

확산이음형규소반도체검출기에서 방사선포임 결합들에 의한 전기적특성변화

리수경, 고병춘

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《모든 과학자, 기술자들이 과학기술발전의 추세에 맞게 첨단과학과 기초과학발전에 힘을 넣어 나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제20권 62페이지)

방사선측정에 리용되는 반도체검출기들의 수감결정속에는 방사선포임손상에 의한 결합복합체들이 형성되므로 검출기의 방사선측정정확도가 점차 나빠지게 된다.[1, 2] 현재 여러가지 방사선포임결합들에 의한 반도체검출기들의 전기적특성변화를 직접 측정평가하는것은 매우 어려운 문제로 제기되고있다.

본문에서는 반도체소자모의프로그램인 ATLAS TCAD[3]를 리용하여 확산이음형규소 반도체검출기의 방사선수감결정속에 만들어지는 몇가지 방사선포임결합복합체들의 농도에 따르는 p-n이음용량과 루설전류변화에 대한 컴퓨터모의평가를 하였다.

1. 검출기의 구조와 동작전압결정

ATLAS TCAD에서 확산이음형규소반도체검출기는 비저항이 $100\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ (발개혼입물농도 10^8cm^{-3})이고 자름면이 $300\mu\text{m}^2$, 높이가 $250\mu\text{m}$ 인 p형규소단결정 바른4각기둥에 옷면으로부터 주개혼입물을 $1.9\mu\text{m}$ 의 깊이에 최대농도 $3.5\cdot 10^{21}\text{cm}^{-3}$ 가 이루어지는 가우스분포를 가지도록 확산시켜 n^+ 구역을 만드는 방법으로 모형화하였다. 결정체적구역에서 발개혼입물농도는 고른 분포를 가지며 n형옷면전체를 양극, p형밑면전체를 음극으로 설정하였다.

계산모형은 쇼클리-리드-홀재결합(SRH)모형, 농도의존(CONMOB)모형, 금지띠너비수축(BGN)모형, 오제(OUGER)모형, 평형전기마당의존(FLDMOB)모형과 충돌이온화(IMPACT SELD)모형들을 리용하였으며 그물구조에 대한 방정식 풀이는 7 697개의 마디점과 14 952개의 3각형그물들에 대하여 풀이상대오차 10^{-4} 의 조건에서 뉴턴법으로 실행하였다.

검출기의 방사선민감구역크기가 최대로 되도록 설정되는 동작전압을 결정하기 위하여 위의 검출기모형에서 역편의전압에 따르는 용량변화를 평가하였다.(그림 1)

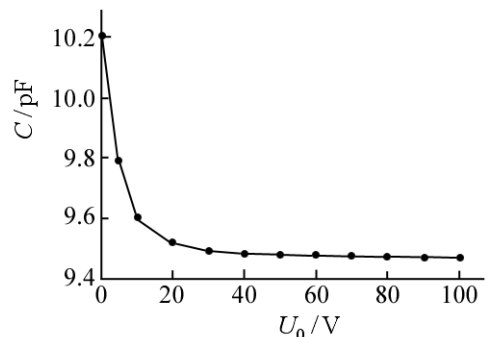


그림 1. 확산이음형검출기에서 편의전압에 따르는 p-n이음의 용량변화

그림 1에서 보는바와 같이 검출기에 걸어주는 편위전압이 증가함에 따라 초기에는 p-n이음의 용량이 급격히 작아지지만 점차 그 감소속도가 작아지면서 약 60V이상에서는 거의 일정한 값으로 유지된다는것을 알수 있다. 이로부터 60V에서의 p-n이음용량을 재료의 유전률을 고려하여 이음너비로 환산하면 약 $236\mu\text{m}$ 로서 모형검출기두께의 거의 94%를 차지하므로 이 검출기의 편위전압을 60V로 설정하였다.

2. 방사선포임결함농도에 따르는 검출기의 전기적특성변화

규소단결정에서 방사선포임에 의하여 만들어지고 안정하게 존재하는 대표적인 결함 복합체들은 A중심(빈살창점-산소원자복합체)과 E중심(빈살창점과 혼입물원자복합체), 쌍빈살창점들이다. 규소에서 몇가지 결함복합체들의 특성은 표와 같다.

표. 규소에서 몇가지 결함복합체들의 특성		
결함복합체	에너지준위/eV	나르개포획자름면적/cm ²
A중심	$E_c - 0.17$	$2 \cdot 10^{-15}$
E중심	$E_c - 0.42$	$6 \cdot 10^{-16}$
	$E_c - 0.24$	$2 \cdot 10^{-16}$
쌍빈살창점	$E_c - 0.42$	$4 \cdot 10^{-15}$
	$E_v + 0.2$	$7 \cdot 10^{-16}$

확산이음형규소반도체검출기의 수감결정속에서 방사선포임에 의하여 형성되는 A중심과 E중심, 쌍빈살창점들의 농도 C_d 에 따르는 p-n이음용량 C(편위전압 60V에서)의 변화를

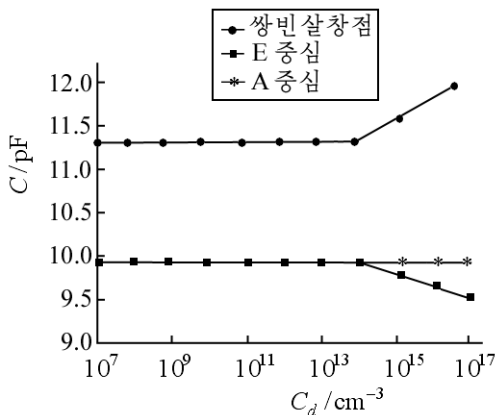


그림 2. 확산이음형반도체검출기에서 방사선포임결함들의 농도에 따르는 p-n이음용량의 변화

ATLAS TCAD로 모의하였다.(그림 2)

모의결과는 검출기를 제조한 초기에 동작전압이 60V인 경우 p-n이음의 용량 9.476pF보다 방사선포임에 의한 결함들이 존재하면 검출기용량이 증가하며 이 증가는 쌍빈살창점의 경우가 A중심과 E중심의 경우보다 더 크다는것을 보여준다. 또한 A중심과 E중심의 경우에는 결함들의 농도가 10^{14}cm^{-3} 이상으로 증가하면 p-n이음용량이 감소하기 시작하는데 E중심인 경우 용량감소가 훨씬 더 크고 빠르다는것을 보여준다. 한편 쌍빈살창점의 경우에는 10^{14}cm^{-3} 이상의 결함농도에서 다른 두 결함복합체들과 달리 p-n이음용량이 급격히 증가한다는것을 보여준다. 이것은

방사선포임에 의하여 규소반도체검출기의 방사선수감구역에 만들어지는 살창결함복합체들은 모두 수감구역의 체적을 줄이는 작용을 하며 특히 A중심과 E중심들보다 쌍빈살창점이 더 나쁜 영향을 주기때문이다.

확산이음형규소반도체검출기에서 동작전압이 60V인 경우 방사선포임결함들의 농도에 따르는 p-n이음의 루설전류변화는 그림 3과 같다.

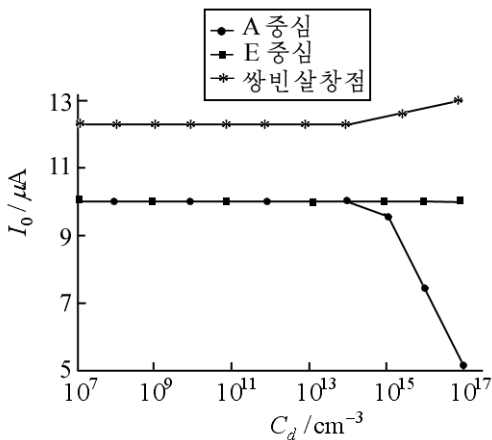


그림 3. 확산이음형 규소반도체검출기에서 동작전압이 60V인 경우 방사선조임결합들의 농도에 따르는 p-n이음의 루설전류변화

도체검출기에서 편의전압에 따르는 p-n이음의 용량변화를 밝히고 그로부터 검출기동작전압을 결정하는 방법을 확립하였다.

2) 확산이음형 규소반도체검출기에서 방사선조임결합들의 종류와 농도에 따르는 p-n이음용량과 루설전류의 변화를 평가하였다.

맺 는 말

1) ATLAS TCAD에 의하여 확산이음형 규소반

참 고 문 헌

- [1] R Wunstorff; IEEE Transactions on Nuclear Science, 44, 3, 806, 1997.
- [2] W. Jingqiu et al.; IEICE Electronics Express, 13, 8, 1, 2016.
- [3] Atlas User's Manual, Device Simulation Software, Silvaco, Inc., 1570, 2013.

주체107(2018)년 6월 5일 원고접수

Change of Electrical Characteristics Owing to Radiation Induced Defects in Diffusion Junction Silicon Semiconductor Detector

Ri Su Gyong, Ko Pyong Chun

We have studied the p-n junction capacitance and leakage current changes attendant on radiation induced defect complexes in the diffusion junction silicon semiconductor detector by device simulation code ATLAS TCAD.

Key words: radiation induced defect, junction capacity, ATLAS TCAD