

## 전자선 묘화를 이용한 0.2 $\mu\text{m}$ 의 게이트 길이를 갖는 MIMIC용 Wide-Head T-gate 제작

전병철, 박덕수, 신재완, 양성환, 박현창, 이진구  
동국대학교 밀리미터파 신기술 연구 센터  
전화 : (02) 2260-8697 / 팩스 : (02) 2277-4796

### Fabrication of wide-head T-gate with 0.2 $\mu\text{m}$ gate length using E-beam lithography for MIMIC applications.

B. C. Jun, D. S. Park, J. W. Shin, S. H. Yang, H. C. Park, J. K. Rhee  
Millimeterwave INnovation Technology Research Center, Dongguk Univ.  
E-mail : jkrhee@dongguk.ac.kr

#### Abstract

We have developed fabrication processes that form a wide-head T-gate with a 0.2  $\mu\text{m}$  gate length using the combination of thickness of each PMMA layer, line doses and development times for applications in millimeter- and micro-waves monolithic integrated circuits. The three-layer resist structure (PMMA/P(MMA-MAA)/PMMA=1800A/5800 A/1900A), 4nC/cm and over development were used for fabrication of a wide-head T-gate by the conventional double E-beam exposure technology. The experimented results show that the cross sectional area of T-gate fabricated by the proposed method is easily enlarged without additional processes.

#### I. 서 론

초고주파 대역의 소자를 개발하기 위한 핵심 기술 중 하나가 게이트 길이와 저항을 줄이는 것이다. 게이트 길이가 작을수록 차단주파수특성이 증가하지만, 게이트 길이의 감소에 따른 게이트 단면적의 감소는 게이트의 저항을 크게 만들어 잡음지수 증가 및 이득 감소 등의 원인이 된다.[1-2] 따라서, 게이트 길이는 작

으면서도 게이트의 단면적을 증가시키기 위한 연구는 밀리미터파 소자의 특성을 개선하는데 있어서 필수적인 기술이다. 이러한 요구조건을 모두 만족시키기 위한 공정으로 T형 게이트 구조를 주로 사용하고 있으나, 머리부분이 삼각형의 형태를 가지고 있어서 큰 단면적이거나 저 저항 구현이 어려운 실정이다.

본 논문에서는 3층 구조의 포토레지스트를 전자빔 묘화(electron beam lithography)장비와 열 증착기(thermal evaporator)를 이용하여 재현성 있는 0.2  $\mu\text{m}$  이하의 게이트 길이를 갖는 wide-head T-gate의 제작 공정을 최적화 하였다.

#### II. 게이트 길이가 0.2 $\mu\text{m}$ 인 wide-head T-gate 제작

전자빔으로 노광을 할 때 over dose로 노광하면 노광시 back scattering으로 인하여 게이트의 길이가 원하는 폭보다 커지게 되고, under dose로 노광을 하면 현상시 포토레지스트가 남아있게 되므로 정확한 dose를 찾는 것이 중요하다.[2] T-gate의 제작에 앞서 재현성 있는 0.2  $\mu\text{m}$ 의 게이트 길이를 구현하기 위하여 dose에 따른 게이트 길이의 변화에 대한 실험을 통하여 공정조건을 확립하였다. 그림 1은 dose에 따른 게이트 길이의 변화를 나타낸 것으로, 1800 A의 두께를 갖는 PMMA(4 %) 포토레지스트를 도포하고, 노광한 뒤 1분 30초 동안 현상하였다. 그림 1에 나타난 바와

같이 line dose가 3~3.5 nC/cm에서는 포토레지스트가 완전히 현상되지 않았다.

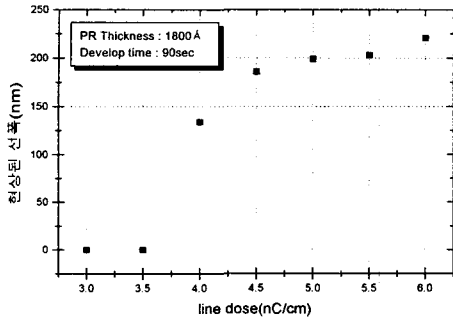


그림 1. Line dose에 따른 현상된 선폭의 변화

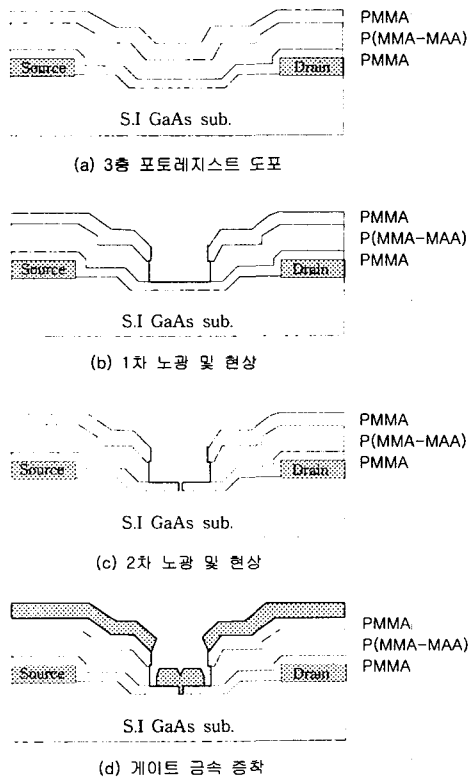


그림 2. Wide-head T-gate 공정 흐름도

이 실험 결과에서 볼 수 있듯이 현상시간이 1분 30초에서 line dose가 4 nC/cm인 점에서 가장 작은 선폭을 나타내는 것을 알 수 있으며, line dose가 4 nC/cm 이하에서는 현상시 재현성이 떨어져 게이트를 구현하는데 어려움이 있다. 또한 line dose가 4 nC/cm에서

현상시간에 따른 선폭의 변화가 가장 작은 것을 실험을 통해서 확인할 수 있었다. 본 논문에서 사용한 T-gate의 길이를 결정하게될 center beam은 line dose를 4 nC/cm로 사용하고, 현상시간은 포토레지스트의 완전한 현상을 위하여 1분 40초로 하였다.

그림 2와 3은 게이트 길이가 0.2 μm인 wide-head T-gate를 만들기 위한 공정 흐름도와 공정조건이다.

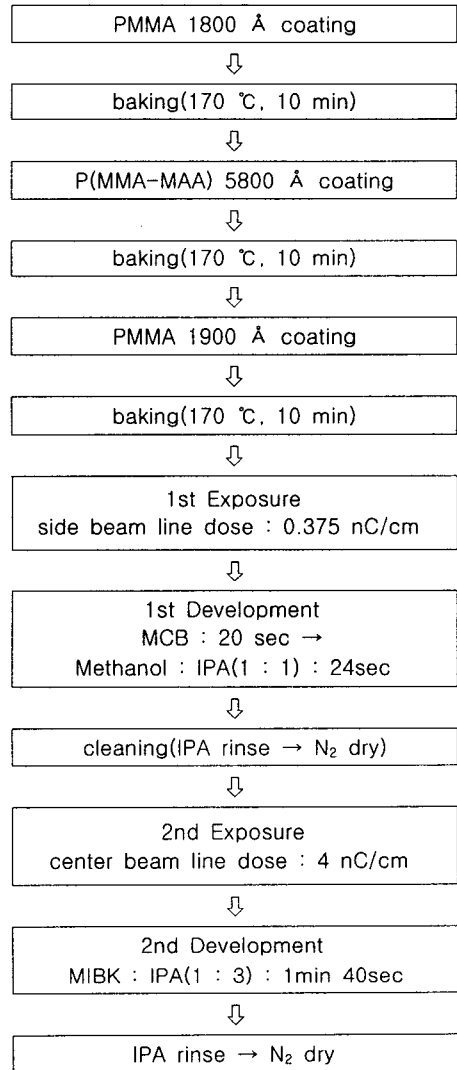


그림 3. Wide-head T-gate 공정조건 및 흐름도

3층 구조로 포토레지스트를 도포한 후 포토레지스트 내의 솔벤트를 충분히 제거하기 위해 각 도포단계마다 hot plate로 170 °C에서 10분간 baking하였다. 그런 다음 0.75 μm패턴을 단일패스 사이드 빔(line dose :

0.375 nC/cm)으로 1차 노광을 하고, 3층 포토레지스트 구조 중 3층과 2층의 PMMA(4%)와 P(MMA-MAA)층을 선택적으로 현상하였다. 현상된 패턴 안쪽의 마지막 남은 1층인 PMMA(4%)층은 0.05  $\mu$ m패턴을 단일 패스 센터빔(line dose : 4 nC/cm)으로 조사한 후 현상하는 공정을 사용하였다.

3층 구조로 도포된 포토레지스트의 현상은 게이트 금속을 증착하였을 때 게이트의 머리를 사각(rectangle) 구조로 재현성 있게 얻을 수 있도록 서로 다른 현상액으로 3단계의 차별적이고 선택적인 현상을 실시하였다.[3]

1단계로 게이트 머리를 결정하게 될 가장 위층인 3층과 중간층인 2층은 현상시 과도 현상(over development)을 이용한 방법을 사용하였으며, 이때 3층과 2층의 최적현상 시간은 각각 20초와 24초였다. 2단계로 게이트 길이를 결정하게 될 1층의 현상시간은 1분 40초로 하였다. 이렇게 T-gate 포토레지스트 프로파일이 형성된 웨이퍼를 다음의 에칭단계를 거쳐 게이트 금속을 증착하였다.

먼저, 금속이 증착될 게이트부분에 생성된 자연 산화물(oxide)은 염산계 에칭용액(HCl : H<sub>2</sub>O = 1.5 : 10)으로 1분 30초간 에칭하여 제거하고, 열 증착기(thermal evaporator)를 이용하여 게이트 금속인 Ti/Au(500Å/3500Å)를 증착하였다. 마지막으로 증착시킨 금속은 아세톤(acetone)을 사용하여 리프트-오프(lift-off)하였다.

구현된 실제 게이트의 길이는 0.2  $\mu$ m이하이고 게이트의 머리부분이 1.2  $\mu$ m인 wide-head T-gate를 얻을 수 있었으며, 각각에 대한 게이트 길이 차이는 거의 없었다.

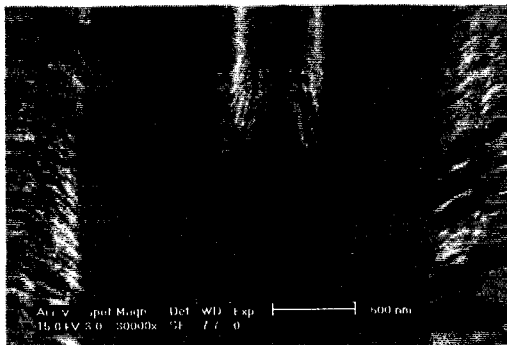


그림 4. 기존의 방법으로 제작된 T-gate

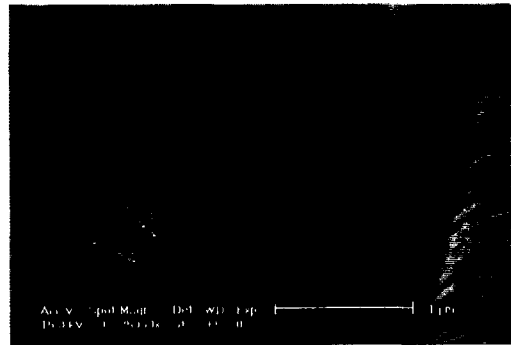


그림 5. 제작된 wide-head T-gate

그림 4와 5에서는 기존의 방식으로 제작한 T-gate와 새로운 방식으로 제작한 wide-head T-gate를 게이트 금속증착 및 리프트-오프(lift-off)한 후의 SEM사진을 각각 나타내었다

실험결과, 기존의 방법으로 제작된 게이트의 길이는 0.2  $\mu$ m이고 게이트 머리는 0.6~0.7  $\mu$ m였으며[4], 새로운 방법으로 길이가 0.2  $\mu$ m이고 게이트 머리가 1.2  $\mu$ m를 갖는 wide-head T-gate를 제작하였다. 이 결과는 T-gate의 횡단면적이 기존의 방법에 비하여 약 70%이상 증가한 결과이다.

본 논문에서 사용한 전자선 묘화(E-beam lithography) 장비의 전자가속에너지(EHT)는 30 keV, 빔 전류 (beam current)는 0.5 nA, 필드크기(field size)는  $1.6384 \times 1.6384 \text{ mm}^2$ 이다.

### III. 결 론

본 논문에서는 기존의 T-gate의 단점을 개선하기 위한 방법으로 기존에 사용하던 공정방법 중 포토레지스트의 두께, line dose의 변화와 과도 현상(over development)공정을 사용하여 밀리미터파에서 동작이 가능한 PHEMT등의 소자를 제작하기 위한 짧은 게이트 길이와 낮은 저항특성을 가지는 wide-head T-gate를 제작하였다.

실험을 통하여 상기에서 제안한 새로운 방법으로 제작한 게이트는 길이가 0.2  $\mu$ m이고 게이트 머리가 1.2  $\mu$ m를 갖는 wide-head T-gate로, 0.2  $\mu$ m의 게이트 길이와 0.6~0.7  $\mu$ m의 게이트 머리를 갖는 기존의 방법으로 제작한 T-gate에 비하여 횡단면적이 약 70%이상 증가한 결과를 얻었다. 즉, wide-head T-gate는 포토레지스트의 두께, line dose의 량과 과도 현상 등의 공정조항으로 쉽게 제작할 수 있다.

본 논문에서 제작된 게이트는 낮은 게이트 저항을 갖는 wide-head T-gate로서 밀리미터파에서 동작이 가능한 PHEMT소자나 Low-Noise용 MESFET 등의 소자제작에 적용이 가능한 공정이다.

#### 참고문헌

- [1] Kiyomitsu Onodera, "Extremely Low-Noise Performance of GaAs MESFET's with Wide-Head T-Shaped Gate", IEEE transactions on Electron Devices. Vol. 46, No 2, pp. 310~319, 1999
- [2] 차호영, "밀리미터파용 PHEMT 소자를 위한 0.1  $\mu\text{m}$ 급 T 게이트 제작 및 적용에 관한 연구", 서울대학교 전기공학부 석사논문, 1999
- [3] Philip A. Lamarre, "Developer Selection for T-Shaped Gate FET's Using PMMA/P[MMA-co-MAA]/PMMA", IEEE Transactions on Electron Devices. Vol. 39, No 8, pp. 1844~1848, 1992
- [4] 허종근, "35GHz MMIC를 위한 AlGaAs/InGaAs/GaAs 전력용 PHEMT의 제작에 관한 연구", 동국대학교 전자공학과 석사논문, 1999

※ 이 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 우수연구센터(MINT)의 지원에 의한 연구 결과임.