



디지털 영상 진단 소자용 첨단 세라믹 반도체 소재 기술

글 _ 오민석
전자부품연구원

1. 서론

최근 건강관리에 대한 관심의 증가 및 의료 기술의 발달로 인하여, 인류의 평균 수명이 증가하고 있다. 이러한 삶의 패러다임의 변화에 따라, 과거에는 단순히 먹고 사는 문제에 대한 관심이 대부분이었다면 최근에는 건강하고 오래 사는 것, 즉, 삶의 질에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 삶의 질을 향상시키기 위해서는 경제적인 풍요로움이나 안정된 사회적 지위 등도 중요할 수 있겠지만 무엇보다도 건강한 신체를 유지하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있겠다. 이처럼 신체적인 건강을 유지하기 위해서는 규칙적인 운동이나 올바른 식생활을 통하여 예방적인 차원에서 건강한 신체와 정신을 유지하는 것이 중요하고, 노화에 따른 신체 기능의 저하 또는 질병에 따른 신체 기능의 손상 등에 대하여 정확히 진단하며 이에 따른 적절한 치료를 수행하는 것이 중요하다. 이와 같은 질병 등의 진단 및 처치를 위해서 현재까지 많은 의료기술과 기기들이 발전을 해왔고, 특히 기존에 발전되어 왔던 의료기기들은 최근의 반도체, 통신, 디스플레이 등 과학기술의 급속한 발전과 디지털화 등과 맞물려 급속한 속도로 새로운 고기능성 기기들이 개발되고 있는 실정이다. 이러한 개발 동향을 살펴보면, 세계 의료기기 시장의 85%를 차지하는 미국, 일본, 유럽 등 의료기기 선진국의 인구고령화 또한 가속화되고 있으며, 고령인구에 특화된 의료 서비스 및 고령친화 의료기기에 대한 신규 수요가 계속 증대될 것으로 전망되고 있다.

이러한 의료기기 산업은 특정 분야에만 한정된 기술로 이루어지는 산업이 아닌 의료기기 제품의 설계 및 제조에 관련된 다양한 분야의 축적된 기술이 필요한 분야로써, 임상학과 전기, 전자, 기계, 재료, 광학 등의 여러 가지 분야의 공학 기술이 융합된 응용 기술이며, 궁극적으로는 이러한 의료기기의 개발을 통하여 인간 삶의 질을 향상시키는 것을 목표로 하는 보건의료의 한 분야라고 할 수 있다.^{1,2)} 우리나라의 경우에도 고령화 국가로 진입함에 따라 이에 대비한 선진 의료 인프라 산업이 필요하며, 선진국들의 전자의료기기 관세 장벽이 강화되어 국내의 전자의료기기 부품 수입 차질이 예상되고 있어 이에 대한 대비 필요한 실정이며, FTA 체결에 따른 전자의료기기 산업 구조 고도화 전략이 필요하다. 그러므로, 이제는 단순히 임상의학 분야에서만 관심을 가지고 개발되어야 하는 산업 분야가 아니고, 모든 공학 분야에서 관심을 가지고, 기술 개발에 총력을 기울여 최고 성능의 의료기기를 개발하여 인류 건강 증진에 이바지할 충분한 필요가 있는 것이고, 공학 관련 연구자들과 개발자들도



Fig. 1. 디지털 의료기기의 예 (<http://www.samsungmedison.co.kr>).



더욱 관련 기술 개발에 참여하여 상호 협력의 시너지를 내야할 시기를 맞고 있다.

2. 기술개발의 필요성

2.1. 정책적 부합성

차세대 첨단 의료기기산업의 발전을 위해 선진국들은 의료관련 규제를 개혁하고, 경제 활성화를 위한 정책을 추진 중이고, 미국은 새로운 오바마 행정부의 주도로 IT 융합 헬스 뉴딜정책으로 새로운 사업화 촉진을 통해 경제 활성화를 꾀하고 있다. 이와 함께 한국과 같은 의료산업 기술전략 실행에 빠른 국가들의 시장 참여가 예상되며, 미국, 유럽, 일본 등 주요 경쟁국에서는 로봇, 신소재, 나노, MEMS 등의 IT 기반 치료기기 신 산업에서 세계 시장 선점을 위해 정부주도의 법제도 정비 및 R&D 정책이 추진 중이다.

우리나라의 경우 2010년 11월 “의료기기산업 육성방안”을 통해 25대 전략품목 선정, R&D 추진 및 임상지원, CE 및 FDA 등 국제인증획득 지원강화 등 의료기기 산업 고도화를 위한 정책을 마련하고 있다.

2.2. 사회/경제적 필요성

의료기기산업은 고령 인구 증가 및 ‘삶의 질’에 대한 국민의 관심증대로 고품질의 제품수요가 증가하고 있고, 삶의 패러다임이 변화하여 과거 먹고 사는 문제에서 건강하고 오래 사는 것에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 또한 첨단의료기기의 출현으로 의료기기의 일반 대중화가 가속되고 있으며, 의료기기산업은 차세대핵심 전략산업으로 우리나라에 적합한 IT·BT·NT 분야와 접목될 수 있는 High-end 기술 융합형 산업이다. 즉, IT·BT·NT 등의 기술력 축적을 바탕으로 한 전자의료기기 산업은 차세대 성장 산업으로 도약이 가능한 산업이고, 특히 IT 융복합 기술 발달로 새로운 의료서비스 공간이 탄생하게 되어 Anytime, Anywhere 서비스가 가능한 병원정보화, 홈&모바일, u-Health 등 사이버 의료공간이 탄생을 하게 되었는데 이는 의료기기의 시장 확대를 의미한다. 한편, KDI 보고서에 의하면 고용 유발 효

과는 전체 산업 평균보다 훨씬 높은 수준으로 매출 1억 증가 시 의료기기 4.5명 (약품1.5명 전체산업평균 2.2명)의 고용유발효과가 있는 산업이라고 알려져 있다.

2.3. 기술의 중요성

최근 10여 년 동안 방사선 검출 및 X-선 등의 영상 구현을 위하여 다양한 반도체 물질과 이를 이용한 반도체 디바이스 및 회로 시스템에 대한 연구가 이루어져 왔고, 의료기기 등에서 X-선 디지털 영상 시스템이 본격적으로 적용되기 시작했고, 반도체 디텍터를 사용한 영상 시스템의 경우 종래의 필름이나 가스 디텍터를 이용한 디지털 영상장치와 비교하여 높은 해상도, 넓은 동적 영역(dynamic range), 높은 전기적 신호의 생성, 손쉬운 데이터 처리 및 저장 등의 장점을 가지고 있으므로, 많은 관심을 받고 있다. 또한 실시간 영상 처리 및 재생이 가능할 뿐만 아니라 고해상도의 영상을 획득하는 데 더 적은 양의 방사선을 필요로 한다는 것은 매우 큰 장점이므로, 이러한 장점으로 인하여 반도체 방사선 영상 시스템은 의료 장비, 재료 과학 분야, 우주 물리학, 물류 감시 및 관리 시스템 등 다양한 분야로 응용이 확대되고 있다.

2.4. 산업의 특성

영상진단시스템은 산업의 특성상 다음과 같은 특징들을 가지고 있다.

- 1) 고성장 고부가가치 시스템 산업
 - 영상진단기기 산업은 높은 소득 탄력성과 지속적인 시장 창출을 통해 고성장, 고부가가치 산업으로서 국제적으로 경제적 비중이 증가되고 있는 산업
 - 향후에도 정보화·노령화 시대로의 진입과 함께 산업 내 또는 산업간 적극적인 융합화를 통해 다양한 사업 영역을 창출할 수 있는 고성장, 고부가가치 산업
- 2) 선진국 독점형 시장지배
 - 영상진단기기 산업은 타 산업과 달리 기술에 의한 진입장벽이 두터운 전형적인 선진국 독점형 첨단산업으로 미국의 GE, 일본의 도시바, 독일의 지멘스가 세계 영상 진단기기시장의 80%를 차지 (초음파 진단기

- 시장만 국내의 메디슨이 시장을 잠식하고 있는 상황)
- 영상진단 기술은 전자공학, 전산공학, 기계공학, 물리학, 화학 등 이공학 기술과 의학, 생리학 등이 복합되어 있는 특성을 갖기 때문에 복합 산업기술이 발달하고 첨단기술 운영의 경험이 풍부하며, 막대한 연구개발비를 회수할 만한 시장이 확보되어 있는 선진국에서 주도
- 3) 애프터 서비스의 중요성
- 영상진단기기의 공급 업체는 제품판매 이후에도 유지 보수를 위해 신속한 대응체제를 갖추어야 함
 - 따라서 중소기업의 기기 생산업체로서 전국적인 애프터서비스 체제를 구축하는 것이 부담으로 작용
- 4) 빠른 기술 혁신과 높은 투자 위험
- 영상진단기기 산업은 복합 첨단산업이며, 소량 전문 제품을 생산하는 산업으로 기술혁신 속도가 빠르고 제품의 라이프 사이클이 짧은 기술·지식 집약적인 특성
 - 이에 반해 관련 기술의 발전은 과학적 발명과 체계적인 연구개발 활동에 크게 의존하고 있어 많은 연구개발 투자비를 필요로 하고 투자 위험도가 매우 높은 산업
- 5) 기술 융합화 추세의 가속화
- 영상진단기기 산업은 컴퓨터, 통신, 디지털 기술의 비약적인 발전을 근간으로 전자력·정보, 계측·제어 등 각 부문간 기술 융합화 현상이 가속
- 6) 높은 신뢰성과 안전성 요구 증대
- 영상진단기기 산업은 사람의 생명을 직접 대상으로 하기 때문에 무엇보다도 품질에 대한 안전성 보장이 중요시되는 산업
 - 선진국은 FDA, UL, ISO 등 안전규격 및 품질규격을 통해 철저히 규제하고 있으며, 최근 전자파 장애 및 내성 등을 고려한 규격 및 기준 등을 강화
- 7) 높은 시장 진입 장벽
- 영상진단기기 산업은 국민 보건에 관련된 산업이므로 대부분의 국가에서 수입관세가 및 규제가 거의 없었으나, 최근 이 산업이 최첨단 산업이고 높은 기술력을 바탕으로 한 고부가가치 창출 산업이어서 각종

- 규제를 제정하여 자국시장 보호를 강화하는 추세
- 8) 제한된 수요처
- 영상진단기기 산업은 의료보험 수가에 매우 민감하여 의료기관의 수지와 직결되기 때문에 의료보험수가가 기기에 미치는 영향이 고려되어야 함
 - 그 특성상 End User는 의료 기관에 한정되어 있어, 사업 참여 및 시장 진입이 그 어느 산업보다 매우 힘든 산업으로 실 사용자와 긴밀한 관계유지가 강조되는 산업
- 9) 불투명한 유통구조
- 제품의 판매는 국제적으로 전시회의 참가 등에서 많이 이루어지고 있으나 국내의 경우 인적 네트워크와 리베이트에 의존하는 경향이 일부 존재
 - 이는 자연히 의료수가의 인상용인으로 작용할 수 있고 때때로 사회문제를 일으키기도 함

3. 영상 진단 기기

3.1. 영상 진단 기기의 정의^{3,4)}

만약 사람들이 신체에 질병이 발생하여 진료 및 치료를 위하여 병원을 찾게 된다면, 담당 의사는 환자의 내부에서 어떠한 일들이 진행되고 있고, 어떠한 질병이나 내부 손상이 발생하였는지 진단할 수 있어야 한다. 이처럼 의사가 환자를 진단하고자 할 때, 직접적인 방법, 외과적인 의료용 기구를 이용하거나, 진단을 하고자 원하는 부위를 직접 해부하여 해당 환자의 신체 내부를 들여다본다면, 환자에게 신체적, 정신적으로 많은 피해를 줄 수 있다. 그러나 의료기기의 발달은 이러한 신체의 직접적인 손상이 없이 질병이 의심되는 부위의 영상을 얻고, 이를 바탕으로 진단할 수 있도록 도움을 준다. 이러한 영상 진단방법은 특정한 장기의 이상 여부나 종양을 보여줄 수도 있고, 주위 조직에 대한 침범에 의해 어느 정도의 손상을 주었는지의 여부와 피해 크기에 대한 담당 의사의 진단에 큰 도움을 줄 수 있다. 이와같이 직접적인 외과적 수술을 하지 않고 질병이나 신체의 이상을 검사하는 영상진단기기는 현대 진단의학에서 없어서는 안 되는 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며, 전술한 바와 같이



경제와 삶의 질이 향상되면서, 건강 증진을 위한 고급 의료가 산업의 중요성이 증대되고 있는 상황에서, 전체 의료기 시장의 70% 이상을 차지하는 대표적인 첨단 고부가가치 산업이라고 할 수 있다.

“영상진단기기 기술”은 인체의 기관, 조직, 세포 및 분자의 구조, 기능, 대사 및 성분 등에 대한 정보를 정량적으로 영상화하여 질병의 진단 및 치료에 필수적인 자료를 추출, 가공, 해석, 관리 및 출력하는 기술의 총칭이다. 최근의 기술 발전에 따른 고해상도 생체 영상기술은 IT, BT 및 NT 등 융합형 기술로, 기존의 기술로는 정확히 진단하기 힘든 질병들의 진단 및 질병이 완전히 발현되기 이전의 조기 진단을 가능하게 하는 차세대 핵심기술 중의 하나이다. 대상 물체를 파괴하지 않고 외부에서 측정된 자료로부터 내부의 정보를 검사하는 기술을 통칭하여 비파괴검사(NDT, Nondestructive Testing)라고 하고, 이러한 영상 진단기기로는 X-선 촬영기기, 전산화 단층촬영기(Computed Tomography : CT), 자기공명영상진단기(Magnetic Resonance Imaging : MRI), 초음파 영상진단기(Diagnostic Ultrasound Scanner), 양전자 방사 단층촬영기(Positron Emission Tomography : PET) 등이 있으며, 이중 방사성 영상진단기로는 X-선 촬영기기, 전산화 단층촬영기, 양전자 방사 단층 촬영기를 들 수 있다. 이러한 진단 영상기기는 비 침습적으로 종양을 보여줄 수도 있고, 주위 조직 침범 여부와 크기에 대한 의사의 접근을 도와주는 것을 가능하게 하며 영상에 의한 검사는 현대 진단의학에서 없어서는 안 되는 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 또한, 빠른 속도의 연산이 가능한 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어 기술의 발달은 단순 2차원 영상보다는 3차원 영상을 이용하여 진단하는 것을 가능하게 하였고, 최근 영상 진단기기는 영상진단기기 전 분야에 걸쳐서 촬영시간의 단축, 고해상도, 입체화되어 가는 추세로 다양한 진단 분석 방법이 개발되고 있다. 그리고 의료영상의 디지털화와 빠른 진단을 위하여 의료 영상저장 전송 시스템(Picture Archiving & Communication System, PACS)이 요구되면서, 정보통신망과의 연계로 영상 압축 및 저장 기술이 더욱 중요시 되었고 지금까지 필름을 이용하는 방식에서 디지털 방식을 이용한 필름 없는 진

단방식으로 바뀌어 가고 있는 추세이다.

* PACS (Picture Archiving & Communication System)란?

의료영상 특히 방사선학적 진단 영상들을 디지털 상태로 획득한 후 고속의 Network을 통하여 전송하고, 과거의 X-Ray Film의 보관 대신에 디지털 데이터로 의료영상을 저장하며 진단 방사선과 의사들과 임상 의사가 기존의 Film View box대신에 Workstation (전산 단말기)을 통하여 Display되는 영상을 이용하여 환자를 진료하는 포괄적인 디지털 영상저장 및 전송시스템을 말한다. PACS의 궁극적인 목표는 Filmless 병원 시스템을 구축하여 보다 질 좋은 의료 서비스를 환자에게 제공하는 것이다.

또한, 영상 진단기기 시장은 기술혁신에 따라 원격진료 시장과 맞물려 향후 거대 시장으로 지속적 우위확보가 가능한 분야이며, 외과적인 수술을 하지 않고 질병이나 신체의 이상을 검사하는 방법은 현대 진단의학에서 중요성이 더욱 강조되고 있다. 영상 진단기기는 전자 의료기기 중에서 세계 시장 규모가 제일 큰 고부가가치 첨단기술 제품으로서 물리학, 화학, 의학, 재료공학, 전자공학, 컴퓨터공학 등 학제간 연구로 이루어진 결정체이다. 특히, 영상 진단기기는 전 분야에 걸쳐 진단시간의 단축, 실시간 진단, 입체화되는 추세이며, 이에 따라 특수 분야에 적용시킬 수 있는 다양한 진단 방법도 개발되고 있다.

3.2. 영상 진단 기기의 역사^{2,3)}

Biomedical Engineering Technologies의 역사적 기원을 찾아 거슬러 올라가면, 1780년대 전기생리학(electrophysiology)에서 연구된 Luigi Galvani의 “동물전기(Animal Electricity)”에서 기원을 찾을 수 있고, 1900년경 동물 조직내의 전기적인 신경 임펄스(Impulse)와 속도에 관한 이론이 성립되고, 전기 전도성에 대하여 알려졌다. 또한 혈관 내에서의 전파 전달에 관한 이론은 1808년도에 Thomas Young에 의해 연구개발 되었는데, 그는 신경펄스(nerve pulse)의 전송 속도를 알아냈으며, 생물 전기(bioelectric sources) 생산에 관련한 기초 물리학을

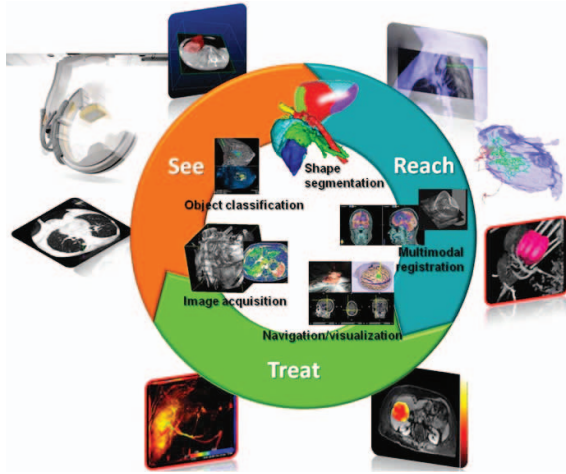


Fig. 2. 의료용 영상 진단 기술의 예.
(<http://www.polymtl.ca/medical/en/mission/index.php>)

정립하였으며, Helmholtz 공진기 (resonator)를 개발하였다. 특히, 이러한 Biomedical Engineering Technologies중 이미지 측정 장비는 생물학에 영향을 많이 미쳤는데, 그 중 1895년 Wilhelm Rontgen에 의해 발명된 X-Ray는 의학계에 커다란 충격을 주었고, 게다가 1896년에는 Siemens and General Electric사에 의해 X-Ray 장비가 팔려지기 시작했다. 또한 중요한 의료장비로 1920년대에 개발된 심전계 (electrocardiograph)와 1930년대 개발된 뇌파 전위 기록장치 (electrocardiograph)가 있다. 이처럼 X-Ray를 통하여 시작된 영상의료 장치는 1920~1930년대에는 초음파 반사 펄스를 이용한 의학 치료에 관심을 가졌으며, 1940~1950년경에는 일본, 오스트리아, 프랑스, 미국 등에서 초음파 이미지장치와 초음파 반사 펄스를 이용하는 산업에 관심을 가지고 연구하였다.

의료 영상 이미징 기술의 발전에 따라 1970년대에는 새로운 의료 영상 장치인 CT (Computerized Tomography)가 개발되었는데, 이것은 기존의 X-Ray 장치와 Computer가 연결되어 생물체의 종단면을 생성해 주는 장치이다. 1970년대 의료 영상장치의 중요한 연구개발 업적으로 Allan Cormack에 의해 연구된 회전하는 평판에서 감마선 (Gamma Ray)을 주사하여 스캔하는 방법과 David Kuhl, Roy Edwards에 의해 연구 개발된 원형 전송 CT 스캐너이다. 또한 1971년 10월 1일에는 런던에서 Godfrey

Hounsfield가 개발한 CT 스캐너로 맨 처음으로 인체의 CT 이미지를 촬영하여 협회에 발표하였다.

한편으로는 1970년대의 핵 자기 공명 (NMR: Nuclear magnetic resonance) 이미징 기술, 1983년에는 비용을 줄이고 새로운 기술이 적용된 MRI (Magnetic Resonance Imaging) 장비가 개발되었고, 1980년대의 주요한 의료 영상기술의 발전으로는 내시경 기술을 들 수 있다. 내시경 기술은 소위, 열쇠구멍 수술 (Keyhole Surgery)이라고 불리며, 광섬유 기술의 발달과 기계의 소형화가 이러한 내시경 기술의 발달을 가져왔다. 또한 1980년대의 영상 의료기기의 특징은 X-Ray, 초음파 진단기기, MRI 기기 시장 및 기술의 성장과 spiral CT 및 superfast CT 기기 시장의 성장을 들 수 있다. 1990년대에도 영상 의료 진단기기 시장은 왕성한 성장을 계속하여, 90년대의 영상의료기기의 혁명은 컴퓨터 칩, 비디오 카메라 기술의 발달과 3-D 비디오 시스템의 발달로 수술 장비의 놀라운 발전을 이루었으며, 이러한 RF 송신기와 이미지 센서 기술의 발달은 의료 영상 기기의 기관지 내시경, 관절 내시경 검사, 정맥 천자(穿刺) 등의 내과 의사들의 수술에 커다란 혁명 이었다. 2000년대에 들어서 통신망 기술의 발달과 인터넷의 대중화에 의해 기존의 영상 의료기기에 인터넷 망을 응용하는 시스템 및 방법에 관한 기술들이 등장하고 있으며, 이러한 발달된 통신망을 기초로 원격 진료 등 또 다른 발전을 꾀하고 있다.

3.3. 영상 진단 기기의 응용 분야²⁾

1) X-Ray (Radiography) - 방사선촬영기

X-Ray 진단기는 X-선의 감쇄 특성을 이용하여 인체를 비침습적으로 진단하는 기기이며, 최근에는 아날로그 필름 없이 직접 Digitalizing하는 방법이 개발되고 있다.

2) CT (Computed Tomography) - 컴퓨터 단층촬영기

CT는 X-선의 감쇄 특성과 Computer를 이용하여, 인체를 1회전하여 획득한 신호를 역투영 알고리즘을 사용하여 재구성하는 영상 진단기기이다.

3) MRI (Magnetic Resonance Imaging) - 자기공명영상 진단장치



핵 자기공명 영상화 장치는 고자장내에서 원자핵이, 인가된 고주파 에너지에 공명하여 방출하는 에너지를 측정하여 이를 재구성하여 인체의 해부학적인 정보를 얻는 기기이다.

4) 초음파 영상 진단기기 (Diagnostic Ultrasound Scanner)
초음파 빔의 반향특성을 이용하여 인체에 주사된 신호의 반향 신호를 수신하여 인체 내부의 단면을 재구성하는 영상 진단기기이다.

5) 내시경 (Endoscope)
내시경 소화기 질환을 진단하거나 치료를 직접 신체 내부에 주입하는 기기이다.

6) 적외선 진단기기 (Diagnostic Infrared Thermography)
인체에서 방출되는 미량의 적외선을 감지하여 인체의 통증부위 및 질병부위의 미세한 체열 변화를 컬러영상으로 나타내 줌으로써 인체의 이상 유무와 질병 여부를 진단하는 의료영상 진단기기이다.

4. 디지털 영상 진단 시스템

4.1. 디지털 영상 진단 시스템 개요

비 파괴적으로 피사체의 내부를 촬영할 수 있는 비 파괴 검사 기술 (NDT: Nondestructive Testing)은 의료용, 산업용, 군사용으로 많이 이용될 수 있는 중요한 기술이다. 이러한 비 파괴적 검사 시스템을 구현하기 위해서는 피사체 (ex : 환자 등)를 투과할 수 있는 입사선 (ex : X-ray 등)을 발생, 조사할 수 있는 부분과 투과된 입사선을 이미지 신호로 변환시키는 부분이 필요하다. 피사체에 조사된 입사선이 피사체를 투과하면서 피사체의 두께, 성분이나 밀도 차이에 의해 입사선의 에너지와 양의 변화 성분이 발생한다. 투과된 입사선이 직접형/간접형 광전 변환부에서 X선으로부터 전기적 신호로 변환되고, 각 pixel에 저장된 전기적 신호를 위치 정보와 함께 추출한 후, 디지털화하고 최종적으로 영상처리 알고리즘을 이용하여 완성된 하나의 영상을 구성하는 역할을 수행하게 된다.

기존에 X선을 이용한 영상 진단시스템은 조사된 X선이 피사체를 투과하게 되고, 투과된 X선은 감광 필름상

으로 이미지를 만들게 되고, 이러한 필름을 현상하여 영상 진단에 사용하게 된다. 그러나 이러한 필름을 사용한 영상 진단시스템은 필름을 현상하기 위한 현상액 등의 화학제품 등을 사용해야 하고, 현상 후에도 보관을 위한 공간이 필요하며, 필요 시 찾기도 힘든 경우가 있다. 그래서 최근에는 이러한 이미지를 필름에 형성하지 않고, 전기적 신호로 변환하여 이미지를 획득하는 장비들이 개발되어져왔고, 제품화되어 사용되고 있다.

의료용 영상진단 시스템의 경우에는 인간의 신체를 촬영하게 되므로, 신체 부위의 크기와 1:1로 촬영이 가능한 크기의 image sensing panel이 필요하게 되는데, 기존의 CCD 또는 CMOS 센서의 경우에는 이러한 크기를 제작하기 위해서는 이미지 센서의 크기 제약으로 이미지 촬영 시, 광학계를 사용하여 이미지를 얻게 되므로, 추가적인 부품이 필요하게 되고, 이미지 왜곡이 발생할 수 있는 등의 많은 난점을 가지고 있고, 고가의 제조 기술이 필요하게 된다. 그러나, 최근 급격히 발전한 디스플레이 분야의 기술 중에서 비정질 Si를 이용한 대면적 박막 트랜지스터 어레이를 제조할 수 있는 기술이 개발되어 적용되고 있기 때문에 이러한 대면적 박막 트랜지스터 기술을 적용한 디지털 영상 진단 시스템 개발이 활발히 진행되고 있다. 디스플레이 백플레인을 적용한 기술은 인간의 신체, 예를 들면, chest 크기 (17" x 17")의 패널 제작이 용이하므로, 디지털 영상진단 시스템의 많은 발전을 가져왔다.

4.2. 디지털 영상 진단 시스템의 분류

디스플레이용 백플레인 기술을 적용한 디지털 영상진단 시스템은 시스템의 구조상, 직접 변환형과 간접 변환형 시스템의 2가지로 나눌 수 있다.

직접 변환형 디지털 영상 진단 시스템의 경우에는 입사된 X선을 광전 변환층 (photoconductor)에서 직접적으로 전기적 신호로 변환한 뒤, 변환 된 신호를 추출하여 영상을 구현하는 방식이고, 간접형 디지털 영상진단 시스템의 경우에는 입사된 X선을 섬광체 (scintillator)에서 가시광선으로 변환한 뒤, 변환 된 가시광선이 광다이오드 (photodiode)를 통하여 전기적 신호로 변환되고, 변환

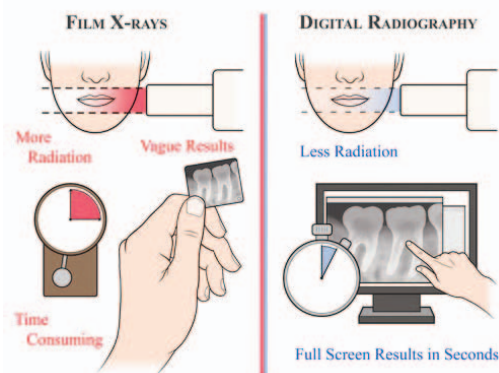


Fig. 3. Film형 과 Digital X선 진단 시스템의 예. (<http://www.drfeuer.com/technologyfacility>)

된 전기적 신호를 추출하여 영상을 구현하게 된다.

직접 변환형 시스템의 경우에는 X선이 바로 전자-정공의 쌍으로 분리되어 상하에 인가된 전압을 통하여 빠져나가게 되므로, X선의 흡수율을 높이기 위해서 두꺼워 지더라도 해상도의 저하가 발생하지 않으나, 간접 변환형 시스템의 경우에는 섬광체에서 X선이 가시광선으로 변화될 때, 가시광선의 퍼짐 현상에 의해서 해상도가 저하될 수 있다. 그리하여 간접형 영상진단 시스템의 경우에는 광 다이오드 방향으로 광로를 제한할 수 있는 구조를 가지는 소재 및 공정 기술이 필요하다.

4.3 직접형 디지털 영상 진단 시스템

직접 변환 방식의 경우, 입사선이 조사되면 광전 변환층 내부에 전자-정공 쌍이 생성되고, 양단에 인가되어 있는 전기장에 의해 전자는 양극으로, 정공은 음극으로 이

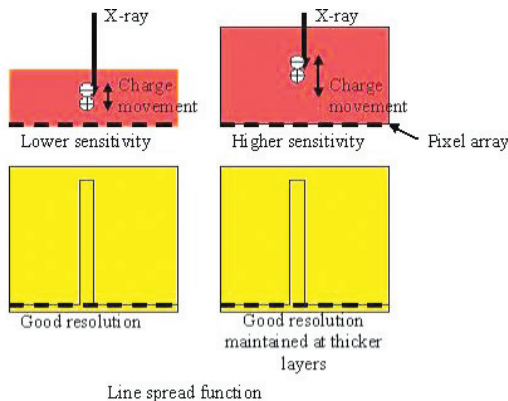


Fig. 5. 직접형 시스템 (좌)과 간접형 시스템 (우)의 경우, 두께에 따른 해상도 변화.⁷⁾

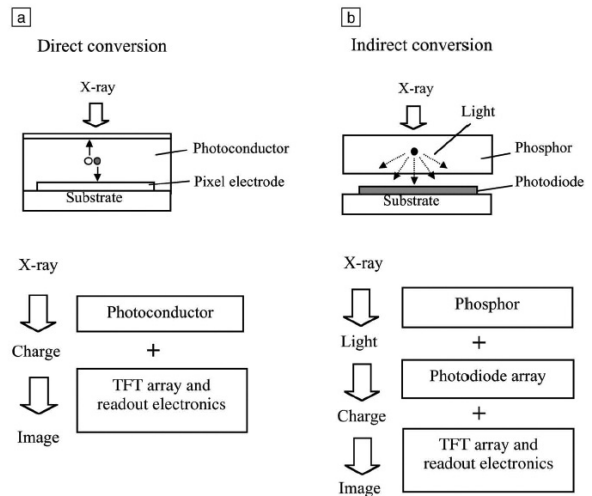
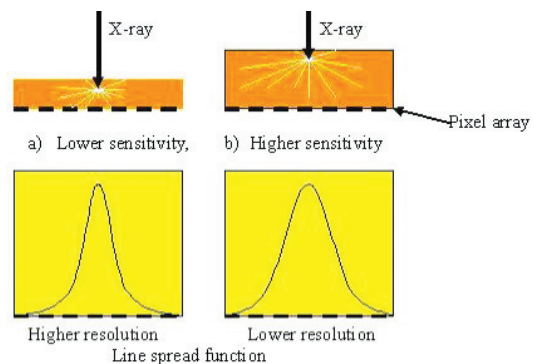


Fig. 4. (a) 직접형 (Direct)과 (b) 간접형 (Indirect) 영상 진단 시스템 원리.⁵⁾

동하고, 이러한 전기 신호를 추출하여 이미지 신호로 변환한다. 직접 변환형 디지털 영상 진단 시스템은 광전 변환부에서 입사 X선을 직접적으로 변환시키기 때문에 변환 물질로 적용 가능한 물질들이 제한적이다. 광전 변환층으로 적용이 가능한 소재는 효율적인 X선 흡수를 위해서 높은 원자번호, 낮은 전자-정공 쌍 생성 에너지, 소재 내에서의 전자와 정공의 높은 이동도 및 긴 수명을 가지는 소재와 공정 개발이 필요하다.

현재까지 가장 널리 알려져 있고, 제품으로 판매가 되고 있는 소재는 비정질 Se이지만, 비정질 Se의 경우에는 전하쌍 에너지가 크고, 온도 안정성이 크게 떨어져서, 공





	Poly-HgI ₂	Poly-PbI ₂	a-Se	Poly-CdZnTe	Comments
Atomic Number (Z)	80, 53	82, 53	34	48, 30, 52	Absorption increases with Z
Energy Band Gap (E _g)(eV)	2.1	2.3	2.2	1.5-1.7	Broader gap, lower dark current
Charge Pair Energy Formation (W)(eV)	5	5.5	50 (eff.)	4.5	Lower W, higher gain
Mobility Life-Time Product (μτ)(cm ² /V)	10 ⁻³	(h) 1.8 x 10 ⁻⁶ (e) 7 x 10 ⁻⁸	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	e: 8 x 10 ⁻³ h: 3 x 10 ⁻⁵	Higher μτ, better charge collection
Operational Electric Field (E)(V/mm)	0.2-1	0.2-1	10	1-2	Lower E, reduced risk of electrical breakthrough
Processing Temperature (°C)	120	220	100	600	Lower temperature, simpler process
Stability (°C)	>100	>200	<60	600	Phase-transition temperatures

Fig. 6. 직접형 광변환층으로 적용가능한 소재들의 특성 비교⁶⁾

정 및 운반 시에도 쉽게 재료의 변화에 의하여 특성이 열화될 수 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해서 HgI₂, PbI₂, CdZnTe 등의 재료들이 개발되어지고 있으나, 공정 온도, 암전류 등의 요구 특성들을 만족시키지 못하고 있는 실정이다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 지속적으로 X선 흡수율이 높고, 전하쌍 생성에너지가 낮으며, 낮은 암전류와 높은 안정성을 나타내면서, TFT 백플레인 상에서의 공정이 용이한 새로운 첨단 세라믹 반도체의 개발이 반드시 필요하다.

4.4 간접형 디지털 영상 진단 시스템

간접 변환형 시스템의 경우에는 직접 변환형과는 다르게, X선을 가시광선으로 변환 후, 광다이오드를 사용하여 전기적 신호로 변환시켜 사용하기 때문에 간접형이라는 표현을 사용한다. 이러한 간접 변환형의 경우에는 X선을 가시광선으로 변환하는 효율이 높아야 하고, 전술한 바와 같이 변환된 가시광선의 퍼짐 현상을 최소화시켜야 하며, 광 다이오드가 가장 민감하게 반응할 수 있는 가시광선 파장을 발광할 수 있어야 한다. 이처럼 직접형과 다르게 입사선을 가시광으로 변환시키는 이유는 직접 변환방식에서 입사선의 흡수량이 상대적으로 떨어져 일정 두께의 섬광체를 이용하여 흡수량을 높여 전기적 신호의 성능을 향상시키려는 것이 목적이다.

현재 많이 사용되는 섬광체 물질은 CsI:Tl와 Gd₂O₂S:Tb (GOS)가 가장 많이 사용되고 있고, Gd₂O₂S:Tb의 경우에는 빠른 섬광체로 많은 장점을 가지고 있으나, 광퍼짐 현상으로 인하여, 두께를 증가시킬 수 없어, 감도를 높이기 위한 두께 증가는 어렵다. 하지만, CsI:Tl의 경우에는

증착 시, 박막이 기판에 수직인 방향으로 침상으로 성장하여, X선 입사 후, 가시광으로 변환 시, 광퍼짐 현상을 억제할 수 있어서, 고해상도 구현에 장점을 가지고 있다. X선 감도를 높이기 위해서 두께를 증가시켜도 이러한 광퍼짐 억제 현상으로 인하여 고해상도가 가능하여 많이 사용되고 있는 소재이다. CsI:Tl처럼 구조적으로 광퍼짐 현상을 억제할 수 있고, Gd₂OS:Tb처럼 빠른 섬광체 특성을 동시에 나타낼 수 있는 새로운 첨단 세라믹 반도체를 이용한 섬광체 소재 개발이 이루어진다면, 기존의 난점을 극복할 수 있는 좋은 기회로 작용할 수 있다. 이와 더불어 섬광체에서 나오는 가시광을 전기적 신호로 바꿔주는 광 다이오드의 경우에 현재는 a-Si p-i-n 다이오드를 사용하고 있는데, 1 μm 이상의 두꺼운 두께로 인하여 공정상의 어려움이 있다. 향후 S/N 비율 등의 향상을 위해서 낮은 암전류 및 높은 광전 변환 효율을 나타내는 소재 개발 및 백플레인과의 공정 적합성을 고려한 공정 기술 개발이 필요하다.

전술한 바와 같이, 간접형의 경우에는 영상의 퍼짐 (Blurring) 현상 등의 고유한 문제점을 내재하고 있으나, 이러한 문제점을 해결하기 위해 Columnar 형광체를 이용하여 빛의 퍼짐현상을 막기 위한 연구, TFT 및 p-i-n 다이오드의 개구율을 높이는 연구, 마이크로 렌즈를 통해 빛의 효율을 높이는 연구 등 많은 연구가 진행되고 있으나, 근본적으로 간접방식의 디지털 X선 검출기의 내재된 문제점에 대한 획기적인 해결책이 많이 제시되고 있지 못하므로, 향후 이러한 방향으로의 첨단 세라믹 소재 및 소자 구조의 연구가 반드시 필요할 것으로 생각된다.

4.5 Flat Panel TFT Backplane

방사선에 의해 생성된 전기적 신호를 획득하는 방식은 전하를 일정시간 동안 저장한 후 읽어 들이는 전하누적 방식 (charge integration mode)과 연속적으로 신호를 읽는 광자계수방식 (photon pulse counting mode)으로 구분할 수 있고, 후자의 경우 해상도 등 영상 특성이 우수하지만 단위 픽셀 당 많은 수의 트랜지스터가 포함되는 회로상의 어려움이 있어 전자의 경우가 보편적으로 사용되고 있고, 이러한 방식 중에서 대면적 적용이 가능한 플랫

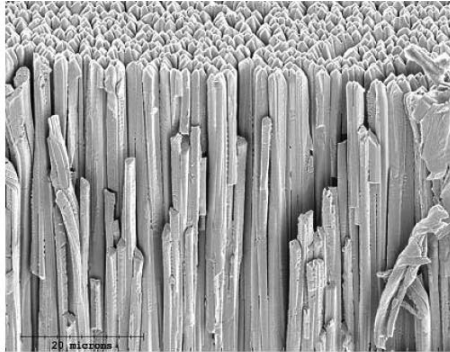


FIGURE 3 — CsI needle structure.

Fig. 7. CsI의 침상 구조 전자현미경 사진.⁷⁾

패널 (flat panel) 시스템은 반도체를 이용한 방사선 영상 장치로서 가장 널리 사용되고 있으며, 넓은 면적에 대한 영상을 얻을 수 있다.

광전 변환부에서 생성된 전기적 신호 (전하)를 추출해 내기 위해서는 광전변환부 상하부측에 전극을 형성하여 전압을 걸어주어 전하를 읽어들이게 된다. 이렇게 수집된 전하는 박막 트랜지스터로 구성된 백플레인에 저장되고, Gate Driver 및 Read-Out IC (ROIC) 등의 회로를 통하여 패널의 위치에 따른 이미지 정보를 저장하여 사용하게 된다. 박막 트랜지스터 백플레인의 경우에는 기본적으로 1개의 트랜지스터와 1개의 커패시터로 이루어져 있고, 직접형의 광전 변환층이나, 간접형의 광 다이오드를 통하여 발생한 전하를 커패시터에 충전한 후, Gate driver IC를 이용하여 픽셀마다 충전되어 있는 전하를 읽어들이어 각 픽셀별 이미지 신호를 추출하게 된다.

그러나 직접 변환형의 경우에는 X선의 흡수를 높이기 위해서 광전 변환층의 두께를 증가시켜야 하고, 이러한 증가된 두께에 의해서 전하를 읽어들이기 위해서 상하부에 높은 전압을 인가해야 하는데, 이러한 높은 전압의 인가는 전기적 절연 파괴 또는 백플레인 상의 read-out 소자들의 손상을 야기시킬 수 있는 단점을 가지고 있다.

이러한 박막 트랜지스터는 현재 TFT-LCD에서 사용되고 있는 비정질 Si 박막 트랜지스터가 적용되고 있다. 디스플레이 산업에서 오랫동안 축적된 기술을 바탕으로 무리없이 적용되고 있지만, 최근들어 고해상도, 고속 영상 진단 시스템의 필요성이 증가하면서부터 새로운 반도체

체를 적용한 박막 트랜지스터 백플레인에 대한 요구가 증대되고 있다. 현재 사용되어지고 있는 비정질 Si 박막 트랜지스터의 경우에는 전계 이동도 (field effect mobility)가 $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이하의 값을 나타내고 있는데, 고성능 영상 진단 시스템을 위해서는 더 높은 이동도를 갖는 소자가 필요하다. 그리하여 최근에는 $100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 높은 이동도를 나타내는 저온 다결정 Si (Low Temperature Poly Si, LTPS)를 이용한 박막 트랜지스터와 LTPS 박막 트랜지스터에 비해서는 이동도가 다소 낮지만, 공정이 보다 간단하고 대면적 적용이 용이한 산화물 반도체를 이용한 박막 트랜지스터의 적용이 전자부품연구원에 의해서 개발되어지고 있다.

전술한 바와 같이 비정질 Si TFT 기술의 경우에는 많은 성숙된 기술을 바탕으로 하고 있지만, 낮은 전하이동도, 반복 구동 시 소자의 특성 변화 및 외부 광 노출 시

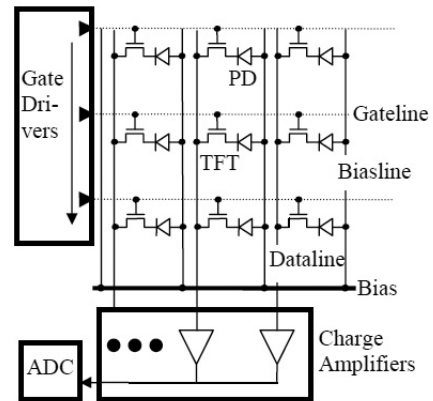


Fig. 8. 이미지 신호 추출을 위한 패널.⁸⁾

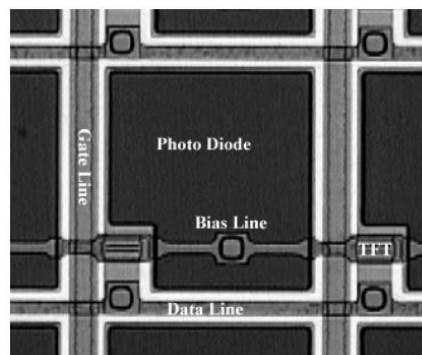


Fig. 9. 간접형 시스템의 픽셀 구조⁸⁾



발생하는 소자의 동작 특성 변화 등의 문제점들을 가지고 있는 실정이고, 현재 국내 대기업에서도 전류 구동 모드로 구현되는 organic light emitting diode (OLED)의 경우에는 기존의 비정질 Si TFT의 한계를 극복하기 위해서 많은 새로운 형태의 TFT 패널에 대한 연구 및 개발이 진행되고 있다. 대체 기술로는 low temperature poly Si (LTPS) TFT 기술을 들 수 있지만, 이 기술의 경우에는 매우 높은 전하 이동도를 나타내는 반면, 대면적 적용을 위한 균일한 레이저 어닐링 공정은 쉽지 않은 실정이다. 이러한 문제점들에 대한 해결책으로 최근 많은 관심을 받고 있는 기술은 ZnO 계열의 산화물을 기반으로 한 TFT 제작 기술이다. 산화물 TFT의 경우에는 Si TFT 기술에 비해 저온에서도 공정이 가능하며, 비정질 Si TFT에 비해 높은 전하 이동도를 나타내며, 향상된 신뢰성 특성 및 광 조사 시 보다 안정적인 특성을 나타낼 수 있는 장점들 때문에 많은 연구가 진행되고 있고, 실제로 현재 삼성, LG 등의 대기업에서도 양산 적용을 위한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

또한 최근 많은 전시회 및 학회에서 삼성과 LG는 시제품을 발표하였고, LG의 경우에는 IGZO TFT를 적용한 세계 최초 AMOLED TV를 양산하였고, 이러한 대기업의 발표는 많은 사람들의 산화물 기반의 TFT 패널 기술의 대형화에 대한 우려를 지워줄 수 있는 결과라고 할 수 있다.

현재 Digital X-ray Radiography 시스템의 경우, 17" x 17" 크기의 패널 제품이 가장 많은 개발이 이루어지고 있는 크기이므로, 디스플레이 분야에서의 대면적 패널 개발 성공은, 곧 다른 분야에서의 산화물 TFT 패널 적용 기술이 이루어 질 경우 충분히 대면적화가 가능하여 양산이 가능하다는 것을 증명하는 것이다.

또한 산화물 반도체는 기존 비정질 Si 공정에 비해서 낮은 온도에서도 증착이 가능하며, 기판의 제약울 덜 받게 되므로, 현재 LCD 라인에서 사용 중인 고가의 유리가 아닌, Soda-lime glass 기판 또는 가볍고, 충격에 강하며, 유연성이 있는 플라스틱 기반의 시스템 구현도 가능하다는 가능성을 제시해 주고 있다.

4.6. 세계 및 국내 기술 동향

플랫 패널 (flat panel) 시스템의 경우에는, 반도체를 이용한 방사선 영상장치로서 가장 널리 사용되고 있으며, 넓은 면적에 대한 X-선 영상 획득 가능하다. 현재 주류를 이루고 있는 플랫 패널 시스템은 넓은 면적의 thin film transistor-active matrix array (TFT-AMA)를 기반으로 하고, 섬광체와 a-Si 등의 포토 다이오드를 이용하는 간접 변환방식과, a-Se 등의 광전 물질을 사용하는 직접 변환방식으로서의 접근이 이루어지고 있다.

TFT-Active Matrix Array 는 X-선에 의하여 생성되어 커패시터에 저장된 전하를 횡렬 (row)을 바꾸어가며 각

Table 1. Si 기반의 TFT와 oxide TFT 소자의 특성 비교¹⁰⁾

	a-Si TFT	poly-Si TFT	Oxide TFT
세대	8G	4G	8G
반도체	amorphous Si	polycrystalline Si	amorphous InGaZnO
TFT 균일도	Good	Poor	Good
이동도	1cm ² /Vs	~100cm ² /Vs	>10cm ² /Vs
마스크 수	4-5	5-11	4-5
제조비용	Low	High	Low
신뢰성(10 ⁵ hr)	ΔVth>5V	ΔVth>0.5V	ΔVth>1.0V
회로내장	No	Yes	Yes

종렬 (column)의 신호를 주변 회로부에서 다중 수신하는 방법으로 신호를 읽으며, 현재 3,000 × 3,000 픽셀 개수에 총 영상 면적은 43 cm × 43 cm의 크기까지 보고되고 있다.

직접형 플랫 패널 (flat panel) 시스템의 경우에는, a-Se 플랫 패널의 경우 섬광체에 의한 광퍼짐 현상이 없기 때문에 고해상도의 영상 획득이 가능하고 제작 공정이 간단하여 많이 사용되고 있고, 주입된 X-선에 의하여 a-Se에서 발생한 전자-정공 쌍은 상부 전극 (top electrode)과 픽셀전극 (pixel electrode) 사이에 인가된 전계에 의하여 이동하고 커패시터에 저장된 후 TFT의 동작에 의하여 전기적 신호를 읽는다. a-Se 플랫패널의 가장 큰 단점은 a-Se를 광 도전체로 활성화시키기 위하여 수천 볼트의 고전압이 인가되어야 하며 이것은 active matrix array에 손상을 줄 우려가 크고, 또한 전자-정공 쌍 형성 에너지 (W)가 크고 다른 화합물 반도체에 비해 원자량이 작기 때문에 높은 광효율을 위해서는 두꺼운 막을 성장시켜야 한다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 대체 물질은 높은 흡수 계수, 높은 비저항, 낮은 암 전류, 낮은 전자-정공 쌍 형성 에너지, 우수한 전하 이동 특성을 가져야 한다. 또한 낮은 온도에서 넓은 면적에 대하여 균일한 박막을 증착할 수 있어야 하며 a-Si TFT와 화학적으로 양립할 수 있어야 하는데, 후보 물질로서 CdTe, CdZnTe, PbO, PbI₂, HgI₂ 등에 대한 연구가 현재 활발히 진행 중이다.

간접형 플랫 패널 (flat panel) 시스템의 경우에는, a-Si 플랫 패널 시스템의 경우 a-Si TFT, a-Si으로 형성된 p-i-n 포토 다이오드 및 섬광체로 구성되어 있다. 주입된 X-선을 섬광체에서 흡수하여 가시광선을 발생시키며, 이 빛을 포토 다이오드에서 감지하여 전기적 신호로 변환시키고 포토 다이오드 자체에 저장한 후 TFT의 동작에 의하여 저장된 전기적 신호를 읽는다. a-Si 플랫 패널 시스템의 단점은 공정이 다소 복잡하고 섬광체의 기하학적 구조에 따른 광퍼짐 현상 (light spreading)에 의하여 해상도를 100 μm 이하로 줄이기 힘들다고 보고되고 있으므로, 이를 해결하기 위해서는 고해상도 가능 섬광체의 개발이 이루어져야 한다.

5. 향후 기술 개발 방향

소재 개발의 측면에서 보면, 입사선의 변환 효율이 높은 새로운 photoconductor, scintillator, photodiode용 첨단 세라믹 섬광체 및 반도체 개발 등의 분야는 첨단 세라믹 소재를 적용할 수 있는 매우 유망한 분야이며, 임상 의학 분야와 소재 분야의 융합 기술 적용이 가능하므로, 향후 관련 소재의 개발에 대한 많은 관심을 가지고 연구 개발이 진행되어야 하겠다.

직접형 방식으로 기존에 사용되던 물질들은 a-Se, CdZnTe, HgI₂ 등이 있는데, 이를 대체할 수 있는 세라믹 반도체 재료 개발 및 n-, p-type 신소재를 적용한 p/n 접합 기술로 광전 변환 효율을 높이는 소재 및 공정 개발이 필요하며, 간접 변환방식의 방사선 영상 검출 소자로는 CCD, CMOS, a-Si 등이 현재 상용화되었으며, 이 때 사용되는 섬광체는 박막 형태의 섬광체와 마이크로 기둥형 또는 바늘 구조형 섬광체가 주로 사용하였다. 이 경우, 입사선에 대해 방출하는 가시광의 효율을 높일 수 있는 새로운 세라믹 소재를 이용한 섬광체 개발 기술이 반드시 필요하다고 생각되고, 섬광체로부터 방출된 가시광을 효율적으로 광전 변환시킬 수 있는 n-, p-type을 이용한 첨단 세라믹 소재를 이용한 고효율 광 검출 다이오드 개발도 반드시 동시에 이루어져야 한다.

부품 개발의 측면에서는 직접형 및 간접형 광전 변환부와 신호 추출용 백플레인 개발을 통하여 제품 구현을 위한 필수적인 첨단 세라믹을 이용한 부품 기술 개발이 반드시 필요하며, 시제품 개발 측면에서는 개발된 부품들을 이용하여 영상 진단 패널을 개발하고, 영상 신호 처리를 위한 회로부와 입사선 조사 장치 등을 이용하여 개발된 부품의 임상 테스트를 통한 제품 구현 기술 개발을 위한 공정 및 시스템 개발 기술이 반드시 필요하다.

이러한 기술들의 산업적 적용분야로는 다음과 같다.

- 의료용 : 방사선 영상 진단 시스템 (Radiography, Fluoroscopy, Dental 등)
- 산업용 : 시설 및 건물들의 비파괴 검사 (NDT)용
- 군사용 : 군사용 장비 및 무기 등의 비파괴적 결합 검출 기술



6. 결론

기술적 측면으로 살펴보면, 광전 변환층의 재료 및 구조가 초기 개발된 이래 제품화 관점에서 보면 많은 발전이 있지는 않았고, 산화물 반도체를 이용한 TFT 기술은 기존의 비정질 Si TFT 소자가 가지고 있는 낮은 전하이동도, 반복 구동 및 광노출 시 소자의 특성 변화 등의 문제점들을 해결할 수 있는 적절한 대안이자, 최근 가장 각광받고 있는 TFT 패널 기술의 의료기기로의 적용이라는 새로운 패러다임을 제시할 수 있는 기술이다.

현재 국내 대기업에서도 OLED 디스플레이로의 적용을 위해 연구 및 개발이 진행되고 있지만, 의료기기 및 다른 분야로의 산화물 TFT 기술의 적용은 전무한 상태이므로 이러한 기타 여러 분야로의 적용은 대면적, 고성능 구동 패널을 요구하는 모든 분야에서 적용될 수 있는 사례이며, 새로운 분야로의 적용이라는 응용 가능성을 제시할 수 있는 획기적인 시도라고 생각되며, 또한 높은 전하 이동도를 바탕으로 한 고해상도 및 높은 개구율 구현은 digital X-ray radiography 시스템 구조 제작 시, 설계상의 많은 이점과 자유도를 부여할 수 있는 기술로써 대면적 패널 적용을 필요로 하는 의료기기 시스템 발전에 많은 기여를 할 것이라고 생각된다.

사업/사회적 측면으로 생각해보면, 비정질 Si TFT 패널 기술의 경우, 대부분 대기업 위주로 기술이 개발 및 제품 적용이 되고 있는 실정에서 현재 새로이 많은 관심을 받고 있는 산화물 TFT 소자를 디스플레이 산업이 아닌 의료기기용 패널 기술로 적용하는 사례는 TFT 응용분야의 확장뿐만 아니라, 대기업 중심의 디스플레이 산업이 아닌, 중소기업의 참여로 인한 신기술 전파라는 긍정적인 측면을 가지고 있고, 또한 이러한 기술의 지적 재산권 및 노하우의 선점이라는 측면에서도 관련 기업의 발전 및 고용창출 효과가 있다고 생각하고, 이러한 시도를 기점으로 새로운 기술들의 첨단 제품으로의 적용이 더욱 적극적으로 이루어질 것이라고 생각된다.

첨단 의료 기기의 경우에는 기존에는 글로벌 대형 기업 위주로 개발되어져 왔으나, 첨단 세라믹 소재 및 공정 등을 이용한 핵심 신기술 개발이 국내 중소기업 위주로

이루어지면서, 기술 확보가 가능하다면, 현재 대기업 위주의 산업이 아닌, 중소기업 위주의 핵심 기술 단위의 산업 구조 재편성이 가능하며, 이러한 대기업과 중소기업 상생 생태계 창조는 향후 균형잡힌 대한민국의 의료기기 산업의 발전뿐만 아니라, 파생 기술들을 이용한 타 산업 분야에도 큰 파급 효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 허영, 전성채, and 진승오, “디지털 X-ray용 센서 기술 및 동향,” *물리학과 첨단기술*, **16** [7-8] 24-28 (2007).
2. “산업원천기술로드맵 (의료기기),” 한국산업기술진흥원 (KIAT), 10월호, 2009.
3. F. Nebeker, “Golden Accomplishments in Biomedical Engineering,” *Eng. Med. Biol. Mag. IEEE*, **21** [3] 17-47, (2002).
4. “영상의료기기,” 12월호, 한국과학기술정보연구원 (KISTI), 2002.
5. “영상진단기기,” 12월호, 한국과학기술정보연구원 (KISTI), 2007.
6. Y. Izumi and Y. Yamane, “Solid-state X-ray Imager,” *MRS Bull.*, **27** [11] 889-93 (2002).
7. G. Zentai, “Photoconductor-based (direct) Large-area X-ray Imagers,” *J. SID*, **17** [6] 543-50 (2009).
8. P. R. Granfors and D. Albagli, “Scintillator-Based Flat-panel X-ray Imaging Detector,” *J. SID*, **17** [6] 535-42 (2009).
9. R. L. Weisfield, “Amorphous Silicon TFT X-Ray Image Sensors,” *dpiX, LLC Technical Paper*.
10. 정재경, “산화물 TFT 기술 및 Amoled 응용,” *Info. Disp.*, **10** [4] 42-49 (2009).

●● 오민석



- 1997년 연세대학교 금속공학과 학사
- 1999년 연세대학교 금속공학과 석사
- 2000년 (주)SETRI 연구원
- 2000년-2002년 (주)일진소재산업 연구원
- 2002년-2005년 (주)삼성전기 선임연구원
- 2009년 연세대학교 물리 및 응용물리학과 박사
- 2009년-현재 전자부품연구원 책임연구원
- 2012년-2013년 독일 Fraunhofer IAP 방문연구원