

## Ion Implant 시뮬레이션을 통한 MOSFET 최적점에 대한 연구

이동빈

전자컴퓨터공학부, 전남대학교, 광주광역시 북구 용봉로 77

E-mail: leedongbin@naver.com

본 연구에서는 MOSFET 제작방법중 하나인 이온주입법에서 다양한 변수로 작용하는 도핑 농도, 에너지주입, 바탕농도의 역할에 대해서 알아보고 채널길이가 감소함에 따른 단채널효과를 억제할 수 있는 최적점에 대하여 분석하였으며 Ion Implant 이차원 시뮬레이션값과 비교하였다. 결과적으로 농도와 에너지주입 그리고 채널길이에 따른 MOSFET의 최적화된 모델을 분석하였다

### INTRODUCTION

CMOS 소자의 채널 길이가  $0.13\mu\text{m}$  또는 그 이하로 줄어들고 있으며, 특히, 짧은 채널 효과와 접합 깊이에 의한 저항 증가로 인한 여러가지 문제가 발생한다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 최소화 시키고 집적도를 높이기 위하여 일정 도핑 농도를 유지하며 Source/Drain 접합깊이를 줄일 수 있는 최적화된 점을 찾아본다.

### CALCULATION METHODS

먼저 MOSFET에서 변수가 하는 역할을 알기 위해 다른 변수는 일정하게 두고 에너지, 도핑농도, 바탕농도를 변화해가며 변수가 하는 역할을 분석하고, 이후 ION Implant 시뮬레이션을 통하여 채널 길이에 따른 MOSFET모형의 변화, 도핑농도의 변화 그리고 바탕농도의 변화에 대하여 MOSFET 구성의 최적점을 분석하였다.

### RESULTS AND DISCUSSION

이온 주입공정에서 채널길이에 따른 MOSFET의 변화를 알아보기 위해 우선 최대 도핑 값이  $10^{20}$  보다 크게 타겟 설정을 하였다. 이후 채널을 줄여가며 MOSFET의 변화를 알아보았다. Fig. 1.은 공정에서 설정한 채널길이가 실제 형성된 채널길이를

나타낸것이다. Table. 1. 과 같이 채널 길이가 작아질수록 원하는 채널길이가 실제 채널길이의 오차가 점점 커진다. 즉, 타겟대비 실제 채널길이의 비율이 점점더 작아진다는 것은 공정오차가 커져 공정을 하는데 어려움이 생긴다.

또한 Fig. 2. 는 타겟채널에 대한  $\frac{\text{접합깊이}}{\text{실제채널길이}}$ 를 보여준다. 이는 접합깊이가 채널길이에 비해 너무 커서 단채널 효과가 나타난다. 단채널 효과를 억제하는 방법중 하나는 Source 및 Drain의 접합깊이를 얇게 하는 것이다. 접합깊이를 줄이기 위해선 As 즉, 도핑 농도를 줄여 단채널 효과를 억제한다. Fig.3.a와 Fig.3.b를 보면 도핑농도에 따라 채널길이가 감소하는 것을 알수 있다. 특히 Fig. 3. B에선 수평 방향 도핑 농도를 보면 p채널과 n채널이 접합되는 부분 기울기를 보면 As의 도핑 농도가 클수록 기울기 역시 커져 n채널이 수평방향으로 더욱 치고 나갔음을 알수 있고 이로인하여 채널길이가 더욱 짧아지고 Junction Depth역시 작아지는 것을 알수 있다. 하지만 이것은 도핑농도가 작아져 n채널의 Sheet Resistance가 커지게 되고 이는 MOSFET의 전체 저항이 증가하여 효율이 떨어지게 된다. 이를 억제하기위하여 Source, Drain Resistance를 최대한 낮추면서 도핑농도가  $10^{20}$  이상인 점을 찾아야 한다. 도핑된 물질의 Sheet Resistance를 구하는 법은 다음과 같다.

$$R_s = \frac{1}{\int_0^{x_j} \mu q N(x) dx}$$

도핑 농도에 따른 Source, Drain 저항을 보면 Fig. 5에 나와있듯이 분수함수와 같게 감소하게 되고 일정 점에서 직선과 같아진다. 이 점은 Saturation이 되는 포인트이며 이 이하의 점에서는 Source Resistance – Mos Channel – Drain Resistance로

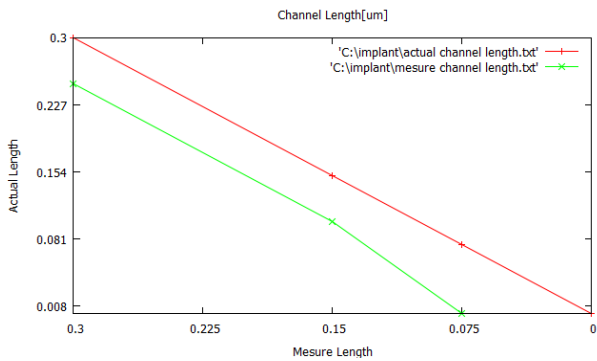


Figure 17. 타겟길이와 실제채널길이

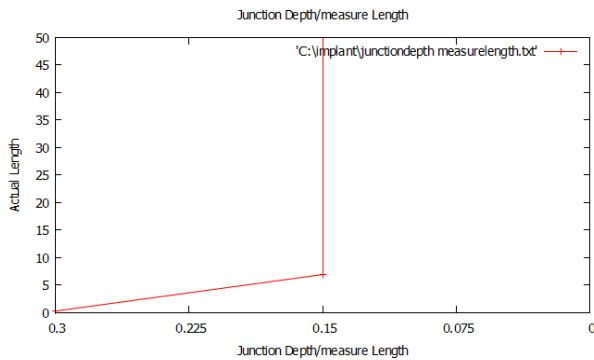


Figure 18 접합깊이에 대한 실제 채널길이

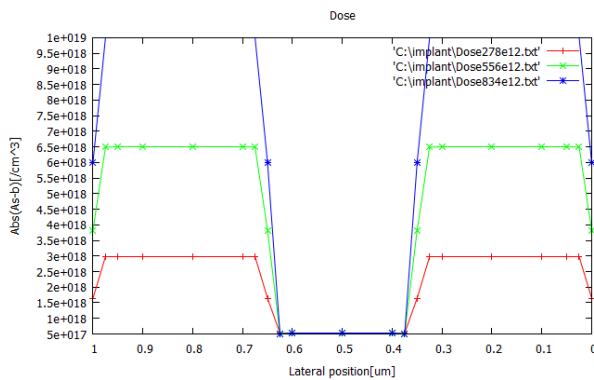


Figure 19.a Dose 양에 따른 실제 채널길이

이어지는 전체 Series 직렬 저항이 급작스럽게 커져 비효율적인 MOSFET이 된다.

위의 내용을 종합하면 일정 Sheet Resistance를 유지하고 Junction Depth를 최소로 하며, 이를 통해 타겟 채널길이와 측정 채널길이를 최대한 비슷하게 하여 공정 오차율을 최소로 하는 Dose 값을 Fig. 6.을 보며 구할 수 있게된다.

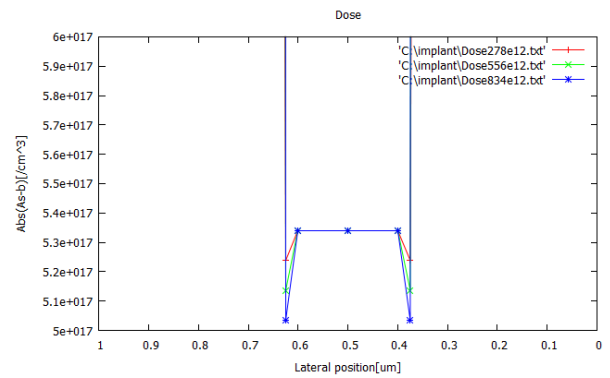


Figure 3.b Dose 양에 따른 실제 채널길이(상세)

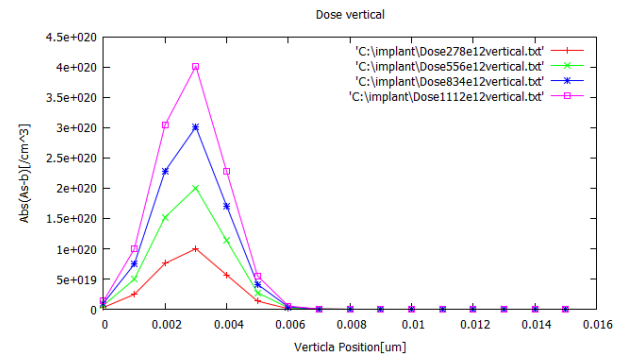


Figure 20.a Dose 양에 따른 Junction Depth

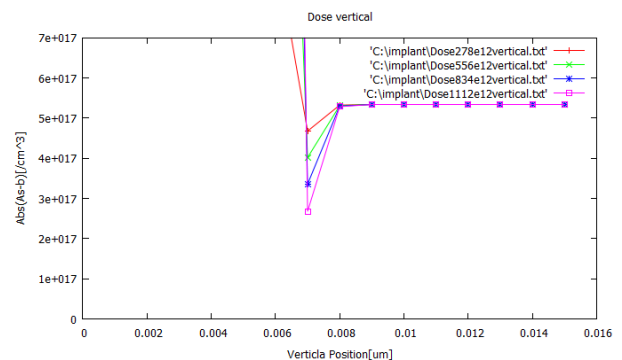


Figure 4.b Dose 양에 따른 Junction Depth(상세)

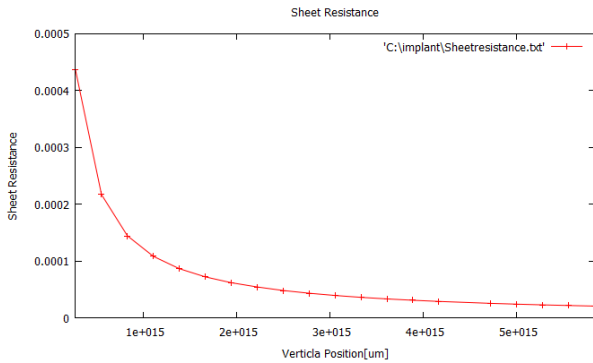


Figure 21. Dose 에 따른 Sheet Resistance

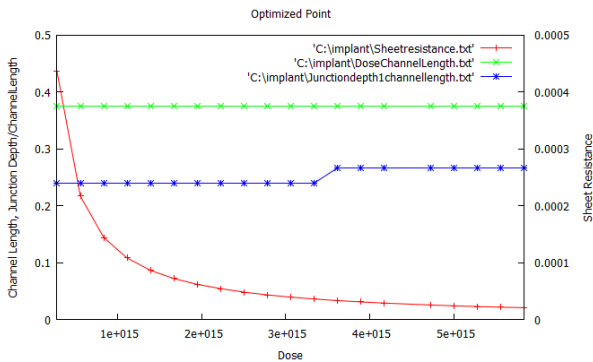


Figure 22. Dose 양에 따른 Sheet Resistance, 실제

$$\text{채널길이, } \frac{\text{접합깊이}}{\text{실제채널길이}}$$

타겟 채널길이 [μm]	실제 채널길이 [μm]	타겟대비 실제 채널길이 [%]
0.3	0.25	83
0.15	0.1	66
0.075	0	0

Table 15. 타겟대비 실제 채널길이

결론

이상에서, 나노 영역에서의 MOSFET 제작시 발생하는 문제점 및 이의 해결방안에 대하여 살펴보았다. 도핑농도, Junction Depth, 채널길이에 따른 단채널효과를 억제하기 위한 일차원적인 해석은 공정에 있어 어느정도 해결 방안을 제시할 것이다. 이외에도 이온 주입을 한후 다시 바탕 물질을 주입

하는 Halo 도핑, Source Drain 하단부 n-p 접합이 생기는 영역에 바탕물질을 도핑하면 접합위치가 올라가서 더욱 집적화된 MSOFET을 만들 수있다.

감사의 글

본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구(No. NRF-2012-M3C1A6035302)로서 이 대회를 주최한 한국연구재단과 지도교수님께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] B. Razavi, Fundamentals of Microelectronics, John Wiley & sons (2008).
- [2] B. L. Anderson, R. L. Anderson, Fundamentals of Semiconductor Devices, McGRAW. HILL (2005).
- [3] D. A. Hodges, H. G. Jackson, R. A. Saleh, Analysis and Design of Digital Integrated Circuits, McGRAW. HILL (2003).
- [4] D. J. Frank, R. H. Dennard, E. Nowak, P. M. Solomon, Y. Taur and H.P. Wong, Proc of IEEE 89, 259 (2001).
- [5] H. Iwai, S. Ohmi, S. Akama, C. Ohshima, A. Kikuchi, I. Kashiwagi, J. Taguchi, H. Yamamoto, J. Tonoani, Y. Kim, I. Ueda, A. Kuniyama and Y. Yoshihara, IEDM Tech. Dig., 625 (2002).
- [6] C. H. Choi, S. J. Thee, T. S. Jeon, N. Lu, J. H. sim, R. Clark, M. Niwa and D. L. Kwong, IEDM Tech. Dig, 857 (2002).
- [7] Y. Morisaki, T. Aoyama, Y. Sugita, K. Irino, T. Sugii and T. Nakamura, IEDM Tech. Dig, 861 (2002).
- [8] S. Thompson, P. Packan, T. Ghani, M. Stettler, M. Alavi, I. Post, S. Tyagi, S. Ahned, S. Yand and M. Bohr, IEDM Tech. Dig, 132 (1998)