

특집 : 차세대 반도체 소자의 국제 표준화 동향

반도체 소자 국제 표준화 최근 동향 연구

좌성훈^{1,†} · 한태수² · 김원종³

¹서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원

²국가기술표준원

³전자통신연구원

Recent Trend of International Standardization of Semiconductor Devices

Sung-Hoon Choa^{1,†}, Tae-Su Han² and Wonjong Kim³

¹Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology,
232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea

²Korean Agency for Technology and Standards, 93, Isu-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do 369-811, Korea

³Electronics and Telecommunications Research Institute, 218 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34129, Korea

(Received February 21, 2016: Corrected March 10, 2016: Accepted March 15, 2016)

Abstract : Nowadays, the importance of role of the international standardization keeps increasing substantially. We have already known that international standards have a huge impact on many companies, industries and nations. So far, it has been thought that standardizations are needed after the new products come into the market and are mass-produced in order to encourage the use of the products, systems and services. Standardization will make the products more safe, efficient, and environmentally friendly for the users. However, in these days, a paradigm of the standardization has been changed. International standard becomes a tool for dominating global market and is the most important ingredients of the competitiveness and economic progress of the nation and enterprises. Many countries like Japan, Germany and U.S. use the standardization as an effective method to dominate the market and monopolized the new technologies. Therefore, worldwide competition for the standardization of the new technology become fierce. Korea is leading the technology in semiconductor field. However, activities of international standardization are not sufficient. In order to boost the standardization activities in Korea from industry, academia, and research institute, this paper briefly introduce the international standard organization and some critical issues for next-generation semiconductor memory such as flexible semiconductor, automobile semiconductor and wearable devices.

Keywords: International standard, Semiconductor, Flexible semiconductor, Automobile semiconductor, Wearable devices

1. 서 론

우리나라의 반도체 산업은 메모리 반도체를 중심으로 성장하여 왔으며, 메모리 분야에서는 세계시장 점유율 50% 이상으로 세계 1위의 위치에 있다. 반도체 산업은 우리나라의 성장 동력 중추 산업으로서 세계 시장 규모가 지속적으로 확대되는 추세에 있다. 이러한 배경에는 모바일 환경의 확산과 스마트폰, 태블릿PC, 스마트가전, 자동차 및 항공·우주산업의 특수 부품 등 수요처가 다변화·고도화되고 있는 환경변화의 영향이 있다. 한편 반도체 산업의 발전 추세를 살펴보면 메모리 산업에서 비메

모리(시스템) 산업으로 이동하고 있다. 메모리 시장은 모바일 기기 등의 정보저장 기능을 수행하는 비휘발성 반도체의 수요 증가로 안정적 성장세를 유지하고 있으나 시장 규모는 점진적 감소 추세에 있다. 반면, 비메모리 산업은 IT융합의 핵심기술로써 고부가가치와 큰 시장을 배경으로 지속적 성장이 기대되고 있으며, 전체 반도체 시장('12년) 3,086억 달러 중 비메모리 시장이 2,498억 달러로 80.9%, 메모리 시장은 589억 달러로서 19.1% 점유하고 있어, 비메모리 시장 규모가 메모리 산업의 4배 규모이다. 따라서 향후 세계시장 확대를 위해서는 메모리 이외의 분야, 즉 시스템 반도체 및 장비·소재 분야에

[†]Corresponding author
E-mail: shchoa@seoultech.ac.kr

© 2016, The Korean Microelectronics and Packaging Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대한 적극적인 기술 개발이 있어야 할 것이다. 정부에서는 반도체를 “창조경제를 이끌 성장 동력으로 지속 육성” 한다는 정책 아래 2013년 10월 반도체 산업 재도약 전략을 발표하였다. 이 전략에 의하면 시스템반도체의 세계시장 본격 진입으로 '13년 세계 4위에서 '25년 세계 2위로 육성하고, 장비·소재 분야에서는 '13년 세계시장 점유율 5.2%에서 '25년 20%로 확대한다는 목표를 제시하였다.

한편 최근의 산업융합시대에 있어서 시스템반도체는 전기전자시스템의 신호·정보·에너지 프로세싱(연산/제어/전송/변환 등) 기능을 단일 칩에 통합한 통합 SoC로 발전함으로써 경제성, 편의성, 생산성을 극대화하는 ‘다기능 융복합 반도체’로 진화하고 있으며, 시스템반도체의 중요성이 크게 부각되고 있다. 시스템반도체(SoC)의 주요 용도는 자동차용 반도체, 그린 반도체, 정보통신·가전용 반도체, 시스템반도체 설계기술 등으로 분류할 수 있으며, 이외에도 센서용 반도체, 스마트 바이오 반도체, 유연 반도체 등 유망한 분야가 많다.

최근 표준특허 혹은 특허표준에 대한 관심이 크게 증대하고 있다. 이는 치열한 경쟁에서 표준과 연관된 특허를 통하여 시장 지배력을 증가시키려는 의도가 있으며, 우리나라는 이에 대한 대비가 크게 필요한 상황이다. 국가기술표준원의 표준특허에 대한 설명 자료를 보면 이에 대한 중요성이 왜 큰지를 잘 알 수 있다.

“우리나라의 기술무역수지는 매년 수십억 달러의 적자를 기록하고 있으며 적자의 대부분이 특허료로 인하여 발생되고 있다. 특히 특허료 중에서 IT분야의 특허료가 80% 이상의 비율을 차지하고 있다. 최근 IT분야의 특허료는 대부분 표준특허로 인한 소송으로 발생되고 있으며, 수출 중심의 우리 산업의 특성상 수출이 증대되면

특허료 지불액도 함께 증가할 수밖에 없는 상황이라 표준특허 확보가 기업의 경쟁력에 있어 매우 중요한 문제로 대두 되고 있다. 또한, 근래에는 제품생산 없이 특허만을 보유한 채 제조업체들을 공격하는 특허 괴물들이 표준특허를 내세워서 국내업체를 대상으로 특허소송을 벌이는 사태가 급증하고 있다. 따라서 표준특허 확보는 우리기업에게 선택사항이 아니라 필수사항이 되고 있다.”

결론적으로 반도체 기술에서 우리나라는 세계적으로 높은 기술력을 자랑하고 있지만, 원천기술은 미국, 일본에 비해서 미흡한 실정이며, 특히 향후 상용화될 시기에 외국의 지적재산권 공격을 막아내기 위해서는 원천기술 연구 및 특허, 표준 등록 활동이 적극적으로 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국제 반도체 표준화 기구에 대해서 간략한 소개와 더불어 현재 진행되고 있는 차세대 반도체의 사례를 몇 가지 소개하고자 한다.

2. 반도체 관련 국제 표준화 기구

표준화 기구는 Fig. 1과 같이 크게 사실상표준과 공적표준 기구로 나눌 수 있으며, 표준을 제정하는 기구에 따라 사실상표준과 공적표준으로 분류된다. 공적표준 국제기구로는 IEC (International Electrotechnical Commission), ISO (International Organization for Standardization), ITU (International Telecommunication Union) 등이 있고, 사실상표준 국제기구로는 IEEE, JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council) 등이 있다. 물론 우리나라 국가표준 KS 등의 공적표준 제정은 국가기구인 국가기술표준원 (KATS, Korean Agency for Technology and Standards)에서 담당하고 있다.

반도체 소자에 관한 표준화는 ISO, IEC, IEEE, JEDEC

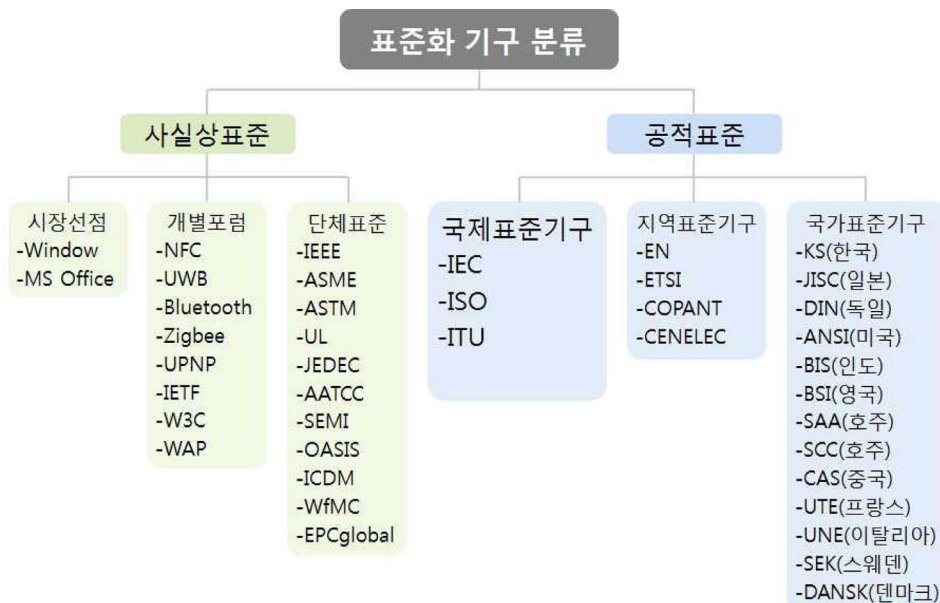


Fig. 1. Classification of international standardization organization.

등의 다양한 국제표준화 기구에서 진행되고 있다. 가령 시스템반도체의 표준화는 4세대 이동통신 및 자동차용 반도체 분야를 중심으로 활발하게 진행되고 있는데, 4세대 이동통신에 대한 표준화는 IEEE, ITU-T에서 진행 중이며, 자동차용 반도체 관련 표준은 ISO TC 204 (Intelligent Transportation Systems)에서 안전성 및 전장용 소프트웨어 표준화가 진행 중이다. 반도체 디바이스에 관한 표준은 IEC TC47 (Semiconductor Devices, 반도체소자)에서 진행 중이다. 본 논문에서는 반도체 소자가 중요하게 다루어지고 있는 IEC 및 JEDEC 국제표준화 기구에 대해서 주로 설명하고자 한다.

2.1. IEC TC47

IEC (International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회)는 국가를 초월한 비영리 단체로서 1906년에 설립된 이래로, 현재 97개의 TC (Technical Committees)와 77개의 Subcommittees (SC)로 구성되어 있으며, 약 14,000명의 표준전문가들이 활동하고 있다. 그 중에서 반도체 소자의 국제표준화는 IEC의 TC47에서 추진하고 있다. IEC TC47(반도체소자)에는 4개의 SC가 있는데, SC 47A (Integrated circuits, 집적회로), SC 47D (Semiconductor devices packaging, 반도체패키지), SC 47E (Discrete semiconductor devices, 개별반도체소자), SC 47F (Micro-electromechanical systems, MEMS) 등 4개 SC 및 총 22개 Working Group (WG)으로 구성되어 운영되고 있다. 현재 TC 47의 의장은 미국의 Bob Mitchell이며, Secretary(간사)는 한국의 전자부품연구원의 차철웅 박사가 맡고 있다. IEC TC 47의 조직 및 역할에 대한 간략한 소개가 Fig. 2에 나타나 있다.

TC 47에 속한 각 SC의 역할을 살펴보면 다음과 같다. TC 47 밑에는 5개의 WG이 있으며 WG1은 Terminology,

WG2는 Climatic and mechanical tests, WG3은 Electronic components - Long duration storage of electronic components guide for implementation, WG5는 Wafer level reliability for semiconductor devices, WG6은 Incubating Working Group, WG7은 Semiconductor devices for energy conversion and transfer로 되어 있다. 특이한 점은 WG6의 Incubating WG으로써 차세대 반도체 혹은 새로운 신기술 및 신제품에 대응하기 위하여 조직된 그룹으로, 가령 최근 이슈가 되고 있는 유연반도체 소자의 표준화, 웨어러블 반도체의 표준화, 바이오 반도체 센서 및 소자 관련 차세대 반도체 기술의 표준화 등을 논의하고 있는 중이다.

SC A (Integrated circuits)는 전자기기 및 시스템의 반도체와 하이브리드 집적회로용 국제규격을 작성하며 디지털 집적회로, 인터페이스 집적회로, 응용 하이브리드 IC, 그리고, 집적회로에서의 EMC에 대한 절차 및 측정 방법을 다루고 있다. SC A는 3개의 WG으로 이루어져 있다. WG2는 Modelling of integrated circuits for behavioural simulation related to electromagnetic compatibility, WG7은 Advanced Hybrid ICs, WG9는 Test procedures and measurement methods for EMC in integrated circuits으로 구성되어 있다. SC 47D (Semiconductor devices packaging)는 반도체 패키지의 기계적인 특성, 즉 기계적 외형 제도(치수 및 치수공차 포함) 및 측정 방법에 대한 국제 규격을 작성하며, 관련 기술의 지원 및 설계 권고안 등을 포함하고 있다. 또한 웨이퍼 레벨 패키징 및 패키지 어셈블리 부품의 기계적 특성도 명시하고 있다. SC 47D는 2개의 WG으로 구성되어 있으며, WG1은 Package outlines, WG2는 Terms, definitions, measuring methods and related requirement for semiconductor devices packaging로 되어 있다. 현재 SC 47D의 의장은 미국의 Stephen Tisadale이

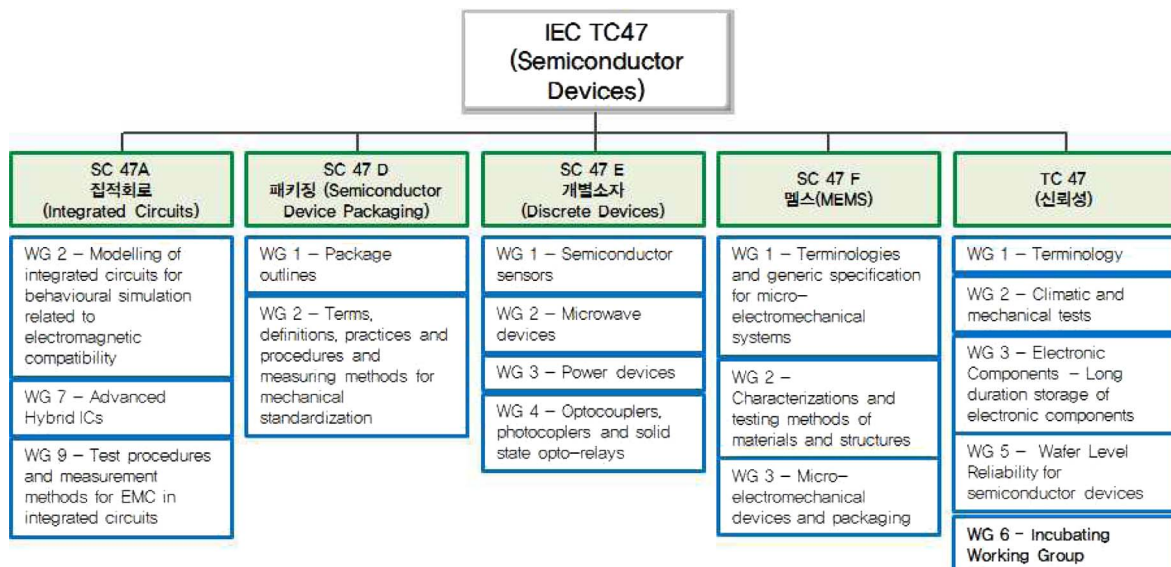


Fig. 2. Structure of IEC TC 47 (Semiconductor devices).

맡고 있으며, 의장은 일본의 Hiroyoshi Yoshida가 맡고 있다. SC 47E는 개별반도체 소자의 설계, 제작, 사용 및 재사용에 관한 환경 친화적인 사용의 표준을 다루고 있으며, 반도체 센서, 마이크로 웨이브 소자, 파워 소자, 그리고, 광소자 관련 기술을 다루고 있다. SC47E는 현재 기술표준원에서 국제 간사를 수입 중에 있다. SC 47E는 5개의 WG, 1개의 Maintenance team, 그리고 2개의 Joint working group으로 구성되어 있다. WG1은 Semiconductor sensors, WG2는 Microwave devices, WG3은 Power devices, WG4는 Optocouplers, photocouplers and solid state opto-relays, WG8은 Magnetic and capacitive couplers for basic and reinforced isolation로 구성되어 있다. SC 47F는 MEMS 소자 관련 SC로서 MEMS 소자의 설계, 제작, 측정 방법, 신뢰성 시험 방법, 소재의 시험 방법에 대한 표준을 다루고 있다. SC 47F는 3개의 WG과 1개의 Maintenance team으로 구성되어 있다. WG1은 Terminologies and generic specification for micro-electromechanical systems, WG 2는 Characterizations and testing methods of materials and structures for microelectromechanical systems, WG3는 Micro-electromechanical devices and packaging로 구성되어 있다. SC 47F에서의 한국 표준전문가들의 활동은 매우 활발하며, 한국은 8종의 IEC 국제규격 출판을 하였으며, 4종의 센서 및 MEMS 분야 표준화를 제안 중이다. 1996년 한국의 최초 국제규격 제안인 “반도체 센서의 일반 및 분류”에 대하여 경북대 박세광 교수가 제안하여 '00년 10월에 국제규격으로 출판되었다. 한국은 '04년 6월에 “초소형 전자소자(MEMS)의 품목규격” 제안하여 채택되었으며, MEMS 작업반에서 제정 진행 중인 6개 규격 중 5개를 한국이 담당하며 관련 기술을 선도하였다. 또한 IEC규격 4종 즉, MEMS/NEMS용 마이크로/나노 기둥의 압축시험, MEMS/NEMS 박막의 열팽창 계수 측정, 마이크로 박막/호일재료의 마이크로 FLD 시험방법 및 MEMS용 PDMS의 시험 방법을 국제 표준

화하였다.

최근 한국은 새로운 분야 발굴을 위한 WG에서 많은 활동을 하고 있다. WG6의 컨비너(Convener)를 전자부품연구원의 차철웅 박사와 ETRI의 류호준 박사가 맡고 있으며, WG7은 광운대의 박재영 교수가 컨비너를 맡고 있다. 향후 WG6을 통하여 유연반도체 소자 및 바이오 반도체 소자 등의 새로운 WG 신설을 계속 추진할 예정이다. 반도체 소자 전체 분야를 볼 때, 기존 기술 분야에서는 정통적인 선진국의 국제 표준화 활동이 활발한 반면, 새로운 반도체 센서나 MEMS 분야의 표준화 활동에는 한국이 매우 적극적으로 대응하고 있다. 하지만 전체적으로 볼 때, 반도체 분야에 대한 해당 국내 기업 및 기업의 표준전문가의 참여가 매우 필요한 실정이다.

2.2. JEDEC

JEDEC은 EIA (Electronic Industries Association)와 NEMA (National Electrical Manufacturers Association)에 의해 조직되었으며, 295개 기업이 50개의 committees에서 활동하고 있는 기업 주도의 사실상 표준이라고 할 수 있다. 메모리 반도체의 표준을 실질적으로 JEDEC이 주관하며 DRAM, SRAM, 플래시 메모리, 메모리 모듈 등 모든 메모리 반도체의 전기적 표준을 제정하며, 이외에 신뢰성, 패키지 등 이에 수반된 표준도 모두 제정하고 있다. 최근 USB Driver 등 각종 메모리 카드가 등장하면서, 소니 등 컨슈머 제품 생산 업체가 마케팅 목적의 자사 제품용 카드 사양을 제정하고 있다. 한국은 JEDEC에서 메모리 기술 사양 결정 및 설계 기술을 검토하는 메모리 위원회(JC 42) 등 4개 분야에서 활동 중이다. JEDEC의 표준화 활동 분야로는 discrete solid state devices, integrated circuits, electronic modules, various manufacturing support functions 등의 영역을 기본으로 하고 있지만 반도체 산업에 관련된 분야이면 제한이 없다. 최고 의결기관으로 Board of director가 있으며, 그 산하에 약 50개의

Table 1. Relationship of documents and roles between JEDEC and IEC

Committees in JEDEC	Corresponding TC and SC in IEC
JC-10 Terms, Definition and Symbols	TC47/WG1-Terminology
JC-11 Mechanical Package Outlines	SC 47D-Mechanical standardization for semiconductor devices
JC-11.10 Ceramic Packages	WG 1-Package outlines
JC-11.11 Plastic Packages	
JC-13 Government Liaison	SC 47E-Discrete semiconductor devices
JC-13.1 Discrete Devices	SC 47A/WG9-Test procedure and measurement methods for EMC in integrated circuits
JC-13.4 Radiation Hardness	
JC-14 Quality and Reliability of Solid State Products	TC47/WG2-Climatic and mechanical tests
JC-16 Interface Technology	SC 47A/WG 4-Interface integrated circuits
JC-25 Transistors	TC47/WG5-Temperature stability test-MOSFET and Dielectric breakdown test
JC-40 Digital Logic	SC47A/WG2-Logic digital integrated circuits
JC-63 Multichip Package (MCP)	SC47A/WG7-Advanced Hybrid ICs
JC-65 RFID	ISO/IEC JTC 1/SC 17 Identification cards and related devices

committee와 subcommittee로 구성되어 있다. 모든 JEDEC 표준화 문서는 아래와 같은 순서에 의해 제·개정된다.

- (a) Presentation
- (b) Motion for ballot
- (c) committee's editorial process
- (d) Committee ballot
- (e) Motion to Board ballot
- (f) Board ballot
- (g) Publication

JEDEC 표준화 문서는 Standards, Publications, Guidelines, Registration Data Formats (RDF), Registered Outlines, Standard Outlines, Specifications 및 ANSI and EIA Standards가 있다. 해당 분야 표준에 대한 국내 기업의 활용 현황을 보면 삼성전자는 2001년 저전력 SD램, 2002년 DDR400, 2008년 Half slim형 SSD에 JEDEC 표준을 적용하였다. SK 하이닉스는 PC용 DDR3에 대한 JEDEC 표준 적용 및 양산 적용을 하고 있다. 한편 JEDEC 표준과 국제표준 IEC와의 대응관계는 Table 1과 같다.

3. 차세대 반도체 관련 표준 현황

산업융합시대에 있어서 메모리 반도체는 전기전자시스템의 신호·정보·에너지 프로세싱(연산/제어/전송/변환 등) 기능을 단일 칩에 통합한 통합 시스템 반도체로 발전함으로써 경제성, 편의성, 생산성을 극대화하는 다기능 융복합 반도체로 진화하고 있다. 시스템반도체의 주요 용도는 Fig. 3과 같이 자동차용 반도체, 그린 반도체, 정보통신 반도체로 발전할 것이며, 향후 스마트 바이오 반도체, 유연 반도체 등의 새로운 분야의 반도체가 개발될 것이다. 본 논문에서는 융복합 반도체 중에서 현재 이슈가 되고 있는 유연반도체, 자동차 반도체, 웨어러블 디바이스 반도체 기술 및 표준화 이슈에 대해서 중점적으로 다루었다.

3.1. 유연 반도체 메모리 소자 표준화

최근 들어 유연한 디스플레이, 입는 컴퓨터 등 기존의

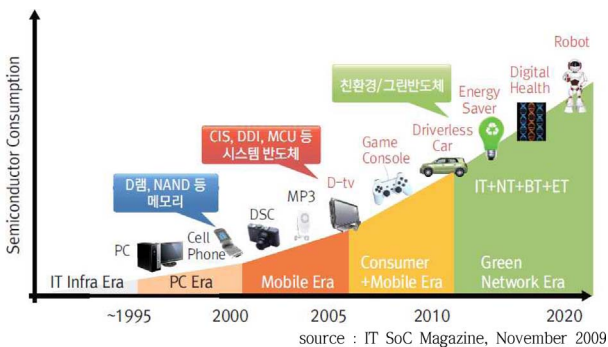


Fig. 3. Evolution of future convergence semiconductor devices.

정형화된 기관에 기반을 둔 전자소자가 아니라 유연 (flexible) 기관 상에 구현되는 유연전자소자에 대한 연구가 광범위하게 진행되고 있다.^{1,2)} 유연소자는 일상생활의 전자 제품들을 구부리거나 접을 수 있는 형태로 제작하기 위한 제품 자체를 구성하는 각각의 전자 부품들이다. 유연한 제품을 제작하기 위해 제품을 구성하는 유연소자들은 유연성을 필연적으로 갖추어야 한다. 이 때 유연성을 갖는 전자 부품들을 유연전자소자(flexible electronic devices)라 한다. 유연전자소자는 가볍고 쉽게 깨지지 않는 장점으로 인해서 차세대 휴대용 전자소자에 널리 적용될 수 있을 것으로 기대되어 최근에 많은 주목을 받고 있다. 이러한 유연 전자소자의 대표적인 제품으로 최근 flexible display와 이를 가능하게 하는 다양한 휘어지는 전자소자가 있다. 이것들은 단순한 실험실의 연구수준을 벗어나 실제 제품으로 구현하는 수준의 기술 단계에 이르렀다. 유연전자소자는 기본적으로 유연한 플라스틱 기판위에 제조된다. 전자소자에 적용되는 모든 소재(재료)는 유연성이 우수한 소재를 통해서 제작되어야 한다. 따라서 이를 성공적으로 구현하기 위해서는 이러한 전자소자에 적용되는 모든 소재들을 유연할 수 있게 만들어야 한다. 다양한 유연전자소자의 구현을 위해서 유연한 소재를 개발하고 이를 용액 기반 인쇄공정으로 제조하는 소재 및 공정 기술을 연구하고 있다. 특히 다양한 유연전자소자를 잉크젯 등의 기존의 인쇄공정으로 제작하는 “인쇄전자”(printed electronics) 기술은 모든 전자소자를 매우 단순하고 값싼 공정으로 제조할 수 있으므로 향후 전자소자의 제조공정에 혁명을 가져올 수 있는 공정기술로써 여겨지고 있다.

유연·인쇄전자 기반 기술을 토대로 RFID, LCD, OLED, 유연디스플레이, 박막태양전지, 웨어러블 스마트 기기 등 차세대 전자소자 산업의 시장 규모가 점차 확대되어지고 있다. 시장조사기관인 NanoMarkets는 유연·인쇄전자 기반의 차세대전자소자, 소재, 장비시장 규모를 2019년 약 222억 달러 예상하고 있으며, 연평균 성장률이 29%~66% 수준으로 폭발적인 성장을 예측하고 있다. 최근 삼성, LG 등 세계 글로벌 기업들이 플렉서블 OLED, 플렉서블 터치센서, 플렉서블 디스플레이, 플렉서블 스마트폰 샘플을 출시하는 등 유연전자소자에 대한 관심이 높아지고 있으며, 그 수요도 급증할 것으로 예측하고 있다. 애플은 언브레이크 커블(unbreakable) 스마트폰 제품의 출시를 예정하고 있다. LG 및 삼성은 책받침처럼 휘어지고 구부러지는 커브드(curved) 스마트폰을 출시하였고, 후속으로 두루마리 형태로 말 수 있는 롤러블(rollable), 그리고 종이처럼 접을 수 있는 폴더블(foldable) 스마트폰 및 플렉서블 디스플레이 제품 개발을 진행하고 있다. 궁극적으로는 자유자재로 휘어지고 구부러지는 유연반도체를 기능을 통하여 디자인과 사용성에 혁신을 가져올 제품을 개발하는 것이다.

차세대 유연전자소자의 개발을 위해서는 Fig. 4와 같



Fig. 4. Pictures of flexible memory developed by (a) Hanamicon Co. in Korea. (b) KAIST

이 쉽게 휘고, 접을 수 있는 유연 반도체/메모리 개발이 반드시 필요하다. 특히 소비자의 유연 전자제품에 대한 요구 스펙이 기존 전자제품 수준으로 높아짐에 따라, 기존의 스마트폰이나 디스플레이에 사용되기 위해서는 단결정 반도체 수준의 고성능과 고신뢰성을 갖고 있으면서 유연하게 만드는 기술이 매우 중요하다. 이미 해외의 여러 연구기관에서 유연 반도체 및 유연 IC 소자에 대한 기술 개발을 진행 중이며, 이에 대한 특허도 급격히 증가하는 추세이다. 플렉서블 디스플레이 혹은 플렉서블 스마트폰을 개발하기 위해서는 사용되는 각 재료가 유연성(flexibility)을 갖아야 한다. Fig. 5는 디스플레이 모듈의 각 재료를 나타내고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 재료는 기판을 제외하고는 대부분 brittle 하다.^{3,4)} 가령 cover glass, 투명전극(ITO 등), barrier layer, TFT, 메모리 등이 용도에 따라서 적절한 유연성을 갖추어야 한다. 따라서 새로운 유연 소재가 개발이 되어야 하며^{5,6)} 이를 국제적인 기준에 따라 평가할 수 있는 표준이 필요한 실정이다. 그러나 현재 유연전자소자를 평가하는 국제적인 표준 및 기준이 없으며, 사실 flexible, bendable, foldable, stretchable, rollable한 명칭에 대한 정확한 기준도 없다. 따라서 관련 기업에서 뿐만 아니라 소비자도 혼란스러운 상황에 있다. 특히 플렉서블 디바이스 제품의 사용 중 보다는 실제 공정 중에 더 문제가 심각할 수가

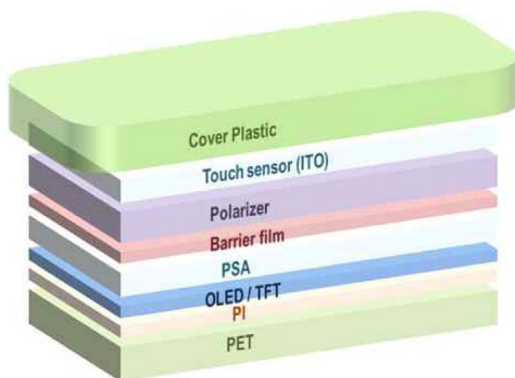


Fig. 5. Each components and materials used for flexible display module.

있다. 가령 roll-to-roll 공정이나 roll-to-plate 공정 등 기업의 사정이 적합한 공정을 하게 될 경우 굽힘(bending) 뿐만 아니라 twisting 및 stretching에 대한 유연성 및 강건성도 있어야 한다. 따라서 궁극적으로는 bending, stretching, twisting 및 fatigue 등 유연전자 소자의 성능 및 신뢰성을 통합적으로 평가하는 방법 필요하며, 이에 대한 표준화가 필요할 것으로 판단된다.

유연전자소자는 현재 우리나라가 기술 주도권을 갖고 있는 반도체, 디스플레이 시장의 정체된 성장을 극복하고 신규 미래시장 창출을 통해 지속적인 기술주도권 확보가 가능한 분야이다. 유연전자소자 기술은 향후 의료, 바이오, 컴퓨터 분야 등 IT 분야에 다양하게 접목되어, 새롭고 혁신적인 기술개발을 통하여 신시장을 창출할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다. 유연반도체를 적용한 개발 사례로는 유연 logic/memory SD 카드, 플렉서블 디스플레이 DDI 칩, 플렉서블 X-ray 센서 등이 있다. 플렉서블 스마트폰 및 플렉서블 디스플레이에 적용 가능한 유연반도체는 현재 개발 중에 있으며, 향후 그 적용 범위는 매우 확대될 것으로 예상된다.

유연반도체의 국제표준 제정은 IEC TC 47 (Semiconductor Devices)의 WG 6 (Incubating Working Group)와 SC 47A (Integrated Circuits)의 WG 7 (Hybrid IC)에서 타 기술 표준과 함께 추진되고 있다. 플렉서블 디스플레이 국제표준화 작업이 IEC TC 110 (Electronic Display Devices)의 WG 7 (Flexible Display Devices)에서 매우 활발하게 진행되고 있는데 반하여, 유연반도체의 국제표준 제정은 아직 미흡한 상태이다. 그러나 IEC TC 47에서는 유연반도체의 기술발전 추이를 고려하여 유연반도체 국제표준 제정을 위한 독립된 신규 작업반(WG)의 발족을 모색하고 있는 중이다. 특히 최근 국내 표준전문가들이 TC 47 WG6에 Table 2와 같이 유연 반도체 관련 NP (New Proposal) 표준화안을 제안하여 현재 NP로 채택된 상태이며 향후 국제 표준화에 등록시키기 위하여 노력을 하고 있는 중이다.

현재 유연반도체/메모리의 시험 방법, 성능 평가 방법, 설계 방법 등 표준화되지 않은 부분이 매우 많아 이에

Table 2. Proposed NP(New Proposal) in IEC TC 47 for the flexible semiconductor memory

Standardization field	NP titles
Flexible and stretchable semiconductor memory	Thermal characterization of flexible thermoelectric materials and devices
	Test method for measuring generated power from flexible thermoelectric devices
	Evaluation methods of flexible piezoelectric energy harvesters for wearable devices
	Fatigue evaluation for films and substrates for flexible semiconductor devices
	Electrical test method of the flexible transparent conducting/ semi-conducting film
	Evaluation of thin film transistor characteristics on flexible substrates under biaxial stress
	Acceleration test for electron mobility, sub-threshold swing, and threshold voltage of flexible devices

대한 기업의 요구가 많아질 것으로 예상되며, 따라서 국제표준과 표준 특허 등에 대한 선점이 필요하다. 유연전자소자 및 반도체/메모리는 주로 대학과 연구기관을 중심으로 개발이 진행되어 왔다. 그러나 플렉서블 디스플레이의 출시로 인하여 유연반도체/디바이스에 대한 관심이 크게 증가하고 있어, 기업, 연구기관, 대학 등의 상호 협력에 의한 기술개발과 함께 표준화가 추진되어야 할 것이다.

3.2. 차량용 반도체 표준화

Fig. 6과 같이 자동차용 반도체 시장은 연평균 10%에 가까운 성장세를 지속하고 있다. 특히 자동차에서의 전자장 부품 비중이 증가하고 있으며, 기능안전성 등에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 따라서 최근 ISO는 무게 3,500 kg 이하의 승객용 차량에 설치되는 전기전자시스템의 기능 안전성에 관한 국제표준으로 ISO 26262 (Road vehicles-Functional safety, 도로 자동차-기능 안전성)를 제정하였다. ISO 26262 기능 안전성에 대한 표준화는 ISO TC 22/SC 3/WG 16에서 2007년에 시작되어 2011년 11월에 국제표준이 완료되어 관련 기업에서 활용되고 있다.⁷⁾ 특히 자동차용 안전 무결성 등급(Automotive Safety Integrity Level; ASIL)에 대하여 자세히 정의하고 있다.

ISO TC 22는 Road Vehicles (도로 자동차)를 다루며, 특히 SC 3는 전기 전자 장비에 대한 표준화를 다루고 있으며, SC 21은 전기자동차에 대한 표준화를 다루고 있다. 이 표준 제정에 10개국의 27개 자동차 제조사 및 부품 공급사가 참여하였다. ISO 26262는 자동차 전기전자시스템의 오작동으로 인한 사고 및 인명손실을 최소화하기 위하여 만들어졌으며, 기능 안전성 관리, 시스템, 소프트웨어 및 하드웨어 개발 절차, 생산 및 운용, 지원 절차 등 다음과 같이 총 10개 파트로 구성되어 있고, 43개의 요구사항과 권고사항이 있다.

Part 1 : 용어(Vocabulary)

Part 2 : 기능 안전성의 관리(Management of functional safety)

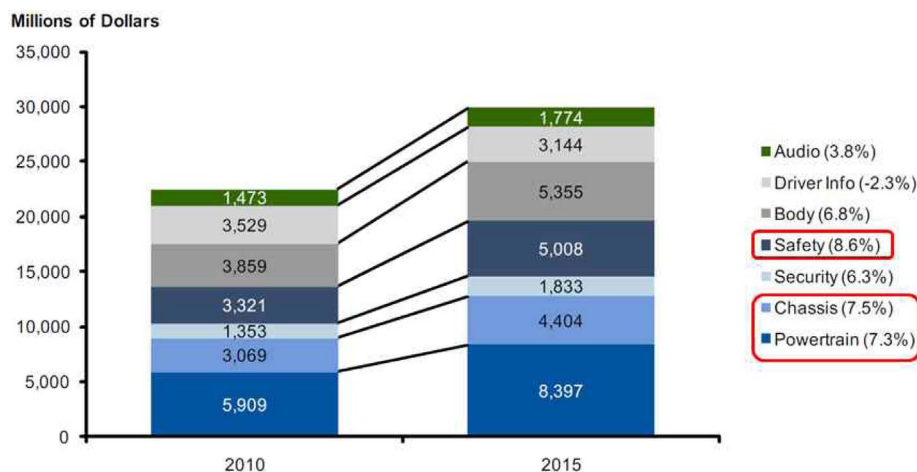
Part 3 : 개념 단계(Concept phase)

Part 4 : 시스템 단계에서의 제품 개발(Product development at the system level)

Part 5 : 하드웨어 단계에서의 제품 개발(Product development at the hardware level)

Part 6 : 소프트웨어 단계에서의 제품 개발(Product development at the software level)

Part 7 : 생산 및 운용(Production and operation)



<Source: Gartner 2011.10>

Fig 6. Market trend of automobile semiconductor memory.

- Part 8 : 지원 절차(Supporting processes)
- Part 9 : 차량용 안전 통합 수준 및 안전 지향 분석 (Automotive Safety Integrity Level (ASIL)-oriented and safety-oriented analyses)
- Part 10 : ISO 26262에 대한 지침(Guideline on ISO 26262)

파트 1부터 파트 9까지는 2011년 11월 15일에 공표되었으며, 파트 10은 2012년 8월 1일에 공표되었다. 이 표준은 기존에 IEC 61508 전기/전자/프로그래머블 안전 관련 시스템의 기능 안전성(Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems) 표준을 차량용에 특화시켜서 만든 표준으로, 각 분야마다 유사한 표준들이 존재한다. 이 표준에서 기능 안전은 각 제품 개발 단계에 통합되는데, 그 범위는 명세(specification), 설계(design), 구현(implementation), 통합(integration), 검증(verification), 인증(validation) 그리고 생산(production) 및 지원(support)을 위한 단계 모두를 포함한다. 특히 이 표준에서는 시스템의 오류 자체보다도 오류로 인해서 인명 피해를 줄 수 있는 가능성에 중점을 두고 있다. 그리고 그 피해의 정도에 따라서 차량용 안전 통합 수준(Automotive Safety Integrity Level; ASIL)을 A부터 D까지로 정의하고 있으며, D가 가장 큰 피해를 입힐 수 있는 경우에 해당한다.⁸⁾ ASIL 등급 D를 만족하기 위해서는 반도체 설계 및 소프트웨어 개발에 다양한 대응 기술이 필요하다. 반도체 하드웨어 설계에 있어서는 이중 코어 락스텝(dual core lockstep)이나 모니터링 하드웨어 추가, 여러 개의 센서 사용 등과 같은 중복성에 의한 안전성 확보와 오류 감지 및 정정 기술 이용 등이 있다. 소프트웨어 개발 기술로는 분산된 소프트웨어 처리와 오류 주입 시험, 커버리지 분석(coverage analysis) 등이 포함된다. 이러한 기술을 안전 메커니즘(safety mechanism)이라고 표현하고 있다.

차량용 반도체 세계 시장에서 주도권을 확보하기 위해서는 국제 기능안전 표준 규격 ISO 26262 대응이 필수적이며, 고안전 전자제어시스템은 최상의 기술(state of art)로 그 안전이 검증되어야 한다. 향후에는 시스템 각 요소에 대하여 구체적으로 표준을 적용하는 방법들이 정리될 것이며, 다양한 안전 메커니즘 기술들이 안전성 향상을 위해 개발될 것으로 예상된다.

자동차용 반도체 표준화는 완성차 업체를 중심으로 진행되는 국제 표준화의 동향을 따라가면서, 여기에 필요한 부품으로서의 각종 센서, 전기차에 사용될 인버터, 모터 구동 IC, 이차전지 관리용 IC, 각종 인터페이스 등에 관한 표준화가 필요하다. 자동차용 반도체 표준화는 완성차 업체의 협조가 반드시 필요하고, 관련 부품을 제조하는 기업의 참여를 활성화시키는 것이 무엇보다 중요하며, 특히 안전성이 크게 요구되는 분야이므로 장기적인 관점에서 접근이 필요하다.

3.3. 웨어러블 디바이스 표준화

2009년 아이폰 출시 이후 급격한 성장세를 보이던 스마트폰 시장은 점차 성숙기에 접어들어, 이를 대체할 수 있는 차세대 모바일 제품으로서 웨어러블 디바이스(Wearable Device) 시장이 주목받고 있다. 초기 웨어러블 디바이스는 1960년대 MIT 미디어랩에서 부착형 웨어러블 컴퓨팅에 대한 연구를 시초로 시작되어 초기 스마트폰의 보완 형태로 확산되기 시작하였으나, 최근에는 자체적인 네트워크 기능이 강화되고 스마트폰과 분리된 기타 확장성이 추가된 기기들이 출시되는 추세이며, 더 이상 스마트폰의 보완기기라고 볼 수 없게 되었다.

웨어러블 스마트기기는 사용자의 습관과 의식을 방해하지 않고 신체에 착용 또는 부착하여 외부와 통신 연결을 가능하게 하며, 작동의 자유성, 신체의 확장성, 자율적 인지성 등의 측면에서 탁월한 기능을 제공하며, 사용자와는 가장 가까운 위치에서 소통함으로써 사용자에게 건강한 삶, 안전한 삶, 편리한 삶을 제공하기 위해 소재, 부품, 제품, 서비스를 인체중심으로 구현하는 새로운 개념의 디바이스라고 할 수 있다.⁹⁾ (Fig. 7 참조).

웨어러블 스마트기기는 착용 또는 부착 방식에 따라 크게 휴대형(Portable), 부착형(Attachable), 이식(Implantable)/복용형(Eatable)으로 구분할 수 있다. 휴대형은 스마트폰과 같이 휴대하는 제품으로 안경, 시계, 밴드, 헤드셋, 헬멧, 귀걸이 및 의류 형태로 제공되며, 부착형은 패치(patch)와 같이 피부에 직접 부착하는 형태이다. 이식/복용형은 웨어러블 기기의 가장 궁극적인 단계로 알약으로 먹거나 피부 깊숙이 주사하는 형태 또는 피하조직, 뼈, 장기 속에 내장하는 형태가 될 것이다. 특히 Fig. 8과 같이 헬스케어 분야로의 활용이 크게 증가할 것으로



Fig. 7. Various types of wearable devices.

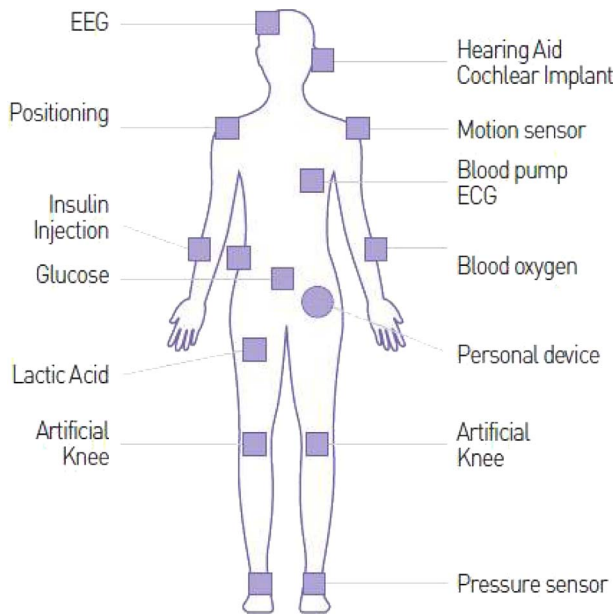


Fig. 8. Various types of wearable health devices

예측되며, 형태에 따라 의료, 스포츠, 레저, 섬유 패션, 홈가전, 산업, 교육, 방송, 국방, 게임과 엔터테인먼트, 공공안전 등 다양한 분야에 활용 가능하다.

웨어러블 디바이스 분야는 현재까지의 스마트폰을 중심으로 한 융합으로부터 개별 사물이 네트워크에 접속하고 자체 연산 능력을 갖추게 되는 다양한 트렌드로 발전할 것이다. 이와 같은 측면에서 웨어러블 디바이스 역시 네트워크에의 접속이 예상되므로 웨어러블 기기기간 뿐만 아니라, 이중 기기기간의 정보전달과 관련된 표준화가 필요하다. 그러나 정보의 송수신에 있어서 기기기간의 문제로 인하여 표준화가 서로 다른 표준화기구에서 추진되는 경우도 있다. 예를 들어 웨어러블 디바이스 활용에서 의료분야의 경우, 수집된 정보를 게이트웨이로 송신하는 부분에서는 IEEE 11073 PHD WG (Personal Health Device Working Group)에서 표준화가 추진되고, 게이트웨이에서 정보시스템으로 전송하는 분야에서는 HL 7 (Health Level 7)에서 표준화가 추진되고 있다. 웨어러블 디바이스 기술의 표준화는 제품 간의 이식성(portability), 확장성(scalability), 상호 운용성(interoperability)을 보장하기 위한 필수적 요소로 인식되고 있으며, 시장 선점 및 기술개발의 주도권 확보 차원에서 다수의 IT 기업들이 전략적인 접근을 하고 있다. 특히 인텔은 의료분야에서 글로벌 기업 중심의 CHA (Continua Health Alliance) 컨소시엄을 구성하여 150여개 기업들과 함께 기기기간의 상호 운용성 보장을 위한 가이드라인 제정 및 테스트를 통한 상호 운용성 인증 작업을 진행하고 있다.

한편, 헬스케어 분야를 중심으로 블루투스(Bluetooth), USB, 지그비(ZigBee) 등을 기본 통신 프로토콜로 합과 동시에, 개인 헬스케어용 웨어러블 디바이스 특성을 반영한 기기별 Device Specialization을 구성하는 표준화가

추진되고 있다. 향후에는 헬스케어 분야뿐만 아니라 다양한 분야로 확대가 기대되는 만큼 다양한 디바이스 특성을 반영한 표준화 및 사물간 인터넷인 M2M (Machine to Machine) 또는 IoT (Internet of Things)¹⁰와의 표준화 연계 등도 적극적으로 수용하여 웨어러블 디바이스의 표준화를 추진하는 것이 웨어러블 디바이스 시장을 성장시키는 주요한 동력이 될 것으로 사료된다.

그리고 웨어러블 디바이스의 국제 표준화 현황을 살펴보면, 현 시점에서 웨어러블 스마트기기에 대한 국가 표준(KS) 또는 국제표준으로 제정된 것은 없으며, 해당 표준을 제정하는 Technical Committee (TC)도 없는 상태이다. 이에 우리나라의 국가기술표준원은 2014년 IEC SMB(표준화관리이사회) 회의에서 웨어러블 스마트 디바이스의 신규 TC 설립을 제안하였고, 현재 strategy group (SG)인 SG10에서 TC 설립의 타당성을 검토 중에 있다. SG10의 공동 의장으로 중앙대학교의 박성규 교수가 선임되었다. 2016년 10월에는 웨어러블 스마트 디바이스의 TC 설립이 결정될 것으로 판단되며, 향후는 우리나라 주도로 다양한 웨어러블 디바이스의 국제표준이 제정될 것으로 기대된다.

5. 결 론

최근 메모리 반도체는 다기능 융복합 반도체로 진화하고 있으며, 새로운 시장의 요구에 맞는 반도체가 속속 등장하고 있다. 유연반도체, 그린 반도체, 자동차용 반도체, 바이오 반도체 등 신기술을 접목한 반도체의 시장은 웨어러블 및 IoT 시대로 진화하면서 그 시장이 크게 확대될 것으로 기대되고 있다. 한국은 메모리 분야에서는 세계시장 점유율 50% 이상으로 세계 1위의 위치에 있으며, 반도체 산업이 우리나라의 성장 동력 중추 산업으로서 역할을 충분히 하고 있지만, 향후 시장에서 주도권을 확보하기 위해서는 원천 기술의 연구, 특허 및 국제 표준 등록을 통한 기술의 선점이 무엇보다도 필요한 시점이 되었다. 통상적으로 표준 등록은 제품이 양산되어 사용되는 시점에서 소비자 및 생산자의 편의성 및 효율화를 위하여 시작되는 것으로 알고 있으나, 최근의 추세는 표준 개발 및 등록은 제품의 선행 개발 단계에서 표준을 선점하는 방향으로 바뀌고 있다. 즉 표준개발은 제품개발 기획 단계에서 선행적으로 진행되어야 시장에서 우위를 차지할 수 있으므로, 이 분야의 표준개발과 관련 인프라 구축이 매우 필요한 상황이며, 국가적 차원에서 원천기술 및 표준기반 확보를 통해 관련 분야의 기술 선점 및 국내 기업의 경쟁력 확보가 필요하다. 선진국들은 이미 표준화 사업을 기술개발과 연계하여 진행하고 있으며, 개발된 기술을 국제규격으로 제정함에 따라 시장에서 주도권을 확보하는 전략을 추진하고 있다. 물론 최근에 국내에서도 표준에 관한 관심이 크게 증가하여 표준화 역량이 향상되고 있는 것도 사실이다. 가령 IEC TC110

(Display devices) WG8에서 진행되는 플렉시블 디스플레이 표준화는 한국을 중심으로 진행되고 있으며, 이러한 표준화의 한국 주도는 국내 기업에서의 플렉시블 디스플레이 기술의 상품화 등 산업 발전에 그 근간이 있다고 하겠다. 또한 IEC TC 119 (Printed Electronics)는 인쇄전자 국제표준화로서 우리나라에서는 처음으로 구성을 제안하여 설립되었으며 한국이 인쇄전자 국제표준화를 총괄 운영하는 간사국의 지위를 맡게 되었다. 이러한 많은 노력에도 불구하고 아직 국내 관련 기업의 표준에 대한 관심은 미흡하며, 국가적으로 표준에 대한 전체적인 전략도 미흡한 상태이다. 본 논문에서는 반도체 소자 관련 국제 표준화 기구를 소개하고, 차세대 반도체 관련 표준화의 이슈를 설명함으로써, 산학연의 많은 전문가가 표준화 활동의 참여에 쉽게 접근할 수 있도록 간단한 소개를 하고자 하였다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. J.-H. Ahn, H. Lee and S.-H. Choa, "Technology of flexible semiconductor/memory device", *J. Microelectron. Packag. Soc.*, 20(2), 1 (2013).
2. J.-H. Kim, M.-W. Chon and S.-H. Choa, "Technology of flexible transparent conductive electrode for flexible electronic devices", *J. Microelectron. Packag. Soc.*, 21(2), 1 (2014).
3. Y. Leterrier, L. Médico, F. Demarco, J.-A. E. Månson, U. Betz, M. F. Escolà, M. K. Olsson and F. Atamny, "Mechanical integrity of transparent conductive oxide films for flexible polymer-based displays", *Thin Solid Films*, 460(1), 156-166 (2004).
4. J. Lewis, "Material challenge for flexible organic devices", *Mater. Today*, 9(4), 38 (2006).
5. S. I. Na, S. S. Kim, J. Jo and D. Y. Kim, "Efficient and flexible ITO-free organic solar cells using highly conductive polymer anodes", *Adv. Mater.*, 20(21), 4061 (2008).
6. J. K. Wassei and R. B. Kaner, "Graphene, a promising transparent conductor", *Mater. Today.*, 13(3), 52 (2010).
7. Peter Kafka, "The Automotive Standard ISO 26262, the Innovative Driver for Enhanced Safety Assessment & Technology for Motor Cars", *Procedia Engineering*, 45, 2-10 (2012).
8. P. Sinha, "Architectural design and reliability analysis of a fail-operational brake-by-wire system from ISO 26262 perspectives", *Reliability Engineering & System Safety*, 96(10), 1349-1359 (2011).
9. H. Yang, J. Yu, H. Zo and M. Choi, "User acceptance of wearable devices: An extended perspective of perceived value", *Telematics and Informatics*, 33(2), 256-269 (2016).
10. E. Borgia, "The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues", *Computer Communications*, 54(1), 1-31 (2014).



- 좌성훈
- 서울과학기술대학교 NID융합기술 대학원
- 유연 전자소자, MEMS, 반도체 패키징, 나노 공정
- e-mail: shchoa@seoultech.ac.kr



- 한태수
- 국가기술표준원
- 국가표준코디네이터
- IT 표준화, 반도체 재료
- e-mail: hans1229@hanmail.net



- 김원중
- 한국전자통신연구원
- 팀장(수석연구원)
- 시스템반도체, SW-Soc 융합
- e-mail: wjkim@etri.re.kr