

# 보론 나이트라이드를 사용하는 Predeposition 工程中 질소流量的 影響

論 文
30~4~2

## The Effect of Nitrogen Flow Rate in a Predeposition with Boron Nitride

朴 亨 茂\* · 金 忠 基\*\*  
(Hyung-Moo Park · Choong-Ki Kim)

### Abstract

The variation of sheet resistance and the reduction of masking oxide thickness with the flow rate of nitrogen gas has been measured in Boron predeposition process with Planar Diffusion Source, BN-975. At 900°C, the sheet resistance varied as much as 75% when the nitrogen flow rate was changed from 0.4 liters/min to 2.0 liters/min. At 975°C, however, only 12% of sheet resistance variation was observed under the same flow rate change. The reduction of masking oxide thickness at 975°C for a 50 min predeposition was 600 nm when the nitrogen flow rate was 0.4 liters/min. When the flow rate increased to 1.9 liters/min, however, only 100nm of masking oxide was consumed in a similar predeposition process.

### I. 서 론

트랜지스터나 집적회로를 제작할 때에는 실리콘 wafer의 일부분에 P-형 불순물인 보론을 확산시키는 공정이 많이 이용되고 있다. 보론의 소오스로는 기체상태의  $B_2H_6$ 나 액체상태의  $BBR_3$  등이 이용되기도 하고 spin-on source,<sup>1)</sup> doped oxide등이 이용되기도 하나 요즘은 Planar Diffusion Source(PDS)인 보론나이트라이드(Boron Nitride)가 반도체소자의 생산공정에서 많이 사용되고 있다.<sup>2)</sup>

상품화 되어있는 보론나이트라이드 PDS<sup>3)</sup>는 보론나이트라이드의 platelet들을 약간의  $B_2O_3$ (5~8%)를 접착제로 이용하여 wafer의 형태로 成形시킨 것인데 이것을 보통 BN wafer라고 부른다. BN wafer를 사용하여 predeposition을 수행하기 위해서는 먼저 BN wafer를 900°C~950°C의 확산로에 넣고 산소를 흘려준다. 이때에 보론나이트라이드가 산화되어 BN wafer의 표면은  $B_2O_3$ 의 유리질로 변환된다. 이 공정을 일반적으로 activation工程이라고 부른다. 그 다음에 실리콘 wafer와 activation된 BN wafer를 그림 1과 같이 석영확산보트(Quartz Diffusion Boat)에 배열한 다음 다시 확산로에 넣고 질소를 흘려주면 BN wafer로부터 실리콘 wafer로 보론原子가 이동하여 실리콘 내부에 보론을 확산시키게 되는 것이다.

이 공정을 predeposition 工程이라고 부른다. 실리콘 내부로 擴散되는 보론의 量은 predeposition 工程의 溫度(750°C~1000°C)와 시간(20분~60분)을 바꾸면서 조절하는 것이 보통이다. predeposition이 끝난 실리콘 wafer의 표면에는 boron glass라고 불리는 보론

큰 wafer와 activation된 BN wafer를 그림 1과 같이 석영확산보트(Quartz Diffusion Boat)에 배열한 다음 다시 확산로에 넣고 질소를 흘려주면 BN wafer로부터 실리콘 wafer로 보론原子가 이동하여 실리콘 내부에 보론을 확산시키게 되는 것이다.

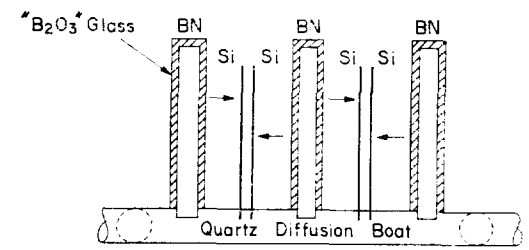


그림 1. 석영확산보트에 BN wafer와 Si wafer를 배치한 모양

Fig. 1. Arrangement of BN wafer and Si wafer in a quartz diffusion boat

\*正會員 : 韓國科學技術院 電氣 · 電子工學科 博士課程

\*\*正會員 : 韓國科學技術院 電氣 · 電子工學科 教授

接受日字 : 1981年 2月 25日

의 산화물질이 얇게 형성되는데 이러한 실리콘 wafer를 10:1 HF용액(H<sub>2</sub>O:HF=10:1)에 약 20초동안 담그면 이 boron glass의 대부분이 제거된다. 그러나 이 과정에서 boron glass가 완전히 제거되지 않으면 이 실리콘 wafer를 다시 600°C의 확산로에 넣고 약 20분간 wet oxidation을 수행한 후, 다시 한번 10:1 HF용액에 약 20초동안 담그면 boron glass는 완전히 제거된다. 이와같이 낮은 온도에서 실리콘을 산화시키는 공정을 Low Temperature Oxidation(LTO)라고 부른다. 상술한 바와 같은 predeposition이 끝난 실리콘 wafer는 다음 공인인 drive-in 공적으로 넘어가게 된다

Predeposition 공에서, 확산로에 흘려주는 질소의 흐름은 별로 중요하지 않은 변수로 취급되는 것이 보통이며 3" 실리콘 wafer의 경우 1~2liter/min의 범위에 있는 어느 한 값을 사용하고 있다. 그러나 발표된 실험결과<sup>2)</sup>를 보면 실리콘 내부로 확산된 보론의 양을 표시하여 주는尺度인 sheet 저항이 질소의 흐름에 따라 상당히 달라짐을 관찰할 수 있었다. 또한 실리콘 wafer의 일부분에만 선택적으로 보론을 확산시키기 위하여 사용되는 실리콘 산화膜的 두께가 predeposition을 수행할 때에 상당히 많이 감소되는 현상도 관찰되었다.

본 논문에서는 이와 같은 현상을 체계적으로 정리하기 위하여 질소의 흐름을 변화시키면서 보론 predeposition을 수행한 실험결과를 보고하고자 한다.

### II. 질소의 흐름에 따른 Sheet 저항의 변화

실험에 사용된 실리콘 wafer는 결정방향이 (100)이고 phosphorus로 doping된 3~8Ω.cm의 n-type 실리콘이다. 이 실리콘 wafer를 사용하여 predeposition 시간을 50분으로 고정시키고 900°C, 950°C, 975°C의 온도에서 질소의 흐름을 0.5 liter/min으로부터 2 liter/min까지 변화시켰을 때의 sheet 저항을 그림-2에 나타냈다. Predeposition이 끝난 wafer들은 1150°C의 확산로에서 410분동안 질소 분위기에서 Drive-in 시켰으며, 이때 질소의 흐름은 0.6 liter/min이었다. 이와 같은 Drive-in 공정은 npn 트랜지스터를 제작하는 공정을 simulate 한 것으로 온도와 시간은 임의로 선택한 것이다. Drive-in이 끝난 후의 sheet 저항도 그림 2에 함께 보였다. Predeposition에 사용한 BN-wafer는 Carborundum 회사의 BN-975<sup>3)</sup>로서 Carborundum 회사는 이 BN-wafer를 725°C부터 975°C의 온도에서 사용하는 것을 추천하고 있다.

그림-2의 결과를 보면 predeposition의 온도가 975°C인 경우에는 질소의 흐름에 따른 sheet 저항의 변화가 30Ω/□에서 36Ω/□까지로서 약 12%의 변화가 있는

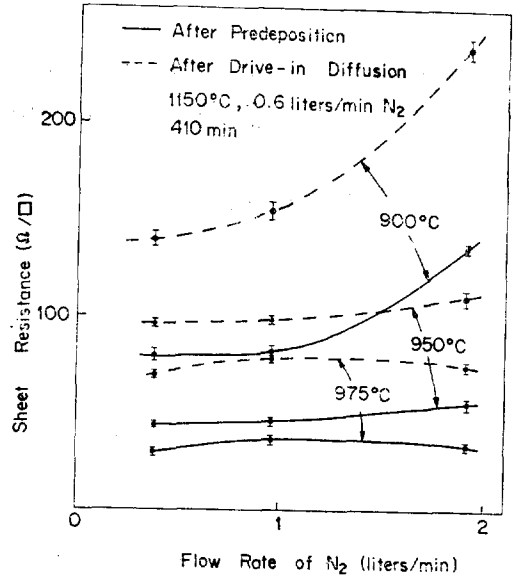


그림 2. Predeposition에서 질소의 유량에 따른 sheet 저항의 변화

Fig. 2. Variation of sheet resistance vs. flow rate of nitrogen in predeposition

며 900°C에서는 80Ω/□에서 140Ω/□까지 변화하여 무려 75%의 변화를 나타내고 있음을 알 수 있다. Drive-in 후의 sheet 저항은 일반적으로 predeposition 후 보다 증가하며 predeposition에서의 변화가 거의存續함을 볼 수 있다. 질소의 흐름에 따라 sheet 저항이 급격히 변화한다는 사실은 predeposition 공에서再現性 있는 결과를 얻기 위하여는 질소의 흐름을 매우 정확하게 조절하여야 함을 의미한다. 이러한 관점에서 보면, BN-975를 사용할 때에는 predeposition의 온도를 975°C로 하는 것이再現性 있는 결과를 얻을 수 있다는 점에서 유리하다.

### III. 질소의 흐름에 따른 산화膜 두께의減少

실리콘 wafer의 일부분에만 보론을 확산시킬 때에는 먼저 실리콘을 산화시켜 표면에 산화실리콘 膜을 形成한 후에 사진식각에 의하여 실리콘 산화膜을 부분적으로 제거한 후에 predeposition을 수행한다. 이때 사진식각 공후에 남아 있는 산화실리콘 膜은 보론의 확산을 차폐시켜 주는 역할을 하므로 이 膜을 masking 산화膜 또는 field 산화膜이라고 부른다. BN wafer를 사용하여 보론을 확산시킬 때, masking 산화膜의 두께가減少하는 현상을測定하기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다.

먼저 sheet 저항의 실험에 사용한 것과 동일한 wafer를 사용하여 1100°C에서 50분간 wet oxidation<sup>4)</sup>을 하

였다. 이때에 형성되는 酸化실리콘膜的 두께는 약 600 nm이다. 이 wafer의 峯에 해당되는 酸化실리콘膜을 buffered oxideetch용액(NH<sub>4</sub>F : HF=6 : 1)으로 제거한 후 앞에서 설명한 공에 따라 predeposition을 수행하였다. 이때의 溫度는 975°C로 고정시켰으며 질소의 流量은 0.4 liter/min, 1 liter/min, 1.9 liter/min의 세가지 경우에 대하여 실험하였다. Predeposition이 끝난 실리콘 wafer를 10 : 1 HF용액에 20초동안 담가서 boron glass를 제거하였으며 이때에 완전히 제거되지 않는 boron glass를 없애주기 위하여 LTO를 행하였고 그후에 10 : 1 HF용액에 재차 20초동안 담근 후 DI water로 깨끗이 세척하였다. 이와같은 공이 끝난 다음, 실리콘 wafer위에 100nm 두께의 알루미늄을 진공증착시킨 후 interferometer를 사용하여 실리콘 wafer 위에 남아 있는 酸化膜의 두께를 測定하였다. 이 결과로부터 predeposition과 LTO 및 세척의 全公에서 감소되는 masking 酸化膜 두께를 산출하였으며 그 결과는 그림-3과 같다.

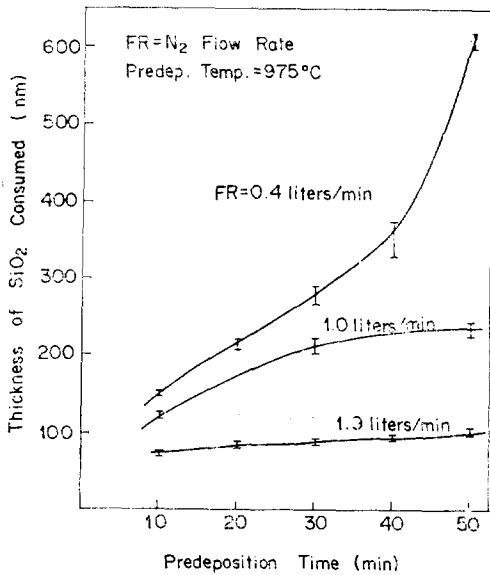


그림 3. Predeposition에서 감소되는 산화막의 두께  
Fig. 3. Oxide thickness consumed in predeposition

이 결과를 보면 predeposition시간이 50분인 경우, 질소의 流量이 0.4 liter/min일 때에는 masking酸化膜이 600nm 감소되는 것을 알 수 있고 반면에 질소의 流量을 1.9 liter/min으로 증가시키면 감소되는 酸化膜의 두께가 약 100nm 정도밖에 되지 않음을 알 수 있다. Predeposition 시간이 50분이상일 때의 결과를 그림-4에 보였다. 이 결과로부터 질소의 流量을 1.9 liter/min으로 하면 predeposition시간이 100분이 되

어도 감소된 酸化膜의 두께가 140nm 정도밖에 되지 않음을 알 수 있다.

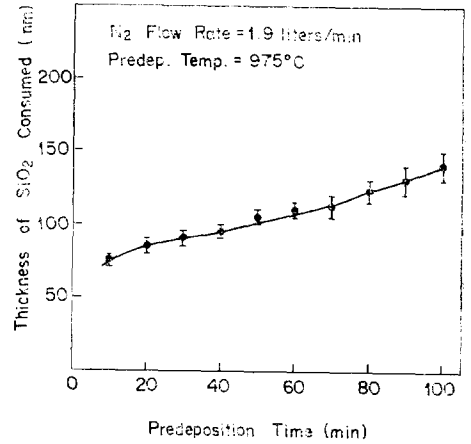


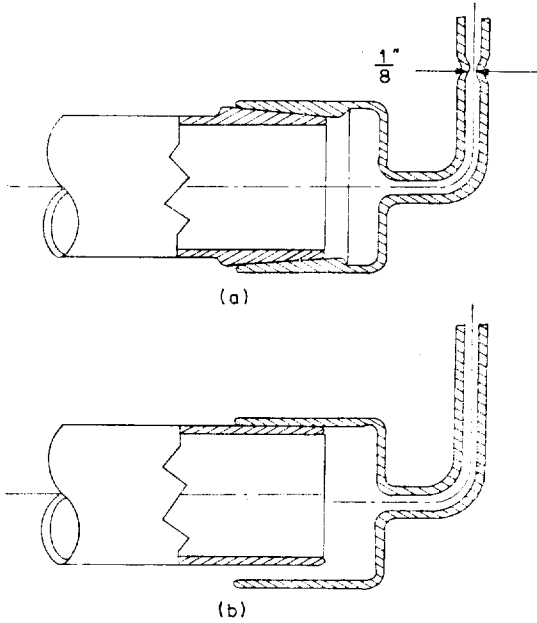
그림 4. 975°C의 predeposition에서 100분까지 감소되는 산화막의 두께  
Fig. 4. Oxide thickness consumed in 975°C predeposition for 100 min

실리콘에 선택적으로 보론을 doping시키고자 할 때에는 predeposition에서 감소되는 酸化膜보다 더 두꺼운 酸化膜을 masking酸化膜으로 사용하여야 한다. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>나 BBr<sub>3</sub>를 사용하는 predeposition에서 필요한 masking 酸化膜의 두께는 1000°C, 100분의 경우 약 70nm 정도 이므로<sup>5)</sup> 별로 문제가 되지 않지만, 본 실험결과에 의하면 BN wafer를 사용할 때에는 질소의 流量을 2 liter/min으로 하고 온도를 975°C로 할 때 최소 200nm정도의 masking 酸化膜이 필요함을 알 수 있었다.

#### IV. 결 투

본 실험에 사용된 확산로의 설치상황에 대하여는 이미 다른 논문<sup>4)</sup>에 발표되었으므로 여기에서는 상세한 설명은 생략하기로 한다. 확산로에 설치한 석영관의 직경은 100mm이었으며 석영관의 end cap의 모양은 그림-5 (b)와 같다. 이것은 BN wafer를 생산하는 Carborundum회사에서 추천하는 end cap인 그림-5(a)의 구조와는 다른 형태이다. end cap의 모양과 질소의 流量간에 어떤 관계가 있는지는 확실치 않으나 그림-5(a)와 같은 end cap을 사용하는 경우에는 질소의 流量을 減少시킬 수 있을 것이라고 기대된다.

sheet저항의 변화와 masking酸化膜의 減少현상을 종합하여 보면 BN-975를 사용하는 predeposition에서는 溫度를 975°C로 하고 질소의 流量을 2 liter/min으로 하는 것이 擴散結果의 均一성과 再現성을 증가시키



다고 결론지었다.

본 논문의 공정을 실제로 수행하고 測定結果를 정리하여준 車輪柱씨에게 감사를 드린다.

參 考 文 獻

1. 김충기, 정태원 ; "Spin-on Source에 의한 실리콘 내의 불순물 확산", 전기학회지 제27권제 6호 1978년 11~12월
2. David Rupprecht and Joseph Stach ; "Oxidized Boron Nitride Wafers as an In-Situ Eoron Dopant for Silicon Diffusions," Journal of Electrochemical Society Vol. 120, No. 9, September, 1973.
3. Technical Data of Carborundum Company, "Boron Nitride Low Temperature Planar Diffusion Source," Carborundum Company, Graphite Division, P.O. Box577, Niagara Falls, New York, 14302, U.S.A.
4. 최연익, 김충기 ; "실리콘 산화공정에 대한 실험적 고찰" 전자공학회지 제16권 제 1호 1979년 3월
5. Burger and Donovan, Editors ; "Fundamentals of Silicon Integrated Device Technology, Volume 1, Oxidation, Diffusion, and Epitaxy," Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.

그림 5. a) Carborundum회사에서 추천하는 End cap의 모양

b) 본 실험에 사용된 End cap의 모양

Fig. 5. a) End cap recommended by Carborundum company

b) End cap used in the experiment

면서 masking 酸化膜두께의 減少도 최소로 줄일수 있