

고휘도 LED를 이용한 신호기구의 기술 현황

정봉만 · 정학근 <한국에너지기술연구원>

1. 머리말

현재 교통신호등, 해상용 등명기, 항공장애등, 철도용 신호기 및 가변정보표지판 등은 육로, 해로 그리고 항공로의 운송 수단의 안전과 원활한 흐름을 위해 사용되고 있다. 이러한 신호기구에 사용되는 광원은 필라멘트의 발열에 의한 광을 발산하는 백열전구가 대부분으로 낮은 발광 효율과 짧은 수명으로 전력 소비를 증가시키는 물론 잦은 유지보수로 인한 관리의 어려움과 비용 증가의 원인이 되고 있다. 그러나 PCB 기판에 다수의 고휘도 LED(반도체 발광 다이오드, Light Emitting Diode)와 구동회로로 구성되는 반도체 광원은 특정 파장대의 단색광을 발광하므로 착색렌즈 사용에 따른 빛손실이 없고, 저전력 소모 및 장수명으로 인해 유지보수비용의 절감 등의 장점으로 인해, 국내외의 많은 기업에서 신호용 기구의 대체광원으로 응용 방안에 대하여 연구되고 있다.

본 고에서는 LED 광원의 장점을 활용하여 전기에너지 절약, 장수명 및 시인성 향상의 효과를 얻을 수 있는 고휘도 LED를 이용한 신호기구의 국내 기술 현황을 살펴보고자 한다. 이를 위해 광학적, 전기적 성능을 중심으로 하여 각 LED 신호기구에서 요구되고 있는 성능을 분석하고, 실제 개발되고 있는 제품의 성능을 평가하여 본다.

2. LED 교통신호등 기술현황

국내에서 사용되는 교통신호등용 전구는 전량 해외에서 수입하는 백열전구로써 발열에 의한 낮은 발광 효율과 짧은 수명으로, 전력의 과소비와 과중한 전력요금 부담, 잦은 유지보수로 관리비용의 증가와 교통환경 악화의 원인이 되고 있으며, 국가적으로는 귀중한 에너지의 낭비, 첨두부하 증가에 따른 전력수요관리의 어려움, 발전용 화석연료 사용증가에 따른 환경오염 유발 등의 문제가 발생하고 있다. 기존 백열등 신호등의 LED 신호등 교체로 인해 기대되는 효과는 크게 3가지로 요약된다. 첫째 동일 광도에서 80%~95%정도의 절전으로 대폭적인 에너지절약과 전기요금 절감이 가능하며, 둘째 10배 이상의 긴 수명으로 유지보수비용 절감과 원활한 교통흐름을 유도하며, 셋째 시인성 향상에 따른 교통사고 감소가 기대된다.

교통신호등의 그 기능적 특성상 운전자 및 보행자의 안전과 밀접한 관계에 있어 국내의 LED 교통신호등은 경찰청의 "LED 교통신호등 표준지침"에서 규정하고 요구 성능에 적합하여야만 한다. 따라서 국내 기업의 LED 교통신호등의 성능 분석에 앞서 경찰청의 "LED 교통신호등의 표준지침"에서 규정하고 있는 신호등의 전기적, 광학적 요구 성능에 대하여 정리하였다.

- 1) LED 신호등의 색도는 국제조명위원회가 정한 색도좌표계에 적합하여야 하고, [그림 1], [그

- 림 2) 및 <표 1> 한계값 안에 포함되어야 한다.
- 2) 기호·문자가 없는 LED 신호등의 광도 분포는 무색렌즈를 부착한 상태로 광원 전방 10(m)이상의 거리에서 측정하며, 직경 300mm 신호등은 <표 2>, 직경 200(mm) 신호등은 <표 3>의 수치 이상이어야 한다.
 - 3) 화살표, 가변신호등의 휘도는 <표 4>의 수치 이상, 10,000(cd/m²) 이하이어야 하며, 측정값의 최대치와 최소치의 휘도비는 6:1 이하이어야 하고, 보행자 신호등의 휘도는 <표 5>와 같아야 하며, 측정값의 평균은 1,200(cd/m²) 이상이어야 한다.
 - 4) LED 신호등은 25℃ 온도에서 정격전압으로 점등할 때 소비전력 15(W)이하, 역률 0.9이상, 총 고조파 함유율 40% 이하로 동작하여야 한다.

- 야 하고, 보행자 신호등의 휘도는 <표 5>와 같아야 하며, 측정값의 평균은 1,200(cd/m²) 이상이어야 한다.
- 4) LED 신호등은 25℃ 온도에서 정격전압으로 점등할 때 소비전력 15(W)이하, 역률 0.9이상, 총 고조파 함유율 40% 이하로 동작하여야 한다.

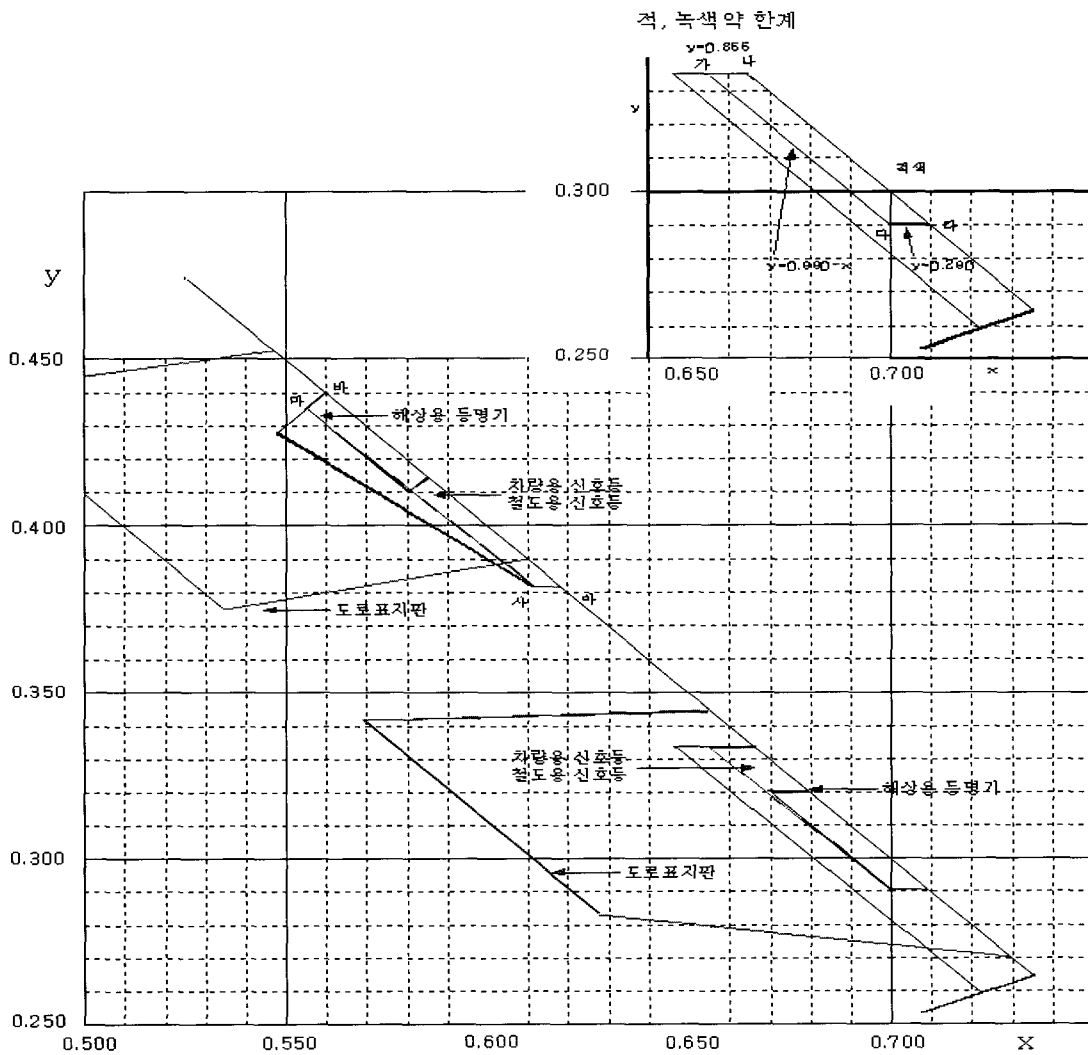


그림 1. 적색 및 황색 범위도

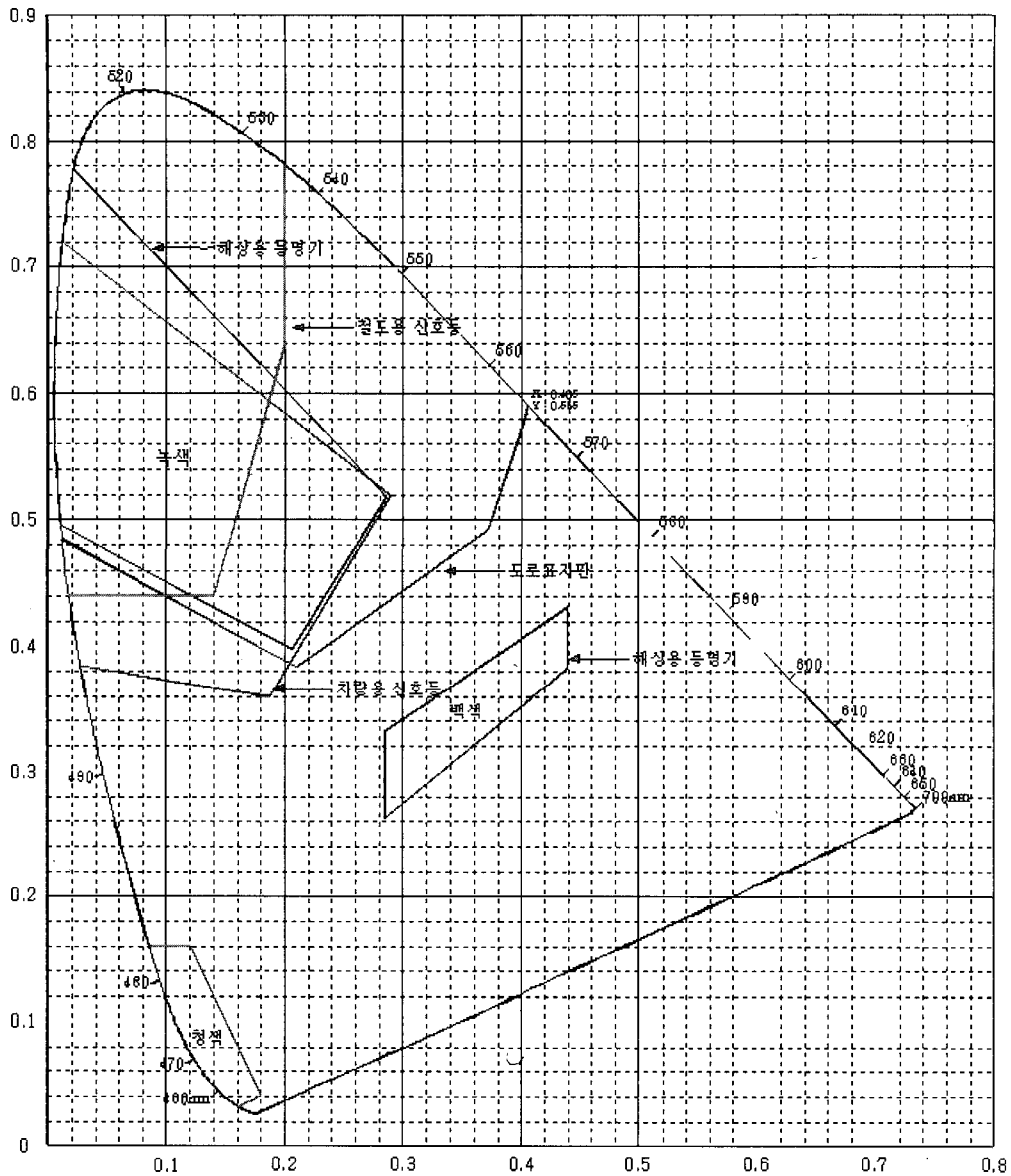


그림 2. 녹색 범위도

5) 신호등은 정격전압(110[V]/220[V])에서 100[Hz] 미만의 깜박거림이 생기지 않아야 하고, 허용 전압(110[V] 정격의 경우 88[V]~121[V], 220[V] 정격의 경우 176[V]~

242[V]) 및 주변온도 (-30℃~70℃) 범위내에서 정상 동작하여야 하고, 광출력은 ±20% 이상 변화해서는 안 된다.

표 1. 색도 범위 및 좌표

렌즈 색	제한 구간	좌표		
		위치	x	y
적 색	황 색	가	0.655	0.335
		나	0.665	0.335
	적 색	다	0.700	0.290
		라	0.710	0.290
황 색	녹 색	마	0.555	0.435
		바	0.612	0.440
	백 색	마	0.555	0.435
		사	0.612	0.382
적 색	사	0.612	0.382	
	아	0.618	0.382	
녹 색	황 색	자	0.009	0.720
		차	0.284	0.520
	백 색	차	0.284	0.520
		타	0.183	0.359
청 색	카	0.028	0.385	
	타	0.183	0.359	

표 2. 기호·문자가 없는 신호등(직경 300(mm)) 광도분포

(단위 : cd)

하향 수직각	좌·우향 수평각					
	2.5°	7.5°	12.5°	17.5°	22.5°	27.5°
2.5°	340	250	140	80	-	-
7.5°	230	200	145	90	40	20
12.5°	50	50	45	35	20	15
17.5°	25	25	25	25	20	15

표 3. 기호·문자가 없는 신호등(직경 200(mm)) 광도분포

(단위 : cd)

하향 수직각	좌·우향 수평각					
	2.5°	7.5°	12.5°	17.5°	22.5°	27.5°
2.5°	140	100	60	30	-	-
7.5°	100	90	70	40	20	10
12.5°	40	30	30	20	15	10
17.5°	20	15	10	10	5	5

표 4. 화살표·가변신호등 휘도분포

(단위 : cd/m²)

하향 수직각	좌·우향 수평각	
	0°	15°
0°	4,800	1,400
15°	1,400	1,400

표 5. 보행자 신호등 휘도분포

(단위 : cd/m²)

하향 수직각	좌·우향 수평각	
	0°	15°
0°	600 ~ 4,000	600 ~ 4,000
15°	600 ~ 4,000	600 ~ 4,000

LED 신호등을 개발하였던 대부분의 업체들은 초기에는 LED에 대한 인식부족으로 “LED 교통신호등 표준지침”에서 규정하고 있는 광학적, 전기적 요구 성능을 만족하는 제품을 개발하지 못하여, 국내 보급이 지지부진하였다. 그러나 현재는 (주)트래픽ITS, (주)MIT엔터프라이스, (주)INTT 등과 같은 LED 교통신호등만을 전문적으로 생산하고 있는 업체를 비롯하여, 한국전기교통(주), (주)신호 등과 같은 기존의 신호등을 생산하던 업체들에서도 요구 성능에 적합한 제품을 생산하고 있으며, 국내보급은 물론 해외

로 수출도 하고 있는 상황이다. 현재 30개 이상의 기업에서 LED 교통 신호등을 개발 및 생산하고 있으며, 그 중 16개 기업의 제품이 고효율 에너지기기로 지정되어 있으며, 경찰청에서는 초기에 마련한 “LED 교통신호등 표준지침”에서 고려하지 못한 항목들은 지속적으로 보완하고 있는 상황이다. <표 6>은 지금까지 국내에서 생산되고 있는 약 20여개 업체들의 LED 교통신호등 제품을 시험하여, 주요 시험결과를 정리한 것이다.

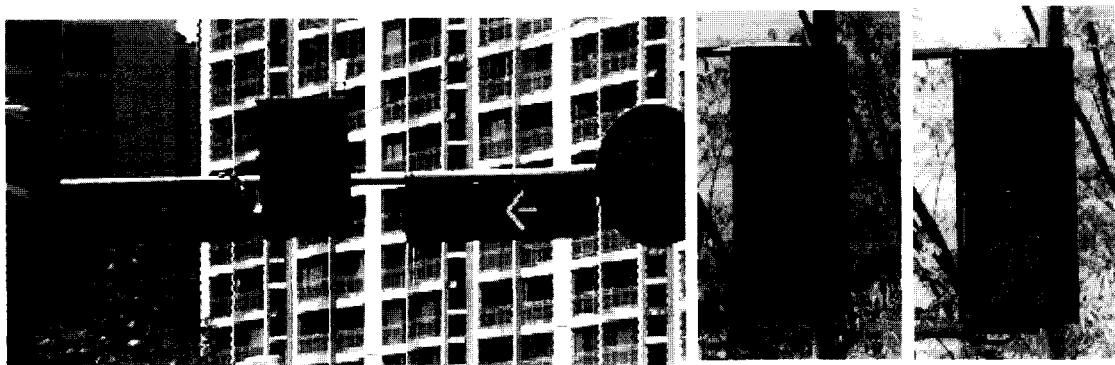


그림 3. 기존 신호등과 LED 교통신호등의 비교

표 6. 국내 기업의 LED 교통신호등 성능 현황

시 험 항 목	시 험 기 준	시험결과	비 고
광 출력 변 동 시 험	±20% 이내의 광도 변화	5% ~ 18%	적 합
내 구 성 시 험	시험전 광도의 80%이상 유지	95% 이상	적 합
광 출력 주 파 수 시 험	100Hz 이상	120Hz이상	적 합
전 원 의 호 환 성 시 험	±20% 이내의 광도 변화	15% 이내	적 합
배 선 구 조 시 험	광도 80%이상 유지	85% 이상	적 합
소 비 전 력 시 험	15(W) 이하	5W ~ 15W	적 합
역 률 시 험	0.9 이상	0.9 ~ 1	적 합
고 조 파 함 유 율 시 험	40[%] 이하	5% ~ 40%	적 합
광 도 분 포 시 험	기준축 광도 340cd 이상	400cd ~ 600cd	적 합

3. 해상용 LED 등명기 기술연향

선박이 안전한 항해를 하기 위해서는 항상 기회가 있을 때마다 선박의 위치를 확인할 필요가 있다. 그래서 선박의 교통량이 많은 곳에서는 선박의 운항을 돕기 위한 인공적인 시설을 필요로 하게 되며 이러한 목적을 달성하기 위하여 설치된 시설을 항로표지라고 한다. 항로표지에 있어서, 특히 해상의 등부표에 장착된 등명기는 그 현지의 운영 환경이 무인으로 운영되고 지리학적 요인으로 관리가 용이하지 않기 때문에 전원의 안정적인 공급 및 정기적인 유지보수가 가장 큰 문제점으로 대두되어 있다. 현재 등명기의 광원으로 사용되고 있는 필라멘트식의 광원은 전원의 비효율적 사용으로 인해 잦은 전원부의 정기 점검과 보수를 요하고 있으며, 또한 축전지의 내구년한 단축으로 관리자측에서는 잦은 점검을 요하고 있다. 이의 단점을 보완할 수 있는 신소재 제품인 고휘도 LED를 응용하면 기존의 필라멘트의 광원보다 수명상 수 배 이상, 전기소비량의 개선 및 시인성 향상 등의 효과를 가져오게 된다.

해상용 LED 등명기 역시 그 기능적 특성상 주사용부처인 해양수산부의 “LED 등명기 제작시방서”에서 규정하고 요구 성능에 적합하여야만 한다. 해양수

산부에서 규정하고 있는 LED 해상용 등명기의 전기적, 광학적 요구 성능을 분석하여 정리하였다.

- 1) LED 소자를 사용하는 등명기는 적색, 백색, 녹색, 황색으로 제작되어야 하며 각 색도의 기준은 항로표지 광색의 색도(X, Y) 허용 범위에 적합하여야 한다.
- 2) 등광의 밝기는 수평방향의 모든 각도(360°)에서 일정하게 보여야 하며, 등광의 광망의 폭(수직발산각)은 0.5°간격으로 측정하고, 최대광도의 50%되는 수직 배광 곡선상의 두 지점의 각을 기준으로 ±4°이내로 한다.
- 3) LED 모듈 3단시 색별 평균 부동광도는 적색, 녹색, 황색, 백색 모두, 수평각도는 45°간격으로 측정하고 최저 270(cd)(7(NM)의 광달거리) 이상이어야 한다.
- 4) 주위온도 -30℃ ~ +60℃ 상태에서 이상 없이 동작하여야 하며, LED 모듈의 3단 점등시 소비전력은 24(W), 소등시의 대기전류는 5(mA)이내이어야 한다.
- 5) 섬광의 종류는 단섬광, 급섬광, 균섬광, 모르스광, 장섬광, 부동광이 동작 되도록 섬광 기능을 가져야 하며, 섬광기의 등질 허용오차는 ±10% 이내에 적합 되어야 한다.

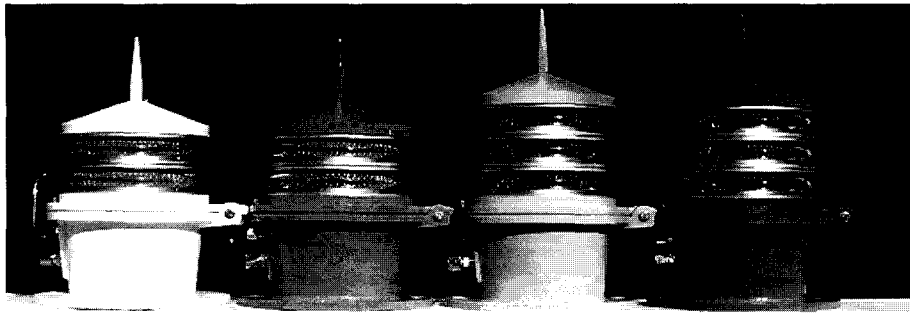


그림 4. 해상용 LED 등명기

아직까지는 해상용 LED 등명기를 개발하여 생산하고 있는 국내 기업은 (주)코솔라 엔지니어링이 유일하며, 그 성능은 기존의 백열등 등명기와 외국의 LED 등명기 제품에 비해서도 외형, 현장 적용성 및

광학기능 등 모든 부분에서 아주 우수하였다. <표 7>은 (주)코솔라 엔지니어링에서 생산하고 있는 LED 등명기의 성능을 측정된 결과를 정리한 것이다.

표 7. 해상용 LED 등명기 성능시험 결과

시험항목	시험방법	시험결과			
		적색	황색	녹색	백색
소비전력검사	LED 광학계의 입력에 정격전압을 인가하여 점등시 소비전력을 측정	7.9[W]	7.2[W]	8.9[W]	8.9[W]
절연저항검사	전원입력단자와 등체를 DC 500V 절연저항계로 측정	20[MΩ] 이상			
절연내력검사	전원입력단자와 등체간에 DC 500V를 1분간 인가하여 이상유무를 확인	정상동작			
등질측정검사	점등제어회로의 출력에서 등질주기 명(적)시간 및 암(멸)시간을 측정	±10% 이내			
광학적 특성검사	등명기를 점등시키고 광색, 수평광도 및 수직광도를 거리 10M 이상에서 측정	200cd / 단위모듈			
온도검사	광학계 및 제어장치에 대해 고온과 저온에서 동작상태를 확인	정상동작			

4. 태양전지식 LED 항공장애등 기술현황

태양전지식 LED 항공장애등은 송전 철탑 또는 고층건물의 상부에 부착되어 비행기의 안전한 운항을 위해 사용되는 신호기구로, 요구 성능은 주 사용처인 한국전력공사에서 규정하고 있다. 이에 가공 송전선 지지물(60[m]이상 ~ 180[m]이하)에 설치되는 태양전지식 LED 항공장애등 및 그 조절장치에 대하여 적용하는 "태양전지식 LED 항공장애등에 대한 구매시방서"에서 규정하고 있는 요구 성능에 대하여 정리

하였다.

- 1) 등구는 광원의 중심을 포함하는 수평면 아래 15° 상방의 360° 모든 방향에서 일정하게 보여야 하며, 등의 광색은 항공법에 적합하여야 한다.
- 2) 중광도 등구는 1분당 20회~60회 점멸하는 적색 등으로서 실효 광도가 1600[cd] 이상, 저광도 등구는 1분당 60회~90회 점멸하는 황색등으로서 실효광도가 40[cd] 이상이어야 한다.
- 3) 램프는 LED ARRAY TYPE으로 5단 이상을 병렬로 적층하여야 하며, 하나의 LED단선시 다른

LED에 미치는 영향이 최소화 되도록 하여야 한다. 개발하여 생산하고 있으며, 저광도 등구의 주요기능 현재 국내에서는 (주)신성전기, (주)보성전기, (주)진광 및 (주)이오스텍 총 4개 기업에서 제품을

에 대한 시험결과는 <표 8>에 정리하였다.

표 8. LED 항공장애등 성능시험 결과

시 험 항 목	시 험 기 준	시 험 결 과
점 멸 시 험	1분당 저광도등 60-90회	65회 ~ 80회
자 동 점 소 등	동작조도 20 - 30[lx]	24[lx] ~ 26 [lx]
파 충 방 전 방 지 회 로	파충전 범위 : 14.5[V] ~ 14.8[V]	14.6[V]
	파방전 범위 : 10.5[V] ~ 11.0[V]	10.8[V]
램 프 자 동 절 체	주램프 고장시 30초 이내	10초~20초
광 도 시 험	저광도 40[cd]이상	60[cd] ~ 100[cd]

5. 고속도로 가변정보표지판 기술연망

고속도로 가변정보표지판은 고속도로 운영의 안전성과 효율성을 증진시키기 위하여 고속도로 운전자들에게 도로상태를 알림으로서 운전자들이 적절한 행동을 취할 수 있도록 교통정보를 제공하여 안전과 편의를 도모하는 시스템이다. 가변정보표지판은 전방의 교통상황, 교통사고정보, 차선이용안내, 기상정보 등을 간단명료한 메시지 형태로 표지판에 표시하여 도로 이용자에게 제공하며, 도로상의 적절한 위치에 운전자가 쉽게 읽을 수 있도록 철골 구조물상에 설치되어야 한다.

한국도로공사에서 규정하고 있는 “고속도로 가변정보표지판 제작시방서”에서 규정하고 있는 전기적, 광

학적 요구 성능에 대하여 정리하였다.

- 1) 가변정보표지판을 구성하는 LED 단위 모듈의 크기 및 표출색상은 <표 9>의 조건을 만족하여야 하고, 휘도는 Pixel 제조사에서 제시하는 전기·광학적 특성치(KS C 7120) 전류·전압이하에서 <표 10>의 휘도를 만족하여야 한다.
- 2) 이때의 주위온도가 -30℃~70℃로 변하더라도 25℃의 광도(KS C 7121)값에서 ±20% 이상 변화하여서는 안되며, 하자관리 기간 중 특별한 사유가 없는 한 유지하여야 한다.
- 3) Dot 조립전 및 후 Dot 크기별로 <표 11>의 색도 기준을 만족하여야 하며, 균일한 색도를 유지하여야 한다.

표 9. 가변정보표지판의 크기 및 표출색상 기준

형 태	최 대 크 기	표 출 색 상	단위 Module	
			크기(단위:m)	Dot Matrix
사각형(□)	직경 50mm이하	Green, Red, Amber	1.0×1.0	16×16 이상 또는 32×32 이상
	직경 40mm이하	Green, Red, Amber	0.8×0.8	
	직경 30mm이하	Green, Red, Amber	0.6×0.6	
	직경 20mm이하	Green, Red, Amber	0.3×0.3	

표 10. 외부조도에 따른 휘도범위 기준

외 부 조 도	휘 도
10[Lux] 미만	200~500[cd/m ²] 이상
10~1,000[Lux]	501~2000[cd/m ²] 이상
1,000[Lux] 이상	4000[cd/m ²] 이상

표 11. 가변정보표지판의 색도 범위

색 상	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Red	0.730	0.270	0.627	0.283	0.569	0.341	0.655	0.345
주황색	0.610	0.390	0.535	0.375	0.470	0.440	0.547	0.452
Amber	0.522	0.477	0.470	0.440	0.427	0.438	0.465	0.534
Green	0.405	0.585	0.372	0.493	0.209	0.383	0.013	0.486

국내에서는 (주)고덴시, (주)봉오전자를 비롯하여 10여개 이상의 기업에서 제품을 개발하여 생산하고 있으며, 각 기업의 제품에 대하여 그 성능을 시험한 결과 4,500[cd/m²] ~ 8,000[cd/m²] 정도의 휘도 분포를 나타내었다.

응용폭을 넓히고 있다. LED의 조명효율이 빠른 속도로 높아지는 추세에 비춰 보면 몇 년 후면 형광등보다 효율이 높은 LED 조명기구가 출현하여, 모든 조명기구를 대체할 것으로 예상된다.

6. 맺음말

지금까지 국내에서 개발 및 생산되고 있는 LED를 이용한 신호기의 요구 성능조건 및 국내의 기술수준을 살펴보았다. 대부분의 LED 응용제품들이 초기에는 요구성능에 미흡한 점이 많이 발견되었지만, LED 소자 자체의 기술을 비롯하여 구동회로기술, 광학계 설계기술의 발전으로 인해 신호용 광원에 필요한 성능을 충분히 도달한 것으로 분석되었다.

21세기의 새로운 광원으로 부각되고 있는 저 전력 소비의 반도체 광원인 고휘도 LED는 지금까지 언급한 신호기기(LED 교통신호등 및 잔여시간 표시장치, 해상용 등명기, 항공장애등)을 비롯하여 디스플레이용(전광판, 액정장치의 BACK LIGHT, 위치 표시등)에서 일반 조명용 광원(공항 활주로의 안내 등, 자동차 계기판 표시등, 독서등, 건물 장식등)까지 그

◇ 저 자 소 개 ◇



정 봉 만(鄭鳳晩)

1954년 12월 6일생. 1980년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1984년 충남대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업. 1990년 충남대학교 대학원 전자공학과 박사 졸업. 1980년 현재 한국에너지기술연구원 전기·조명기술연구센터 책임연구원. 1998~1999년 고효율조명시스템 연구회장. 주요관심분야: 환경친화적 고효율 조명기술, 전력부하관리기술.



정 학 근(鄭學勤)

1973년 10월 9일생. 1996년 전남대학교 전기공학과 졸업(학사). 1998년 광주과학기술원 기전공학과 졸업(석사). 현재 한국에너지기술연구원 연구원. 주요 관심분야는 시스템 모델링 및 제어기술, 등기구 설계 및 계측기술, 전력저장기술 등.