). 현재 현대전자 소자개
발2실 연구원.

辛 鐘 漢(正會員)
1995년 고려대학교 재료공학과(공학사). 현재 고려대
학교 재료공학과 석사과정