

# PIN형 반도체 검출기 개발 실시간 방사선량 측정용



이봉재

한국원자력연구소  
방사선안전관리실 책임연구원

## 1. 서론

우리나라는 경제적 부흥을 위하여 국가 산업의 원동력으로 원전을 도입한 이래 지금은 세계 7위 수준의 많은 원전을 가동하고 있으며 국내 전력수요의 40% 이상을 담당하고 있다.

또한 국내 전력수요의 증가로 인한 신규 원전이 건설되고 있으며 향후 건설도 예정되어 있다. 최근 원자력기술의 균형 발전을 위한 정부의 방사선기술(Radiation Technology)의 활성화 정책에 따라 방사선은 첨단산업과 접목으로 일반 산업에서도 많이 활용될 것으로 전망된다. 이처럼 방사선은 우리 일상생활에서 피할 수 없는 불가피한 존재가 되고 있고 우리앞에 한발짝 더 다가서게 될 것이므로 그만큼 방사선에 과도하게 노출될 확률도 증가하고 있다고 볼 수 있다. 한편 국제방사선방사선방호위원회에서는 선량한도를 하향 조정한 ICRP 60을 발표함에 따라 대부분의 국가에서 이 권고안을 도입하고 있으며 우리나라에서도 2001년도에 입법화함으로써 방사선 피폭의 선량한도가 강화되었다. 이러한 추세에 따라 모든 방사선작업자종사자 개인의 방사선피폭은 방사선방호의 기본 개념인 ALARA정신에 따라 개인의 피폭방사선량을 용인할 수 있는 수준으로 유지하여야 하며 관련 법규정에 따라 개인의 연간 선량은 영구히 기록 보관되어야 한다. 이러한 점에서 개인의 피폭선량을 측정하는 정밀한 개인선량계에 대한 연구 개발이 더욱 필요하게 되었다.

법정 개인선량계로 사용되는 TLD와 필름벤티지와 같은 수동형 선량계(passive dosimeter)는 선량계의 착용기간동안 개인의 피폭방사선량을 사후에 정확하게 측정할 수 있지만 개인피폭방사선량에 대한 정보를 방사선작업 현장에서 제공하지는 못하며, 특히 방사선 사고시에는 심각한 피폭을 초래할 수 있다. 이러한 단점을 보완하고 방사선작업 현장에서 효과적인 개인의 방사선 피폭관리를 위하여 능동형 선량계(active dosimeter)인 포켓 도시메타가 사용되어 왔으나 이 선량계는 측정오차가 크며 외부 충격에 약한 단점을 가지고 있다. 전자기술의 발달과 함

계 방사선검출기로서 GM계수관을 이용한 알람메타와 전자식 개인선량계가 개발되어 사용되었으나 GM계수관은 방사선 에너지와 측정범위의 한계 등의 단점을 갖고 있다.

국외에서는 PIN형 반도체 방사선 검출기를 선량계로 응용하기 위한 기술은 많은 연구진에 의해 연구되어 왔으며, 최근에는 PIN형 반도체 방사선 검출기를 이용한 전자식 개인선량계와 피폭선량 판독시스템이 개발되어 사용되고 있다. 이 시스템은 즉각적인 선량 및 선량을 표시기능, 정보기능, 피폭이력의 제공 및 선량자료의 관리 효율성 등의 장점을 갖고 있어서 개인의 피폭방사선을 효율적으로 관리하기 위하여 보조선량계로서 원자력 관련 시설에서 널리 사용되고 있으며 우리나라에서는 고가임에도 불구하고 전량 외국에서 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 국내에서도 PIN형 반도체 방사선 검출기를 사용한 전자식 개인선량계가 연구 개발되어 사용되고 있다.

그러나 선량평가를 위한 반도체 방사선 검출기에 대한 연구는 아직 미진한 상태에 있다. 기존의 전자식 개인선량계는 비교적 높은 신뢰도를 가지고 피폭선량 및 피폭선량률의 측정과 사고시 경보를 제공할 수 있으나 피폭선량을 측정함에 있어서 정확도와 신뢰도를 향상시키기 위하여 개선되어야 할 문제점이 있다. 첫째 방사선 검출기로 사용되고 있는 PIN 반도체검출기는 성능을 결정하는 주요한 인자인 누설전류에 의한 잡음이 크기 때문에 측정된 피폭선량의 신뢰도가 낮으며, 제작 공정에서 고저항 실리콘기판으로 제작되기 때문에 생산단가가 높으며, 둘째 방사선 강도의 변화에 따른 넓은 측정범위로 인한

저준위 방사선 측정에서 불확도를 감소시키기 위하여 방사선 측정감도가 향상되어야 한다. 따라서 이번 연구에서는 기존에 사용되고 있는 PIN형 반도체 방사선 검출기보다 성능이 우수하고 가격이 저렴한 반도체 검출기를 제작하기 위하여 새로운 제작 공정을 확립하여 PIN형 반도체 방사선 검출기를 제작하고, 개인 피폭방사선량 측정을 위한 검출기로서의 특성을 조사하였다. 또한 이를 이용한 전자식 개인선량계를 제작하여 그 성능을 확인하였다.

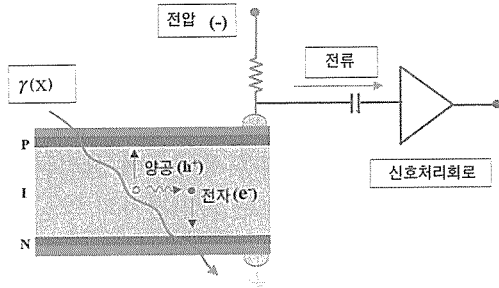
## 2. PIN 반도체의 구조와 동작원리

P형 반도체와 N형 반도체를 접합시킨 반도체를 PN반도체라고 하며, 접합면에는 공간전하영역이 형성된다. PN반도체에 역전압을 인가하면 공간전하영역이 넓어지게 된다. 전리방사선은 이 영역을 통과하여 실리콘과의 상호작용으로 생성된 과잉전자와 양공은 역전압에 의해 가전도대(valance band)에서 전도대(conduction band)로 이동함으로써 미세한 전류를 형성하게 된다. 이때 생성된 전류는 입사된 방사선의 양에 비례한다. 실리콘 반도체의 경우 외부 광자의 에너지가 3.76eV당 1개의 전자-양공쌍을 생성하므로 수십에서 수천 keV의 에너지를 갖는 방사선 측정이 가능하게 된다.

PN형 반도체 검출기의 경우 직렬저항을  $R_s$ , 부하저항을  $R_L$ , 접합정전용량을  $C_j$ 라고 하면, 그 응답속도  $\tau$ 는  $C_j(R_s+R_L)$ 에 의하여 제한받으므로  $C_j$ 를 작게 할 필요가 있다.  $C_j$ 의 크기는 역방향 전압과 기판의 비저항  $\rho$ 에 비례한다.  $C_j$ 를 줄이기 위해서 역전압을 증가

동향

시키면 암전류도 증가하게 되어 미약광의 검출이 어려워지므로 비저항을 크게 하는 것이 바람직하다. 비저항을 크게 하기 위해서 진성 반도체(intrinsic semiconductor)에 가까운 고순도의 기판을 사용한 것을 PIN형 반도체라 한다. PIN형 반도체에 역전압을 인가하면 그 전압이 대부분 진성 반도체에 걸리게 되며, 진성 반도체가 공간전하영역의 역할을 하게 되어 입사되는 광자의 대부분은 여기에 흡수된다. 따라서 PIN형 반도체는 광도전효과를 이용한 소자라 할 수 있으며 방사선에 의한 반응은 빛에 의한 반응과 동일하게 나타난다.



〈그림 1〉 PIN형 반도체 방사선 검출기의 구조와 방사선에 의한 반응 원리

〈그림 1〉은 PIN형 반도체 방사선 검출기의 구조와 방사선에 의한 전리효과 및 이를 수집하는 효과를 나타내고 있다. 방사선 에너지와 빛의 차이는 빛은 대부분이 N(n)층에서 반응을 일으키고 방사선은 투과력이 강해 공간전하영역까지도 투과하여 반응을 일으킨다. 방사선이 PIN형 반도체 방사선 검출기에 입사되면 I(i)층을 지나면서 전리작용을 일으킨

다. 이 전리작용에 의해 발생된 전자-양공쌍은 PIN형 반도체 방사선 검출기의 외부에서 인가된 전계(electric field)에 의해 전자(electron)는 N(n)영역으로, 양공(hole) P(p)영역으로 끌려가게 된다. 전자와 양공의 이동으로 생성되는 전류는 미세 신호처리 전자회로에서 펄스형태의 전압신호로 변환된다. 최종적으로 펄스의 숫자를 계수함으로써 방사선에 의한 피폭방사선량을 정확하게 측정하게 되는 것이다. 이 PIN 반도체 방사선 검출기의 제작기술은 선진국에서 공개하지도 않고, 기술이전도 기피하는 원천 기술이며, 방사선에 반응하여 피폭선량을 정확하게 측정하는 전자식 개인선량계에서 가장 핵심적인 부품이다.

### 3. PIN형 반도체 방사선 검출기의 구조 설계

PIN형 반도체 방사선 검출기의 특성을 결정하는 인자는 검출기가 역전압에서 동작될 때 발생하게 되는 잡음이다. 따라서 특성이 우수한 반도체 검출기를 제작하기 위해서는 잡음이 최소화되어야 한다. 잡음을 발생시키는 주요 원인은 누설전류(leakage current)이다. 누설전류는 반도체 소자에 존재하는 불순물인 소수캐리어에 의해서 증가한다. 불순물은 제작 공정 과정에서 오염물질의 침투에 의한 것이다. 이러한 불순물들은 실리콘의 에너지 밴드 사이에서 포획준위를 형성하여 검출기에서 생성되는 캐리어의 이동도와 생성수명을 감소시켜 검출기의 특성을 저하시킨다. p+층면의 실리콘 기판과 SiO<sub>2</sub>층 사이의 경계면에 열적으로 생성되는 oxide 캐리어에 의해서도 표면의 누설전류가 증가된다. 또한

p+층과 n+층을 형성하기 위한 이온주입(ion implantation)에 의하여 생성되는 결함과 Si 기판에서 개별 소자로 분리하기 위하여 기판을 절단하는 과정에서 생성되는 결함에 의해서도 누설전류가 크게 증가한다. PIN형 반도체 방사선 검출기는 누설전류를 최소화하기 위해서는 반도체내에서 존재하는 불순물을 억제하고, 생성되는 캐리어(carrier)의 수명을 크게 해 주어야 한다. 이를 실현하는 방법은 실리콘 기판상에 gettering 기술을 적용하여야 하며, 소자의 가장자리는 guard ring 구조를 갖도록 하여야 한다.

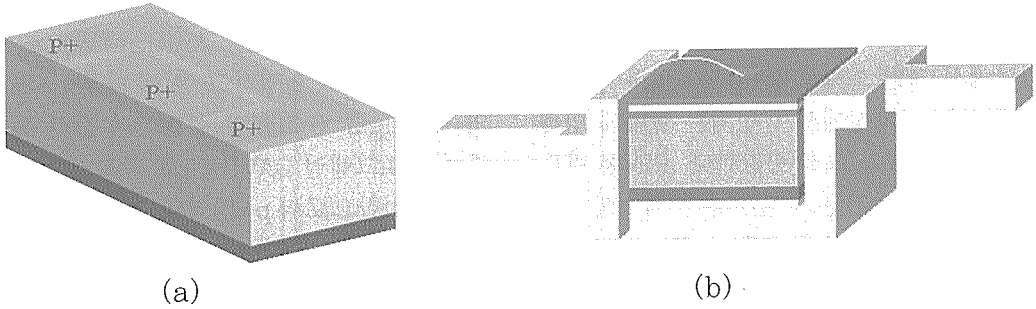
일반적으로 PIN 반도체 방사선 검출기의 누설전류를 적게 하기 위하여 수 kΩ cm의 고순도 실리콘 웨이퍼위에 제작되고 있는 것으로 알려져 있다. Kemmer는 오염 물질을 줄이기 위한 공정을 적용하여 누설전류가 공핍층(deplete area) 100μm에서 1nA/cm<sup>2</sup> 이하로 유지되는 것으로 보고하였으며, Holland는 일반적인 집적회로 공정에 gettering과 guard ring 기술을 적용하여 누설전류가 공핍층 250~300μm에서 1~3 nA/cm<sup>2</sup> 가 되는 것으로 보고하였다.

고순도 실리콘 웨이퍼를 사용하는 방법은 누설전류도 크고 제작단가가 높다. 따라서 본 연구에서는 가격이 저렴한 저순도 실리콘 웨이퍼에서 PIN형 반도체 검출기를 설계 제작하였다. 반도체 공정 변수를 분석하는 프로그램인 TSUPREM-IV와 소자의 전기적 특성을 분석하는 프로그램인 DAVINCI를 이용하여 p+층의 폭(width)과 이온주입(ion implant)되는 붕소의 농도 변화에 따른 누설전류의 변화와 열처리 공정에서 SiO<sub>2</sub>층에 의한 불순물의 차단 효과를 전산모사를 하였다.

검출기의 구조를 설계하기 위하여 먼저 소자의 크기는 1mm(L) × 1mm(W) × 5μm(H)로 임의로 설정하고, 이에 따른 p+영역의 폭을 1μm, 0.5μm로 설정하여 소자 특성 분석 프로그램인 DAVINCI로 각각의 누설전류를 분석함으로써 p+영역의 크기에 따른 누설전류 변화를 분석하였다. 또한 p+영역, i 영역과 n+영역의 도핑 농도는 각각 3 × 10<sup>20</sup> cm<sup>-2</sup>, 1 × 10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup>, 1 × 10<sup>21</sup> cm<sup>-2</sup>로 설정하고 p+농도 변화에 따른 누설전류를 측정하였다. 이 분석결과를 토대로 감지하고자 하는 에너지대역의 방사선 특성, 특히 침투깊이 등을 고려하여 소자의 구조를 3mm(L) × 3mm(W) × 250μm(H)로 수정하고, p+영역의 폭은 1μm, p+ 영역의 도핑 농도는 3 × 10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup>, 4 × 10<sup>15</sup> cm<sup>-2</sup>, 3 × 10<sup>16</sup> cm<sup>-2</sup>로 변화시키며 특성을 분석하였다. 전산모사 결과로부터 가장 우수한 특성을 나타내는 구조를 선정하였으며, 이에 따른 실리콘 웨이퍼는 Floating zone 기법으로 제작된 저순도 웨이퍼인 400Ω cm, i 영역의 두께는 250μm로 결정하고 p+영역과 n+영역의 두께와 농도는 각각 0.5μm와 4 × 10<sup>15</sup> cm<sup>-2</sup>로, p+영역의 금속 접합 크기는 0.5μm로 설정함으로써 주요 공정변수를 설정하였다. 또한 guard ring구조의 효율성을 검출기의 절단면 가장자리에서의 누설전류 분포의 관점에서 분석하여 최종적으로 <그림 2>와 같은 구조의 PIN형 반도체 방사선 검출기를 설계하였다.

#### 4. PIN형 반도체 방사선 검출기의 제작공정

전산모사를 통하여 설계된 PIN 반도체 방사선 검출기의 구조와 공정변수를 사용하여



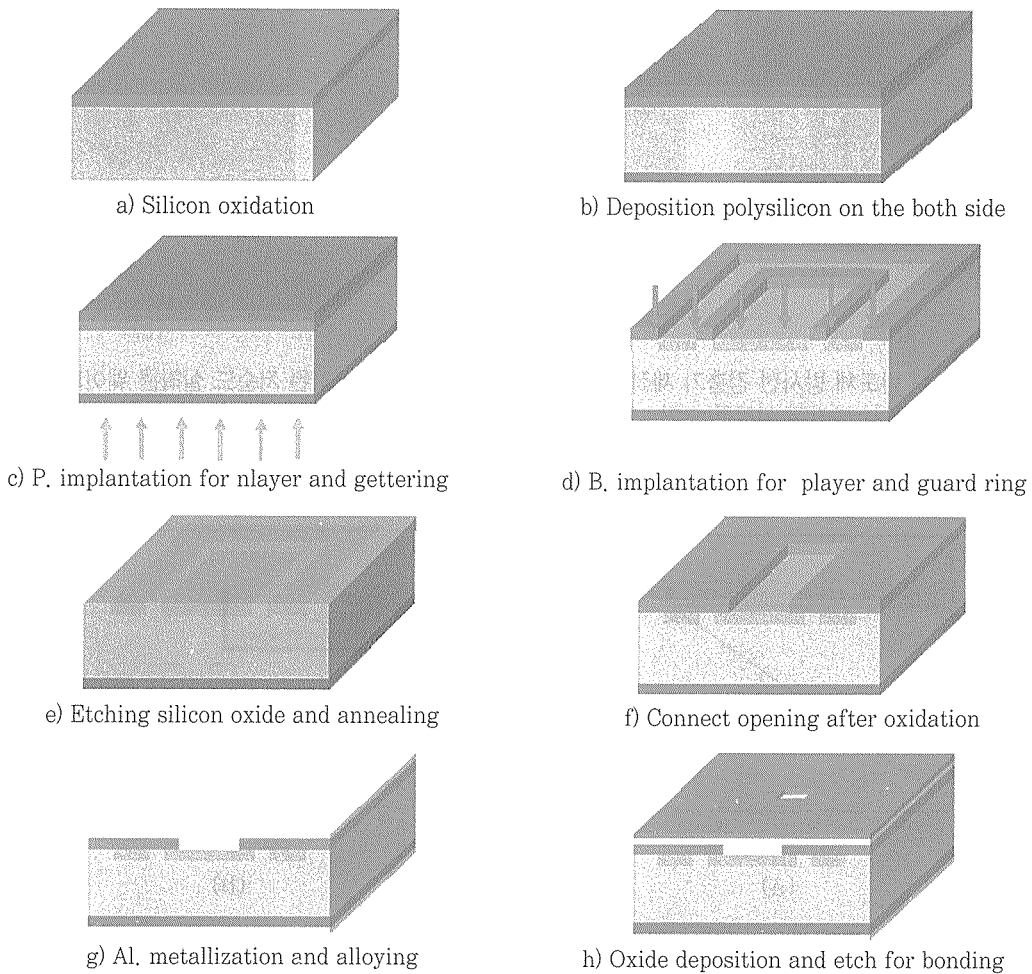
〈그림 2〉 설계된 (a) 실리콘 웨이퍼의 구조와 (b) PIN 반도체 방사선 검출기의 구조

검출기를 제작하였다. 제작에 사용된 실리콘 기판은 floating zone 기판으로서 두께 250  $\mu\text{m}$ , 직경 4 inch, 저항 400 $\Omega$  cm, 격자 방향이 <100>인 p형 기판을 사용하였다. 〈그림 3〉에서 보는 바와 같이 제작 공정은 먼저 기판의 앞면에 1 $\mu\text{m}$ 의 산화막을 증착하고 LPCVD로 양면에 1 $\mu\text{m}$ 의 다결정 실리콘 (poly silicon)을 증착한 다음 뒤면에 get-tering을 위하여 이온주입 (ion implantation)으로 균일하게 인(phosphorous ; 50 keV,  $4 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup>)을 도핑(doping)하여 n+영역을 형성하였으며, 전면의 다결정 실리콘을 제거하고 photolithography를 사용하여 p+ 영역과 guard ring 영역을 형성하기 위한 window를 열고 붕소(boron ; 50 keV,  $4 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup>)를 1 $\mu\text{m}$  증착하였다. i 영역내의 불순물을 제거하기 위하여 900 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2hr동안 열처리를 실행하였다. 후속 공정을 위하여 불순물 등으로 오염된 산화막을 모두 습식 식각을 사용하여 제거하였다.

검출기의 전극을 증착하기 위하여 다시 산화막을 증착하고 photolithography를 사용

하여 금속접합을 위한 window를 열어 sputter로 알루미늄을 0.1 $\mu\text{m}$  증착하였다. 이 위에 다시 한 번 산화막을 증착하고 wire bonding용 pad를 형성하기 위한 window를 열어 검출기의 제작 공정을 완료하였다. 전극단자는 우선 구리 foil에 마스크를 사용하여 전극단자의 패턴을 제작한 다음 은을 코팅하였으며 특히 검출기의 옆면에 연결되는 전극단자의 경우에는 핀과 전극단자 패턴을 silver soldering을 사용하여 접합하였다. 검출기와 wire bonding을 하여 전극 단자를 연결한 후 epoxy resin으로 passivation을 하고 검출기의 앞면에 에너지 필터인 1.1 mm의 알루미늄을 부착시키고 최종적으로 epoxy로 코팅하여 〈그림 4〉의 PIN 반도체 방사선 검출기를 제작하였다.

제작 완료된 검출기의 전기적 특성은 p+층과 n+층에 역바이어스를 인가하고 guard ring에는 전압이 인가하지 않고 측정되었다. 온도의 변화에 따른 검출기의 누설전류는 60 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2nA로 측정되었다. 누설전류는 공간 전하영역 두께 250 $\mu\text{m}$ , 역바이어스 3.6V에서 0.165nA로 측정되었으며, 항복전압

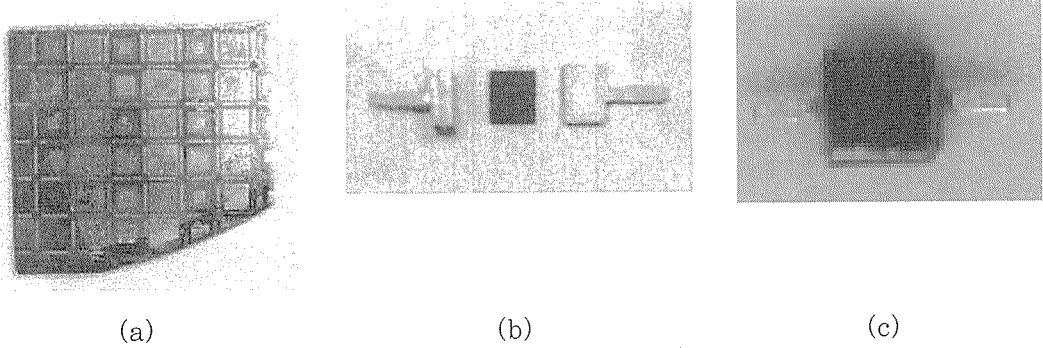


〈그림 3〉 본 연구에서 개발된 PIN형 반도체 방사선 검출기의 제작 공정

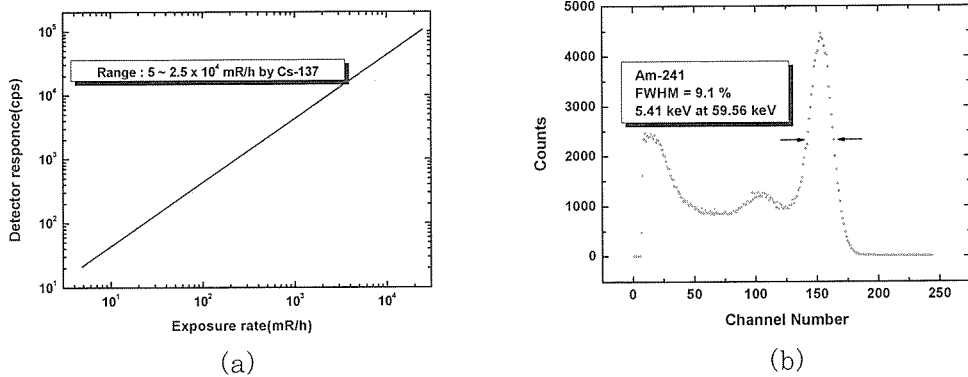
(breakdown voltage)은 기존 검출기에서 보다 큰 55V인 것으로 나타났다. 따라서 제작된 검출기의 전기적 특성은 <표 1>과 같이 기존 검출기보다 우수한 것으로 나타났다.

개인선량계의 검출기로서 사용 가능성을 시험하기 위하여 Cs-137 선원을 이용하여 조사선량률 5mR/h ~ 25R/h의 범위로 조사하였다. 방사선 반응 특성은 양호한 선형성

을 보였다. 또한 저에너지에 대한 방사선 반응 특성을 확인하기 위한 Am-241에 대한 검출기의 반응 스펙트럼의 측정에서 에너지 59.56keV에 대한 반치폭은 5.41keV보다 적은 것으로 측정되었다. 이는 제작된 검출기의 에너지 분해능이 9.1%인 것으로서 <그림 5>에서 보여주는 바와 같이 기존의 검출기보다 성능이 향상된 것으로 나타났다.



〈그림 4〉 PIN 반도체 방사선 검출기 제작 (a) 새로운 제작 공정으로 처리된 저순도 실리콘 웨이퍼 (b) 웨이퍼에서 분리된 실리콘(크기 : 3 x 3 x 0.25mm)과 전극 (c) 제작 완료된 PIN 반도체 방사선 검출기(크기 5 x 5 x 3mm)



〈그림 5〉 PIN 반도체 방사선 검출기의 (a) Cs-137에 의한 선형성 (b) Am-241에 의한 반응 스펙트럼

〈표 1〉 PIN형 반도체 방사선 검출기의 전기적 특성 비교

전기적 특성	기존 PIN형 반도체 방사선 검출기	개발된 PIN형 반도체 방사선 검출기
동작전압	3.6 V	3.6 V
3.6V에서의 누설전류	< 3nA	< 0.165 nA
3.6V, f=1 MHz에서의 정전용량	23 pF	8.3 pF
최대동작전압	32 V	55 V
60 °C에서의 누설전류	55 nA	2 nA
20V에서의 누설전류	3800 nA	450 nA

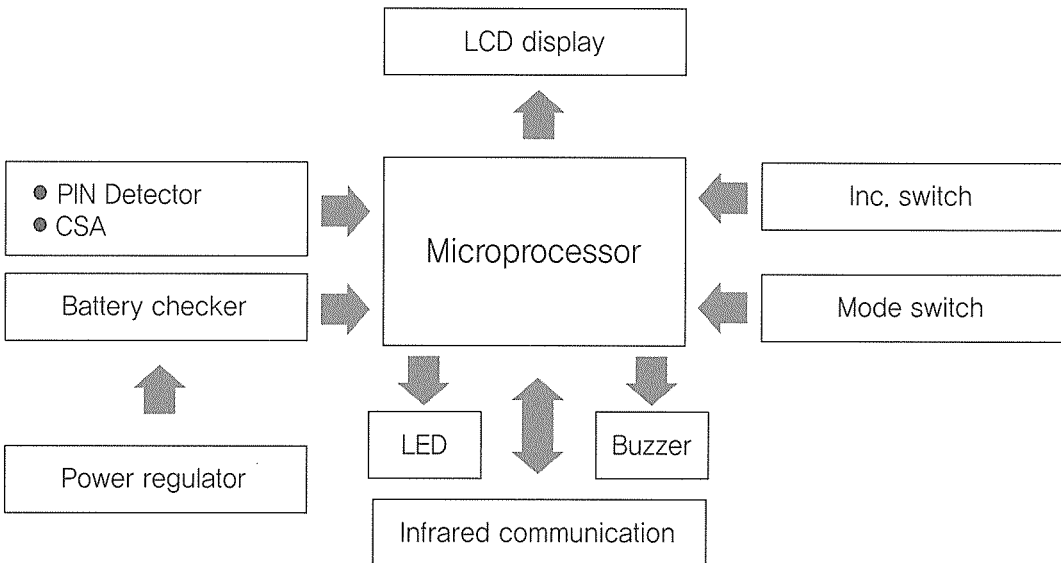
### 5. 전자식 개인선량계

전자식 개인선량계의 전자회로는 검출기의 신호를 처리하는 아날로그 부분과 신호를 계수하고 선량계를 동작시키는 디지털 부분으로 나누어 <그림 6>과 같이 설계 제작하였다. 그 구성은 감마방사선에 의해 전기적 신호를 발생하는 PIN형 반도체 검출기, 검출기에서 출력되는 신호의 펄스 형성 및 신호를 증폭하는 전치증폭기와 주증폭기로 구성되는 미세 신호처리 전자회로와 측정자료를 나타내는 LCD 표시장치, 사용자에게 경보를 주는 경보장치, 판독기와의 통신을 위한 적외선 통신장치, 직류전원장치, 선량계를 교정할 수 있고 독립적으로 동작하도록 변수를 설정하기 위한 Keypad, 선량계를 제어하는 마이크로프로세서 및 메모리 장치로 구성된다.

방사선에 의한 PIN반도체 방사선 검출기에서 생성되는 수 nA의 전류신호를 처리하는 미세 신호처리 전자회로는 방사선계측회로에서 사용되는 전하감도형(charge sensitive type)으로서 hybrid형 전치증폭기와 IC 칩을 설계하여 <그림 7>과 같이 제작하였다. 기존의 미세 신호처리 기술은 방사선에 의한 반응 감도가 낮아 저준위 방사선에서 정확도가 낮다.

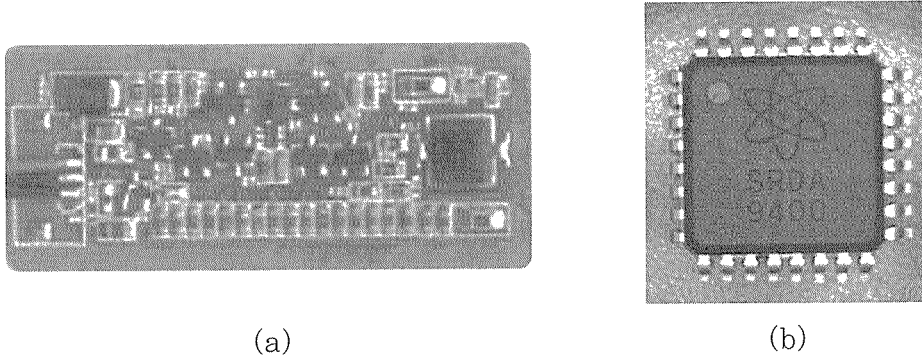
정확도를 향상하기 위하여 방사선에 의해 생성된 전압 펄스의 폭을 얼마나 적게 하느냐에 달려 있다. 따라서 본 연구에서는 전압 펄스폭을 12마이크로초 이하가 되도록 미세 신호처리 기술을 개발함으로써 방사선 반응 감도는 기존 기술보다 27% 이상 향상된 3.8 Gy/h/cps인 것으로 확인하였다.

마이크로프로세서는 16bits RISC 구조를

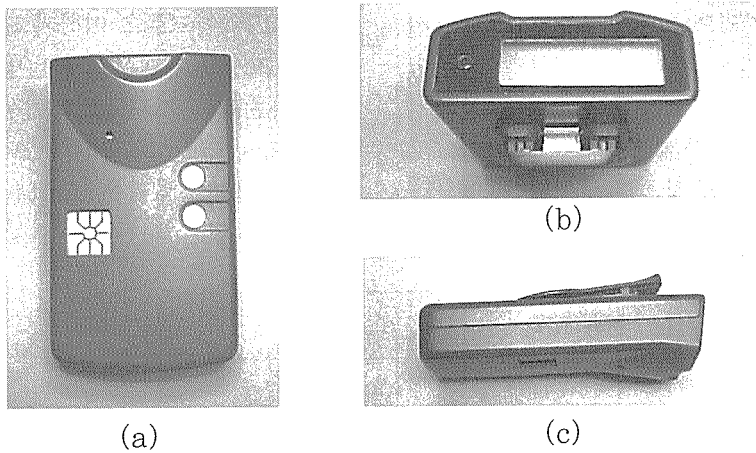


<그림 6> 설계된 전자식 개인선량계의 구성도





〈그림 7〉 미세 신호처리 전자회로 (a) hybrid형 (b) IC 칩



〈그림 8〉 제작 완료된 전자식 개인선량계(크기 : 84 × 48 × 24 cm)  
(a) 앞면 (b) 위면 (c) 옆면

갖으며, 24kbyte × 256byte의 Flash 프로그램 메모리와 1kbyte의 데이터 메모리를 갖고 있으며, 160segments LCD를 제어할 수 있는 Texas instrument사의 MSP430F436IPZ chip을 사용하여 디지털 부분의 전자회로 기판을 제작하였으며 최종적으로 〈그림 8〉과 같은 전자식 개인선량계를 개발하였다.

전자식 개인선량계는 방사선 작업 환경에서 개인이 받는 선량을 정확하게 측정하여야 하며, 또한 주변의 환경 즉 온도, 충격, 전자기파 등에 의한 영향을 받지 않고 안정하게 동작하여야 한다. 이러한 성능을 확인하기 위하여 방사선 반응특성 시험은 한국원자력연구소에서 수행하고, 기계적 성능시험과 주

〈표 2〉 제작된 전자식 개인선량계의 성능시험 결과

시험항목	국제기준(IEC61526)		시험결과
	시험범위	기준한계	
측정범위	선량 Hp(10): 10 Sv	선량 : ±15 %	<± 10 %
	선량률 : 1 Sv/h	선량률 : ±20 %	<± 10 %
감마선 에너지	50 keV ~ 6 MeV	±20 % (Cs-137)	<± 10 %
방향성 ; 감마선	0 ° ~ ±60 °	±20 % (Cs-137)	<± 8 %
선량률 의존성	1 Sv/h	±20 %	<± 10 %
낙하시험	1.5 m	±10 %	±0.41 %
진동시험	2 gn (10 ~ 30 Hz)	±15 %	±5.8 %
Microphony	10 cm	<1 μ Sv	<1 μ Sv
동작온도	-10°C ~ 40°C	±20 %	±18.7 %
온도충격	-10°C 와 50°C	±15 %	±13 %
	-20°C ~ 50°C	±50 %	±27 %
상대습도	40 % ~ 90 % (35°C)	±10 %	±18 %
외부 전기장	100 V/m @ 100 ~ 500 kHz	±10 %	±10 %
	1 V/m @ 500 MHz ~ 1 GHz	±10 %	±10 %
외부 자기장	60 A/m @ 50 or 60 Hz	±10 %	±10 %
정전기 방전	8 kV, 2 mJ	±10 %	±10 %

변 환경 조건에 따른 성능시험은 산업기술시험원에 의뢰하여 수행하였다. 성능시험 결과 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 방사선 반응 특성 시험과 기계적 및 주변 환경 조건에 따른 성능시험에서도 대부분 국제기준을 만족하는 것으로 확인되었다.

## 6. 향후 전망

본 연구는 국내 방사선을 이용하는 산업에 종사하는 방사선작업종사자의 건강보호를

위하여 전량 수입하여 사용하고 있는 전자식 개인선량계를 완전히 국산화하였다는 점에서 방사선작업종사자의 안전을 순수 국내 기술로 지킬 수 있게 되었다는 점에서 커다란 의미가 있으며, 방사선방호분야에서 기술 선진화를 이루고 선진국과의 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다.

방사선을 이용하는 기술은 환자를 진단하거나 치료하는 의료분야, 생산된 제품의 품질을 확인하는 공업분야, 제조 식품의 안전성을 확인하는 식품분야 등에서 널리 활용되

고 있다.

방사선을 이용하는 기술 중의 원천 기술은 방사선 검출기의 제작기술이며 부가가치가 높은 기술이다. 초기의 방사선 검출기는 대부분 가스를 이용한 검출기를 사용해 오고 있었으나 최근 선진국에서는 성능이 우수한 반도체 방사선 검출기 등의 첨단 기술을 개발하고 있는 상황이다. 향후 국내에서도 엑스선과 감마선에 의한 피폭방사선량뿐만 아니라 베타선과 중성자선에 의한 피폭방사선량을 측정할 수 있는 고기능 고품질의 전자식 개인선량계를 개발하기 위하여는 각종 반도체 방

사선 검출기의 연구 개발에 더 많은 투자가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구를 통해 개발된 선진국에서 기술이 전이나 공개를 기피하는 원천 기술인 첨단 반도체 방사선 검출기의 설계 제작 기술을 바탕으로 향후 의료분야와 산업분야에서 수입하여 사용되고 있는 첨단 방사선영상검출기의 국산화 노력에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

본 연구 개발은 과학기술부 원자력실용화 사업의 후원으로 (주)에스에프테크놀로지(대표 채현식 박사, [www.sftechnology.co.kr](http://www.sftechnology.co.kr))와 공동으로 수행한 것에 감사드립니다. 