

I. Micro LED 국내외 산업동향과 발전방향 및 전망	9 3
----------------------------------	-----

1. LED/Mini-LED 산업동향 및 퀀텀닷	39
1) LED 산업 및 기술동향	39
(1) 개요	39
1.1) 개념	39
1.2) 종류	40
1.3) 특성	41
(2) 국내외 시장동향	42
2.1) 국내	42
2.2) 국외	42
(3) LED 산업동향	43
3.1) LED 조명	43
3.1.1) 시장동향	43
3.1.2) 시장전망	44
3.2) LED Package	45
3.2.1) 시장동향	45
3.2.2) 시장전망	45
3.3) LED 융합기술	46
(4) 주요 LED 소자 업체동향	48
(5) LED 제조공정 및 기술동향	50
5.1) 제조공정	50
5.1.1) 기판	50
5.1.2) Epi Wafer 제조	50
5.1.3) Chip 생산	51
5.1.4) PKG 및 Module 공정	52
5.1.5) 형광체	53
5.2) White LED 제작방법	54
5.3) LED PKG 기술분석	55
5.3.1) 구성요소	55
5.3.2) 제조공정	56
5.3.3) 주요 핵심 기술동향	57
a) 광효율 향상 기술	57
b) 특성 편차 제어기술	57
c) 지향각 및 색좌표 제어기술	58
5.3.4) 기술개발 동향	59

2) Mini-LED 산업동향	61
(1) 개요	61
1.1) Mini LED vs. Micro LED	61
1.2) 기술 경쟁력	61
(2) 시장현황	63
2.1) 생태계 현황	63
2.2) 시장전망	64
(3) 기술동향	65
3) 퀀텀닷(Quantum Dot)과 QD-LED 디스플레이	67
(1) 개요	67
1.1) 개념	67
1.2) 광학적 특징	68
(2) 디스플레이 응용	70
2.1) 개요	70
2.1.1) 적용 단계	70
2.1.2) 발광 방식	70
2.1.3) 장점	71
2.2) 디스플레이 종류	72
2.2.1) QDCF-LCD	72
2.2.2) QDEF-LCD	72
2.2.3) QD-LED	73
2.2.4) QD-OLED	73
(3) QD-LED 디스플레이 기술개발 동향	75
3.1) OLED vs. QLED	75
3.2) 기술개발 동향	76
3.2.1) PL 방식	76
a) 개요	76
b) R&D 동향	77
3.2.2) EL 방식	78
a) 개요	78
b) R&D 동향	79
2. Micro LED 시장 및 산업동향	81
1) 개요	81
(1) 개념	81
(2) 등장 배경	82
2.1) LED 산업현황	82

2.1.1) 기술 현황	82
2.1.2) 산업현황	82
2.2) Micro LED 등장배경	83
(3) 광원 구조 및 크기	85
3.1) 광원의 구조	85
3.2) 응용분야별 광원의 크기	85
(4) 구성기술 및 제조공정	86
4.1) 구성기술	86
4.2) 제조공정	87
(5) 기술특성 및 비교	88
5.1) 특성	88
5.2) 타 기술과의 비교	90
5.2.1) 기존 LED vs. 마이크로 LED	90
5.2.2) LCD vs. OLED vs. Micro LED	91
(6) 응용분야 전망	94
6.1) 개요	94
6.2) 응용 분야	95
6.2.1) 응용 분야 및 제품	95
6.2.2) 응용 분야별 시장요구 및 SWOT 분석	98
2) Micro LED의 가능성	100
(1) 차세대 디스플레이	100
1.1) 스트레처블(Stretchable) 구현	100
1.2) 초대형 디스플레이 구현	100
1.3) 모바일 디스플레이 배터리 문제 개선	101
(2) 현실감 높은 가상현실(VR) 구현	103
(3) 초소형 웨어러블 디바이스 구현	105
(4) Bezel-less 디지털 사이니지 구현	107
(5) 에너지 소비 절감과 Micro-LED	108
5.1) 에너지 소비현황	108
5.2) 최근 LED 전등의 기술변화	109
5.3) 주요국 에너지 소비정책 및 현황	109
5.3.1) 일본	109
5.3.2) 터키	110
5.4) Micro LED의 Energy saving 잠재가치	111
5.4.1) 발광장치 비교	111
5.4.2) Micro LED의 등장	112

5.4.3) Energy saving 측면에서 Micro LED의 잠재가치	113
3) 국내외 Micro LED 산업동향 및 전망	114
(1) 국내 시장동향	114
1.1) 경제적 효과	114
1.2) R&D 전략 및 기술로드맵	114
1.2.1) R&D 추진전략	115
1.2.2) R&D 네트워크	116
a) 기술 이전 가능기관	116
b) R&D 인력	117
1.2.3) 기술로드맵	119
1.3) 주요 기술개발 동향	121
1.3.1) 중소기업 사례	121
1.3.2) 기술개발 동향	122
1.4) 특허출원 동향	124
1.4.1) 연도별 출원 건수 동향	124
1.4.2) 출원인별 출원 건수 및 비중 동향	124
1.4.3) 주요 기술별 특허동향	125
1.5) 시장전망	127
1.5.1) 시장규모 및 전망	127
1.5.2) 시장 점유율 전망	128
1.5.3) 총 매출액 전망	128
(2) 국외 시장동향	130
2.1) 세계 디스플레이 시장예측	130
2.2) Micro LED 시장규모 및 전망	130
2.2.1) 글로벌 시장규모 및 전망	130
2.2.2) 지역별 시장전망	131
2.2.3) 제품 분류별 시장규모 및 전망	132
2.2.4) 디스플레이 패널 크기별 시장규모 및 전망	132
a) 초소형/중소형 디스플레이	133
b) 초대형 디스플레이	134
2.2.5) 자동차용 mLED 광원 시장규모 및 전망	135
2.3) 국가별 기술격차	135
2.4) 주요 기술개발 동향	136
(3) 산업구조 및 특성	141
3.1) 산업 구조	141
3.2) 산업 특성	142

3.2.1) 4차 산업혁명 플랫폼	142
3.2.2) 新시장 창출	143
3.3) Value Chain 및 산업화 시나리오	145
3.3.1) 산업경쟁력 분석	145
3.3.2) Value Chain	146
3.3.3) 산업화 시나리오	147
a) 디스플레이 크기별 산업화 시나리오	147
b) micro-LED 디스플레이용 소재/장비 수요예측	148
(4) 핵심 기술동향	150
3. Micro LED 발전방향 및 전망	151
1) 제품개발 로드맵	151
2) 고부가가치 서비스/제품 창출동향	152
(1) 개요	152
(2) 제품/서비스 대표사례	154
2.1) 스마트워치	154
2.2) AR/VR	155
2.2.1) Oculus - InfiniLED	155
2.2.2) Ostendo / CEA-LETI	155
2.3) 웨어러블	156
2.3.1) 스트레처블	156
2.3.2) 의류	156
a) CuteCircuit	156
b) Philips Lumalive	157
2.4) 자동차	157
2.4.1) 매트릭스 헤드램프	157
II. Micro LED 핵심 기술개발 동향 및 분야별 기술개발 사례	161
1. Micro LED 핵심 기술동향	161
1) Micro LED 구현을 위한 핵심 기술개발 동향	161
(1) 기술적 난제	161
1.1) 에피웨이퍼 파티클/균일성 관리	161
1.2) 칩 절단 공정 추가	162
1.3) 전사/접합 공정의 난제와 bLED+QD	163
1.3.1) 전사 공정의 난제	163
1.3.2) 전사/접합 기술개발	164

1.3.3) bLED+QD 구조 제안	165
(2) 에피 성장기술	167
2.1) 개요	167
2.2) GaN LED Epi.의 결함 및 해결방안	167
2.2.1) GaN LED Epi.의 결함	167
2.2.2) Si 기판을 이용한 고품질 GaN Epi. 성장기술 개발	168
(3) 칩 개발 기술	169
3.1) 핵심기술	169
3.2) 요구사항 및 기술	169
(4) 기판 분리 기술	171
4.1) 공정 분류	171
4.2) 주요 기술개발 동향	172
4.2.1) 질화물 LED의 sapphire 기판 분리	172
4.2.2) 질화물 LED의 Si 기판 분리	174
a) 특성	174
b) 대표 R&D 사례	174
4.2.3) AlGaInP LED on GaAs 기판 분리	176
(5) 화소 구동기술	178
5.1) 개요	178
5.2) 효율 향상 방법	179
5.3) 색변환 소재기술	180
5.3.1) 기술 개요	180
5.3.2) 소재 적용방식	181
5.3.3) 소재 특성	181
5.4) 화소제어 방식	182
5.4.1) LED	182
5.4.2) LCD/OLED	183
5.4.3) Micro LED	184
a) 초소형 디스플레이	184
b) 소형 디스플레이	185
c) 중대형/초대형 디스플레이	185
5.5) 디스플레이용 TFT 소재기술	186
5.5.1) TFT 소재별 특징	186
5.5.2) TFT 특성 편차 보상기술	187
a) 개요	187
b) 보상회로 기술	188

5.6) 불량률 관리	188
2) Micro LED 광원 제조기술	190
(1) AlGaInP on GaAs	190
(2) GaN on Sapphire	191
2.1) 공정 방법	191
2.2) 핵심기술 및 이슈	192
(3) GaN on Si	193
3.1) 공정 방법	193
3.2) Sapphire vs. Si	194
3) Micro LED 전사(Transfer) 기술	195
(1) 개요	195
1.1) 개념	195
1.2) 요구 기술	196
(2) 주요 전사/접합 기술동향	197
2.1) 접근 방식	197
2.2) Pick and Place	197
2.3) Semiconductor Integration	199
2.3.1) 접근 방식	199
2.3.2) 주요 기술개발 동향	199
a) CEA-LETI	199
b) Ostendo	200
c) Luminode	201
(3) 전사 방식별 기술개발 동향	203
3.1) Stamp 전사방식	203
3.1.1) 개요	203
a) 원리	203
b) 분류	203
3.1.2) 정전력 발생 Stamp(LuxVue)	204
3.1.3) 탄성고무 Stamp(X-Celeprint)	206
3.1.4) 정전력 유도 탄성 Stamp(AUO/Cooledge)	207
3.1.5) 전자유동방식 Stamp(PlayNitride/ITRI)	208
3.2) R2R 전사방식	208
3.2.1) 정전방식(Rohinni)	208
3.2.2) 속도/모션 제어방식(한국기계연구원)	209
3.3) 환경가변전사 방식(한국광기술원)	210
2. Micro LED 응용 분야별 동향 및 기술개발 사례	213

1) 차세대 디스플레이	213
(1) 개요	213
1.1) 디스플레이 산업의 진화	213
1.2) Micro LED 디스플레이 개요	214
1.2.1) 정의	214
1.2.2) 적용 분야	215
(2) 차세대 Micro LED 디스플레이 전망	216
2.1) 초고해상도 마이크로 디스플레이	216
2.1.1) 응용 분야	216
2.1.2) 기술개발 발전 전망	216
2.2) 플렉서블 디스플레이	218
2.2.1) 개요	218
2.2.2) 기술개발 발전 전망	218
(3) 국내외 주요 기관별 기술개발 동향	221
3.1) ITRI	221
3.2) CEA-LETI	222
3.3) 한국기계연구원	222
3.3.1) 롤 전사 공정을 이용한 마이크로 LED 디스플레이	222
3.3.2) 기술이전 현황	223
3.4) 한국광기술원	224
3.5) 고려대학교	224
3.6) 광주과학기술원	227
(4) 국내외 주요 기업별 사업전략 및 R&D 동향	228
4.1) Apple	228
4.1.1) 사업목적 및 전략	228
4.1.2) 관련 M&A 현황	229
4.1.3) 주요 기술개발 동향	230
4.1.4) 관련 특허동향	230
4.2) Sony	231
4.2.1) 주요 타깃	231
4.2.2) 최근 동향	232
4.2.3) 주요 기술동향	233
4.3) AUO	234
4.4) Honhai(Foxconn)	235
4.4.1) 사업전략 및 목표	235
4.4.2) 관련 M&A 현황	235

4.4.3) 최근 동향	236
4.5) 삼성전자	237
4.5.1) 사업전략	237
4.5.2) 관련 기술개발 동향	238
4.6) LG전자	239
4.7) 루멘스	240
4.7.1) 최근 동향	240
4.7.2) 주요 기술개발 동향	241
a) HD 마이크로 LED 모듈	241
b) 플립칩 기술 기반 Micro LED Display	242
4.7.3) 향후 계획	243
4.8) 우리이앤엘	243
4.9) 세미콘라이트	244
4.10) 신생/창업 기업	245
2) 자동차	248
(1) 차세대 자동차용 헤드램프 메가트렌드	248
1.1) 개요	248
1.1.1) 자동차 헤드램프의 역할	248
1.1.2) 향후 전망	248
1.2) 광원과 Technology의 변화	249
1.2.1) LED	249
a) LED 칩의 구조	249
b) 색온도	249
c) LED 램프의 구분	250
1.2.2) Laser	250
a) 개요	250
b) LED vs. Laser	251
1.2.3) OELD	252
a) OLED 램프 특징	252
b) 차량용 OLED 디스플레이	252
1.2.4) 기술 변화	253
1.3) 관련 특허동향	254
1.3.1) 출원비중 동향	254
1.3.2) 주요 출원인 현황	255
1.3.3) 차세대 광원램프별 출원사례	257
(2) 차량용 Micro LED 시장 및 기술개발 동향	258

2.1) 차량용 LED 시장전망	258
2.1.1) 생태계 현황	258
2.1.2) 시장규모 및 전망	259
2.2) LED 헤드램프 시장 개요 및 기술동향	259
2.2.1) 시장 개요	259
a) 광원에 따른 종류 및 특성	259
b) 헤드램프 시장 변화	261
c) LED 광원 적용 가능한 차량용 조명 분야	262
2.2.2) LED 램프 수요 가속화 요인	263
a) 안전규제 측면	263
b) 환경규제 측면	264
2.2.3) 주요 기술개발 동향	265
a) AFLS 헤드램프	265
b) Micro-LED 적용 Matrix 헤드램프	265
c) White LED를 활용한 자율주행 관련 기술	267
2.3) Micro LED 기반 HUD	267
2.3.1) HUD 개요	267
a) 원리	267
b) 분류	268
2.3.2) Micro LED 기반 HUD	268
3) 의료/바이오	270
(1) 개요	270
1.1) 의료용 광원의 분류	270
1.2) 의료용 LED 특징	270
(2) Micro LED를 활용한 의료/바이오 기술동향	272
(3) 의료용 Micro LED 주요 R&D 동향	274
3.1) Rogers 연구그룹	274
3.2) 한국광기술원	274
3.2.1) 피부미용/질환치료용 stretchable Micro-LED 패치기술 ...	275
3.2.2) 악성종양 치료를 위한 체내 삽입형 Micro-LED 기술	276
3.3) KAIST	278
3.3.1) 수직형 유연 Micro LED 공정개발	278
a) 개요	278
b) 기술 비교	278
c) 생체 삽입형 유연 전자 시스템 구현	279
3.3.2) 유연 박막 수직형 청색 Micro-LED 개발	280

4) 통신	283
(1) LED 통신 분류 및 Micro LED 적용 가능성	283
1.1) 개요	283
1.1.1) 개념	283
1.1.2) Micro LED 적용 가능성	283
1.2) 분류	284
1.2.1) LED-ID	284
1.2.2) OCC(Optical Camera Communication)	285
1.2.3) Li-Fi(Light Fidelity)	285
(2) 라이파이(Li-Fi) 통신	287
2.1) 개요	287
2.1.1) 개념	287
2.1.2) 기술개발 배경	288
2.1.3) 기술의 비교	289
2.1.4) 기술의 가치	290
2.1.5) 촉진/저해요인	291
2.2) 국내외 시장전망	292
2.2.1) 글로벌 시장규모 및 전망	292
2.2.2) 국내 시장규모 및 전망	292
2.3) 관련 기술개발 동향	293
2.3.1) VLC 산업의 Supply Chain	293
2.3.2) 국가별 기술개발 현황	293
2.3.3) 주요 기업동향	294
5) 웨어러블 디바이스	298
(1) 웨어러블 디바이스용 Micro LED	298
1.1) 웨어러블 스마트 디바이스 개요	298
1.2) Micro LED가 적용된 웨어러블 디바이스 응용	298
(2) Micro LED가 적용된 웨어러블 디바이스 주요 기술개발 사례	300
2.1) 스마트 섬유	300
2.1.1) 필립스 루마리브(Philips Lumalive)	300
2.1.2) 큐트서킷(CuteCircuit & Ballantine)	301
2.1.3) 한국광기술원	301
2.1.4) 코오롱	301
2.2) 바이오 콘택트렌즈	302
2.2.1) 프린스턴대	302
2.2.2) UNIST	303

2.2.3) 포스텍	304
2.3) 인체 부착이 가능한 의료용 패치	305
2.3.1) University of Illinois	305
2.3.2) 도쿄대학교	305
2.3.3) 한국광기술원	306
2.3.4) 기초과학연구원	307

III. Micro LED 관련 주요 업체동향 및 분석 B

1. (주)루멘스	311
1) 기업 개요	311
2) 사업 현황	313
(1) 사업 영역	313
(2) 사업 내용	313
2.1) LED 사업 부문	313
2.1.1) 영업 개황	313
2.1.2) 신규 사업 전망	314
2.2) LGP 사업 부문	315
3) Micro LED 관련 주요 제품 Line-up	317
(1) MLD	317
1.1) Flip-Chip	317
1.2) Chip on Module 기반 MLD 기술	318
(2) MLP	320
(3) Flexible Micro-LED	321
4) 연구개발 현황	322
5) 매출 현황	327
2. 우리이앤엘(주)	328
1) 기업 개요	328
(1) 기업 현황	328
(2) 계열사 현황	329
2.1) 지분 구조 및 현황	329
2.2) 계열사 현황	329
2) 사업 현황	332
(1) 사업 영역	332
(2) 생산설비 현황	333
2.1) 생산능력 및 가동률 현황	333

2.2) 보유설비 현황	334
3) 주력 제품 및 R&D 현황	335
(1) 주력 제품 현황	335
(2) Micro LED 제품 개발 현황	337
2.1) Micro LED 모듈 시제품	337
2.2) 관련 지원 사업현황	337
4) 매출 현황	339
3. 서울반도체(주)	340
1) 기업 개요	340
2) 사업 현황	340
(1) 사업 영역	340
(2) 사업 내용	342
2.1) 주요 어플리케이션 현황	342
2.2) 주력 제품 및 기술현황	343
2.2.1) Acrich	343
2.2.2) WICOP	344
2.2.3) nPola	345
2.2.4) SunLike	346
2.2.5) Drivers	346
2.3) 판매 전략	347
(3) 생산설비 현황	348
3) 연구개발 현황	349
4) 매출 현황	351
4. (주)세미콘라이트	352
1) 기업 개요	352
2) 사업 현황	353
(1) 주요 제품 라인업	353
1.1) 주요 기술현황	353
1.1.1) Flip Chip	353
1.1.2) CSP	353
1.1.3) UV	354
1.2) 주력 제품 현황	354
(2) 신규 사업현황 및 전망	356
(3) 사업 전략	356
3.1) 경쟁 전략	356
3.1.1) 기업 부문별 강점 및 약점	356

3.1.2) 5 forces 경쟁력	357
3.2) 판매 전략	358
(4) 생산설비 현황	359
3) 연구개발 현황	360
(1) 칩 기술개발 현황	360
(2) Micro LED 기술개발 현황	361
4) 매출 현황	362
5. (주)오디텍	363
1) 기업 개요	363
2) 사업 현황	364
(1) 사업 영역	364
1.1) Sensors	364
1.1.1) 광센서 개요	364
1.1.2) 사업현황 및 전망	364
1.2) Semiconductor	365
1.3) Quantum Dots	367
1.4) OPTO Device	367
1.5) LED Application	368
(2) 판매 전략	370
3) 연구개발 현황	371
4) 매출 현황	374
6. (주)STC	375
1) 기업 개요	375
(1) 개요	375
(2) 종속회사 현황	375
2) 사업 현황	377
(1) 사업 영역	377
1.1) 주요 기술현황	377
1.1.1) 사파이어 개요	377
1.1.2) VHGF 공법	378
1.2) 주력 제품 현황	378
(2) 생산설비 현황	380
3) 연구개발 현황	381
4) 매출 현황	383
7. (주)알에프텍	384
1) 기업 개요	384

2) 사업 현황	385
(1) 사업 영역	385
(2) LED 사업군 제품현황 및 신규사업	386
2.1) LED 제품 Line-up	386
2.2) 신규 사업전망	386
(3) 생산설비 현황	387
3) 연구개발 현황	388
4) 매출 현황	389
8. 일진디스플레이(주)	390
1) 기업 개요	390
2) 사업 현황	392
(1) 사업 영역	392
1.1) 사파이어 부문	392
1.2) 터치패널 부문	393
(2) 주요 제품현황	395
2.1) 터치스크린 제품 Line-up	395
2.2) 사파이어 제품 Line-up	396
2.2.1) 잉곳(Ingot)	396
2.2.2) 웨이퍼(Wafer)	397
a) LED	398
b) Micro LED	399
c) Window	400
(3) 생산실적 현황	401
3) 연구개발 현황	402
4) 매출 현황	405
9. 루미마이크로(주)	406
1) 기업 개요	406
2) 사업 현황	407
(1) 사업 영역	407
(2) 신규 사업전망	408
(3) 생산능력 및 판매전략	409
3) 연구개발 현황	410
(1) 중점 개발분야 및 계획	410
(2) R&D 로드맵	411
2.1) 개발 계획	411
2.2) 부문별 R&D 로드맵	412

4) 매출 현황	413
10. (주)매직마이크로	414
1) 기업 개요	414
(1) 개요	414
(2) 해외 법인현황	415
2.1) 종속회사 현황	415
2.2) 해외진출 현황	416
2) 사업 현황	418
(1) 사업 영역	418
(2) 주요 기술 및 제품현황	419
2.1) 분야별 제품 Line-up	419
2.2) 제품 매출현황	420
(3) 신규 사업전망	421
(4) 생산능력 및 판매 전략	422
4.1) 생산 실적 및 가동률	422
4.2) 판매 전략	422
3) 연구개발 현황	423
4) 매출 현황	424

IV. 부 록	427
------------------	-----

1. 미래 LED/광 융합 분야 기술개발 방향 및 전망	427
2. LED/광 산업의 주요 지원 정책동향	431
1) 주요국 LED/광 정책동향	431
(1) 개요	431
(2) 주요국 정책동향	432
2) 국내 글로벌 프론티어 사업 성과 발표	433
(1) 사업 개요	433
(2) 각 연구단별 전시기술 리스트	435
2.1) 멀티스케일 에너지 시스템 연구단	435
2.2) 나노기반 소프트 일렉트로닉스 연구단	435
2.3) 스마트IT 융합시스템 연구단	436
2.4) 지능형 바이오시스템 설계 및 합성 연구단	437
2.5) 파동에너지 극한제어 연구단	438
(3) 대표 전시기술 소개	439