

광파표지 등광에 관한 고찰과 향후 기술개발에 대한 전망

권혁동*, 홍태호**, 박계각***

The Study of lantern-lighting in navigational aids system
and the view of its hereafter technical development

Kwon, Hyuk-Dong*, Hong, Tae-Ho**, Park, Gyei-Kark***

〈 目 次 〉

Abstract

제1장 서론

제2장 등명기의 보급 및 사용현황

2.1 등명기의 발달과정 및 현황

2.2 등명기 보급현황 및 국산화현황

제3장 기존 등명기의 문제점 및 해결방안

제4장 향후 기술개발 방향

4.1 국제적 추이

4.2 반도체 발광 다이오드(LED)의
원리 및 활용전망

제5장 결 론

참고문헌

Abstract

It is impossible to apply present standards and test methods because the radiation principle and mechanism of a new marine lantern using light emitting diodes is different from those of the existing marine lantern which uses an incandescent electric lamp. Thus, in this study, we discuss the research and development on the light emitting diodes marine lantern and specifications.

제1장 서론

선박이 안전한 항해를 하기 위해서는 항상 기회가 있을 때마다 선박의 위치를 확인할 필요가 있다. 따라서 선박의 교통량이 많은 곳에서는 선박의 운항을 돕기 위한 인공적인 시설을 필요로 하게 되며 이러한 목적을 달성하기 위하여 설치된 시설을 항로표지라 한다. 일반적으로 항로표지는 야간에 등화를 이용하여 그 위치를 표시하는 광파표지, 주간에 그 형

상 및 색채 등으로 위치를 표시하는 형상표지, 안개·눈·비 등으로 시계가 나쁠 때 음향을 발하여 그 위치를 표시하는 음파표지, 전파의 여러 가지 성질을 응용하여 항해지표로 하는 전파표지 그리고 좁은 해협·수로 등으로 선박의 교통량 또는 조류의 방향 등을 주·야간에 전파 또는 형상물로서 항해선박에 항법상의 자료 등을 통보하는 특수신호표지로 분류된다.

항로표지에 있어서 해상용 등명기는 그 현지의 운영 환경이 무인으로 운영되고 지리학적인 요인으로 관

* 목포지방해양수산청 항로표지과 서기관, 목포해양대학교 대학원

** 목포해양대학교 대학원 해상정보계측 전공

*** 정희원, 목포해양대학교 해상운송시스템학부 부교수

리가 용이하지 않기 때문에 전원의 안정적인 공급 및 정기적인 유지보수가 가장 큰 문제점으로 대두되고 있다. 현재 등명기의 광원으로 사용되고 있는 필라멘트식의 광원은 전원의 비효율적 사용으로 잦은 전원부의 정기 점검과 보수를 요하고 있으며, 또한 축전지의 내구년한 단축으로 관리자 측에서는 잦은 점검을 요하고 있다. 이의 단점을 보완할 수 있는 신소재 제품인 고휘도 반도체 발광 다이오드를 응용하면 기존의 필라멘트의 광원보다 수명상 수배 이상, 전기소비량의 개선 및 시인성 향상 등의 효과를 가져오게 된다.

20세기 말 반도체 기술의 급진장으로 실용화되고 있는 고휘도 반도체 발광 다이오드의 경우 백열전구의 필라멘트를 사용하지 않아 충격에 매우 견고하고, 저소비 전력으로 높은 광도 및 수십 배 이상의 장수명 등으로 해상용 등명기의 대체 광원으로 매우 혁신적인 기술이라 할 수 있다. PCB 기판에 다수의 고휘도 반도체 발광 다이오드와 구동회로로 구성되는 해상용 등명기는 특정 파장대의 단색광을 발광하므로 착색렌즈 사용에 따른 빛 손실이 없고, 저전력 소모로 태양전지 및 축전지의 소용량화로 제작비용의 절감은 물론 장수명으로 인해 유지보수비용의 절감 등 그 효과는 상당할 것으로 기대된다.

우리나라는 해양환경의 특성상 많은 항로표지가 필요하다. 하지만 지금까지 등명기에 대한 본격적인 연구나 고찰 상태는 전무한 실정이다.

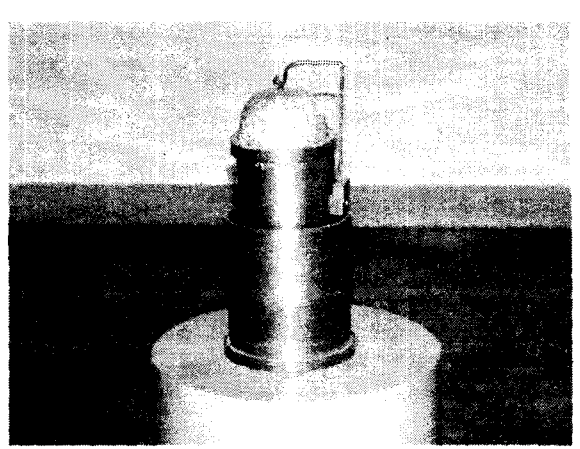
따라서 본 연구에서는 등명기의 보급 및 사용현황과 국산화 현황을 분석하여, 향후 광표지 등광에 관한 기술개발의 전망에 대하여 분석하고자 한다.

제2장 항만국 통제제도

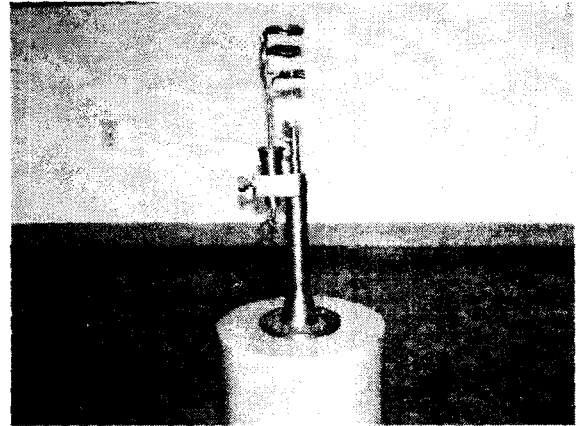
2.1 등명기 발달과정 및 현황

1) 등명기의 발달과정

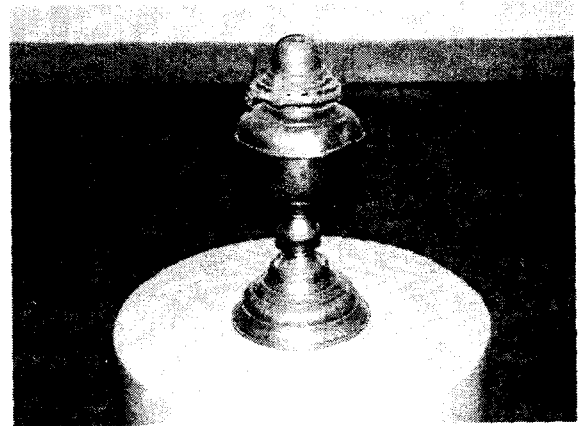
우리나라는 1900년대 초반부터 1930년까지는 근대식 등대 초기광원으로 석유백열등이 도입되어 사용되었는데, 점등방식에 따라 바비엘식과 소다하레식으로 분류되었다. 바비엘식 석유백열등은 맨틀의 남은 열 때문에 고온이 된 증열기에 석유를 고압으로 밀어 넣어 발생된 가스와 연소에 필요한 공기가 혼합되어 고열의 불꽃이 화구의 끝부분에 형성됨으로써 백색광에 가까운 빛을 발하는 방식이고, 소다하레식



〈그림 2-1〉 바비엘식 석유백열등



〈그림 2-2〉 소다하레식 석유백열등

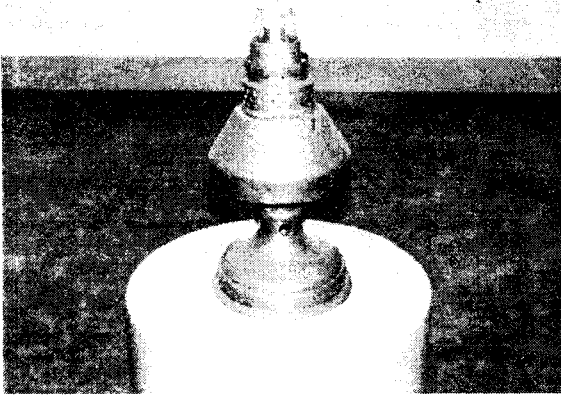


〈그림 2-3〉 석유등

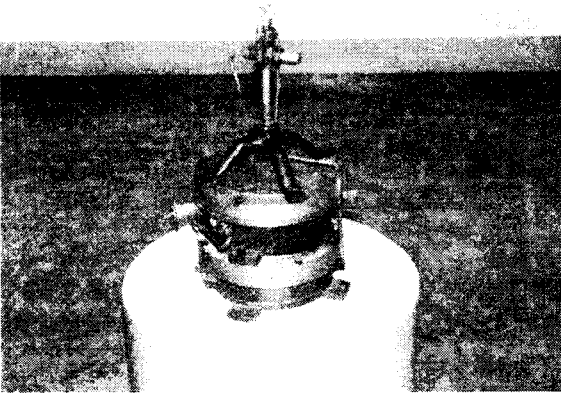
석유백열등은 기름통에 압축공기를 집어넣어 그 압력으로 상승하는 석유를 불꽃의 열로 증발시켜 점등시켜 백색광에 가까운 빛을 내도록 하는 방식이다.

이후 1950년대까지는 석유등, 휘발유등, 아세틸렌

('03년 1월 기준)



〈그림 2-4〉 휘발유등



〈그림 2-5〉 아세틸렌가스등

구 분	계	등명기 규격			
		대형	중형	소형	기타
계	2,713	49	209	2,436	19
유인등대	49	49			
무인등대	688		209	479	
등 표	176			176	
도 등	7				7
조 사 등	5				5
지 향 등	7				7
등 주	11			11	
등 부 표	796			796	
교 량 등	974			974	

화에 대응하여 지역경제권의 중심항만으로 선점 경쟁하기 위한 항만시설의 확충과 항로표지의 효율적 운영과 개발 등을 추진하고 있어 우리나라도 항로표지 장비·용품의 연구개발 사업이 시급한 실정이다. '03년 1월 현재 우리나라 항로표지 기수는 국유 및 사설을 포함하여 2,350기가 운영되고 있으며 해양수산산업의 발전과 더불어 연평균 5.7%의 증가 추세로 '10년까지 650기의 광파표지가 증설될 것으로 예상하고 있다.

가스등이 주로 사용되다가 1960년대 초반에 접어들면서 현재의 필라멘트를 이용한 백열전구가 이용되었다.

2) 현 실태

현재 해상용 등명기의 광원으로 사용되고 있는 백열전구(12V, 2.03A)는 필라멘트를 이용하여 열을 빛으로 바꾸는 광원으로 수명이 짧아 잦은 유지보수를 필요로 하고 또한 해상에 설치되어 야간에 사용되기 위해서는 낮에는 태양전지를 통해 축전지에 충전된 전력을 사용하고 있다. 기존의 백열전구는 유지보수 면에서 고비용이고 태양전지 및 축전지의 폐기물로 인한 환경오염 등의 문제점을 안고 있는 실정이다.

2.2 등명기 보급현황 및 국산화현황

세계 주요 항만들은 선박의 대형화·고속화·전용

2.3 등명기 국산화 현황

광파표지에서 사용하고 있는 등명기 기종은 〈표 2-3〉에서와 같이 유인등대 12종, 무인등대 18종으로 총 30종이 운영되고 있어 기종의 다양화로 호환성 결여와 부품수급 관리에 많은 어려움을 안고 있고, 유인등대 49개소 중 26개소에서 외국산 등명기를 사용하고 있으며 특히 무인등대용 중형 등명기는 100% 외국산 등명기를 수입하여 사용하고 있는 실정으로 외화 절감을 위한 국산화 등명기 개발이 시급한 실정이다. 국내에서 사용되고 있는 외국제품의 경우 구입단가가 높고, 고장시 긴급수리 및 부품 구입에 장시간 소요로 기능유지가 어려운 실정이다. 그리고 세계 각국의 제품이 수입되어 등명기 기종의 다양화로 인한 호환성 결여와 유지관리의 비효율화로 효율적 관리를 위해서는 등명기의 표준화 및 국산화 연구개발이 필요한 실정이다.

('03년 1월 설치/예비)

정별 규격별	계	부산	인천	마산	울산	여수	동해	군산	목포	포항	제주	대산	비고
22종													
70mm	0/12				0/2	0/2		0/2	0/4		0/2		
ML15mm	14/2			1/0		12/0			1/0		0/2		미국 (미향)
FGA17mm	1/0	1/0											영국 (France)
200mm	270/76		83/5	33/8	30/20	51/9	1/5	23/21	27/2	13/2	1/4	8/0	한국
250mm	608/193	42/5	43/21	120/30	8/13	80/36	36/16	34/17	131/18	29/6	59/15	26/16	한국 (한수원)
FA251AC	11/6							2/1	7/4	2/1			영국 (France)
APR251mm	15/3	3/1				4/1					8/1	1/0	영국 (France)
APR22mm	7/2					1/0			4/1		1/1		영국 (France)
KRB251mm	1/1				1/1								한국 (코솔라)
KRB43mm	3/2				3/2								한국 (코솔라)
ML300mm	29/17	0/1		1/1		1/1	9/8			5/4	13/2		미국 (미향)
ML301mm	5/3	5/0					0/1			0/2			미국 (미향)
305mm	7/1		7/1										한국
350mm	0/1							0/1					한국
450mm	12/3		3/2							9/1			한국
500mm	1/0		1/0										한국
355mm (도등)													
FA240mm (도등)	2/0									2/0			
375mm (조사등)	3/1						2/1			1/0			
450mm (조사등)	2/1						1/1			1/0			
MK6 (지향등)	3/1					2/1				1/0			
6등소형 (610mm)	1/0		1/0										

제3장 기존 등명기의 문제점 및 해결방안

기존 등명기는 DC 12V, 2.03A 백열 필라멘트 전구를 사용하며, 전구교환기라는 기계적 구조물을 이용하여 4개의 전구를 장착해 두고 전구 단선시 구조물에 장착된 소형 모터를 제어하여 예비전구로 자동 절체하도록 하여 등화를 단절 없이 유지시키는 구조로 설계되어 운영되고 있다.

기존 등명기에 있어서 현재 국내에서 제작되는 것은 대부분 비슷한 문제점을 안고 있다. 예를 들어 전구교환기의 경우 대부분의 업체가 소형 DC 모터를 감속 기어 유닛과 결합한 형태로 제작하여 운영하고 있으며, 이 중 기어 유닛의 고장으로 인해 전구교환기의 불량률이 잦게 발생하고 있다. 기어 유닛의 불량은 주로 해상환경에 의한 염분 등의 주원인이며 기어가 딱딱해 진 상황에서 억지로 모터가 동작하게 되면 제어기 및 모터의 손실도 초래한다.

그리고 백열전구를 사용하는 관계로 인해 적절한 유효 섬광주기를 조절하기가 어렵다. 백열전구는 특성상 전원이 들어올 때의 백열화 시간 때문에 섬광주기의 조절이 필요하다. 근거리에서 섬광 인식에는 별로 영향이 없지만, 등명기는 명목적 광달거리에 더 주안점을 두는 상황이므로 제어기를 제작할 때 전기적 특성상의 섬광주기를 결정할 때 광학적인 견지에서 더 고려하여 유효 섬광이 광달거리에 적합하도록 충분히 고려하여야 한다. 하지만 백열전구의 제작상 특성이 제품마다 다르며, 정확한 섬광주기를 가지는 제품을 만들기가 쉽지는 않다. 다만 고려하느냐 하지 않느냐에 따라 제품의 차이가 있게 된다.

기존 등명기가 가지고 있는 문제점들을 해결할 수 있는 방안을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 일부 섬광 제어기는 전구의 ON/OFF를 제어할 때 릴레이 소자를 사용하는 경우가 있다. 앞서 이야기한 섬광 주기의 측면이나 잦은 점·소등을 하는 등명기의 특성상 제품에 릴레이를 사용하여 제어하면, 릴레이에 의한 제어시간 지연 및 제어기 수명이 단축되는 우려가 많으므로 될 수 있는 한 반도체 소자를 사용한 스위칭을 하여야 한다. 실제로 릴레이 고장으로 인한 수리는 전구교환기의 불량만큼이나 잦다. 게다가 백열전구는 구동전압이 떨어질 경우에 급격하게 전구의 광속이 떨어지는 경향이 있어 광도에 심한 영향을 미친다. 해상환경의 무인표지로 사용하며 배터리 전원을 사용하는 등명기에는 될 수

<표 2-3> 등명기 종류별 국산화 현황

('03년 1월 기준)

구 분	기 종	외국산	국 산
계 (%)	30종	21종(70%)	9종(30%)
대형등명기	12	10	2
중형등명기	11	8	3
소형등명기	2		2
기 타 기 종	5	3	2

있는 한 정전압을 유지하도록 정전압 회로를 구성하여 제작하여야 한다. 현재 대부분의 국내업체에서 제작하는 등명기 제어기에는 채용되어 있지 않다. 다만 고려할 것은 정전압 회로를 구성하는데 있어 전류 소모량이 소량 추가될 것이다.

둘째, 일광 제어기의 경우 국내·외 할 것 없이 제품들마다 조금씩의 차이가 있는데, 그 중 문제점은 해질 무렵 및 해뜰 무렵의 환경적인 임계상황에 대한 처리이다. 일부 등명기를 살펴보면, 야간과 주간을 판별하는데 있어서 단편적인 값으로 대처하므로 임계상황에서 점등 또는 소등되었다가 다시 소등 또는 점등되는 일부 시간적인 혼란상황이 오게 되어 있다. 이 경우 제어시 릴레이를 사용하는 제어기의 경우에는 그 순간에 릴레이가 매초당 여러번 접속과 단락을 반복하므로 그 수명에 영향을 미치게 되고, 이러한 문제로 등화 또한 불규칙적으로 점·소등 하는 것으로 판단된다.

이러한 문제점을 고려하여 제어기를 제작할 시 시간적인 지연 루프를 구성하여 제작하는 것이 좋다.

셋째, 기존의 등명기 제어기에는 대부분 등명기 자신이 구동하고 있는 상태나 외부 통신장치와 접속하여 데이터를 주고받을 수 있는 외부 접속 인터페이스가 채용되지 않고 있다. 또한 이를 이용한 동기점멸을 가능하게 하는 기능을 추가할 수 있다.

끝으로, 본 연구에서 조명하고 있는 반도체 발광 다이오드를 등명기 구조물 제작시 반영할 경우 우선적으로 고려해야 할 사항은 무엇보다도 기존 등명기의 구조에 익숙해져 있는 사용자들의 유지보수 작업에 편리한 구조로 하는 것이고, 해상환경에 적절한 방수구조를 적용하며 해수 및 해풍에 부식되지 않게 구조물의 재질을 선택하여 표면처리로 마감함으로써 기존 등명기가 안고 있는 문제점들을 개선해 나갈 수 있다고 하겠다.

제4장 향후 기술개발 방향

4.1 국제적 추이

20세기말 반도체 기술의 급신장으로 실용화되고 있는 반도체 발광 다이오드 광원의 경우 백열전구에 비해 유리나 필라멘트를 사용하지 않아 충격에 매우 견고하고, 저소비 전력으로 동일한 광도를 출력하는 높은 발광효율, 수십 배 이상의 장수명과 양호한 충

격, 진동 및 점·소등 특성 등으로 해상용 등명기의 대체 광원으로 매우 혁신적인 기술이라 할 수 있다. PCB 기판에 다수의 반도체 발광 다이오드와 구동회로로 구성되는 해상용 등명기는 특정 파장대의 단색광을 발광하므로 착색렌즈 사용에 따른 빛 손실이 없고, 저전력 소모로 태양전지 및 축전지의 소용량화로 제작비용의 절감은 물론 장수명으로 인해 유지보수비의 절감 등 그 효과는 상당할 것으로 기대된다.

현재 반도체 발광 다이오드의 장점을 활용한 해상용 등명기가 선진국에서는 일부 개발되어 활용되고 있는 실정이다. 지금까지 각 국에서 개발한 반도체 발광 다이오드 등명기를 살펴보면 뉴질랜드에서 개발한 제품으로 등명기 중앙에 반도체 발광 다이오드 모듈을 여러 단으로 적층할 수 있는 구조로 되어 있는 VEGA 등명기, 타이드랜드사에서 개발한 최대광도 290cd인 MLED-120 등명기, Zine Lite에서 개발한 최대광도 300cd인 ZL-LS100M과 ZL-LS221 등명기, PELANGI에서 개발한 광도 36cd인 PL125 등명기, DeeGee에서 개발한 광도 16cd인 LED 등명기 등이 그것이다. 그 중 성능과 구조면에서 뉴질랜드의 VEGA와 타이드랜드의 MLED-120 등명기 제품이 가장 경쟁력 있는 제품으로 손꼽힌다.

한편 국제항로표지협회(IALA)에서는 반도체 발광 다이오드 등명기에 대한 권고사항이 현재 없는 실정이다.

4.2 반도체 발광 다이오드(LED)의 원리 및 활용전망

1) 반도체 발광 다이오드의 개념 및 원리

발광 다이오드는 기본적으로 반도체 PN 접합 다이오드이다. 실리콘 PN 접합이 전자 정보 혁명의 주역이었다면, III-V족 화합물 반도체 PN 접합은 빛 혁명의 주역이다. III-V족 화합물 반도체는 원소의 주기율표상에서 III족과 V족의 원소가 화합하여 만들어진 것으로 발광효율이 거의100%에 가까워 물질 개발 초기부터 반도체 발광 다이오드나 다이오드 레이저 등 발광소자에 널리 응용되어 광통신 혁명의 주역이 되었다. 또 전자의 이동속도가 높고 고온 동작이 가능하여 고속, 고전력 전자소자에도 널리 사용되고 있다. 특히 III족과 V족의 여러 원소를 혼합함으로써 매우 다양한 물질 조성과 특성의 반도체를 만들 수 있다. 실리콘에서는 찾아볼 수 없는 III-V족 화합물 반도체 고유의 이러한 특성을 활용함으로써

써 반도체 발광 다이오드나 다이오드 레이저에서 나오는 빛의 파장을 적외선, 가시광선에서 자외선에 이르는 넓은 영역에 걸쳐있게 할 수 있다.

빛은 어떻게 나오는 것일까? 반도체를 포함한 모든 물질은 +전하의 핵과 -전하의 전자로 구성되어 있다. P형 반도체는 전자가 채워져 있지 않은 빈자리가 있는 반도체로 이해할 수 있다. 이 빈자리는 원래 전자가 있어야 할 자리에 전자가 없는 것이므로 +전하를 갖고 있다고 볼 수 있으므로 이를 정공이라고 한다. 이와는 달리 N형 반도체는 전자가 채워져 있는 반도체라고 할 수 있다. 전자는 물과 같아서 낮은 곳으로 가려고 한다. 이 P, N 반도체를 붙여 놓고 전압을 가해 보면, P형 반도체의 정공은 N형 반도체 쪽으로 가서 가운데층으로 모인다. 이와는 반대로 N형 반도체의 전자는 P형 반도체 쪽으로 가서 전도대의 가장 낮은 곳인 가운데층으로 모인다. 이 전자들은 가전대의 빈자리로 자연스럽게 떨어지며, 이 때 전도대와 가전대의 높이 차이 즉 에너지 갭에 해당하는 만큼의 에너지를 발산하게 된다. 이 에너지는 주로 열이나 빛의 형태로 방출되는데 빛의 형태로 방출되면 반도체 발광 다이오드가 되는 것이다. 이 때에는 전자, 정공, 빛을 모두 입자로 보아야 하며, 전자와 정공 한 쌍이 없어질 때마다 빛 입자가 하나씩 나온다. 이 다이오드에 흐르는 전류는 건전지에서 1초 동안 넣어주는 정공, 전자쌍의 수에 비례하므로 나오는 빛 입자의 수 또는 광출력은 전류에 비례하게 된다. 이렇게 나오는 빛은 백열전구의 필라멘트처럼 뜨거운 물체에서 나오는 백열과는 달리 전자가 가지고 있던 에너지가 빛으로 변환되는 것뿐이므로 뜨거워지지 않고도 나오는 냉광이다. 또 백열은 아주 넓은 파장 대역의 빛이 동

시에 나오는 데 비하여 반도체 발광 다이오드 빛은 전도대와 가전대 사이의 에너지 차이에 해당하는 좁은 파장 영역의 빛만 나온다.

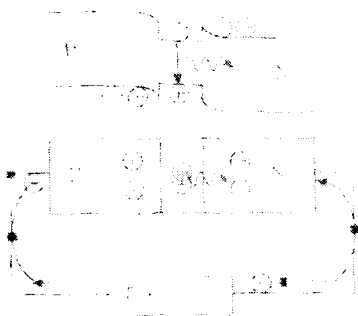
2) 반도체 발광 다이오드의 활용전망

기존의 등명기에 비해 저전력 소비 및 장수명의 장점을 가진 반도체 발광 다이오드를 이용한 광원을 해상용 등명기의 광원으로 사용한다면, 유지보수 비용을 절감하고 태양전지 및 축전지의 폐기물로 인한 환경오염 등을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 또한 같은 전력소비 규모의 반도체 발광 다이오드 등명기를 제작할 경우 그 밝기가 기존의 해상용 등명기에 비해 2~3배의 광도를 얻을 수 있으므로 해상교통환경에 안정성이 훨씬 증가될 것으로 기대된다. 장수명, 저전력 소비 등과 같은 장점을 가진 반도체 발광 다이오드의 등명기 개발은 앞으로 크게 확대될 것으로 예상되며, 해상용 등명기의 시제품 제작, 충분한 시험 및 평가를 통해 광원 및 구동회로 설계기술 등 반도체 발광 다이오드의 응용기술이 확보되어 국내 기업에서도 빠른 시일 내에 국제적으로 경쟁력 있는 해상용 등명기를 포함한 다양한 상용화된 항로 표지용품을 개발할 수 있기를 기대한다.

제5장 결 론

20세기 말 반도체 기술의 급진장으로 실용화되고 있는 고휘도 반도체 발광 다이오드 광원의 경우 백열전구에 비해 유리나 필라멘트를 사용하지 않아 충격에 강하고, 저소비 전력으로 높은 발광효율을 내며, 긴 수명과 충격 및 진동에 양호하여 해상용 등명기의 대체 광원으로 매우 효율적인 기술이라 할 수 있다. 특히 다수의 고휘도 반도체 발광 다이오드와 구동회로로 구성되는 해상용 등명기는 특정 파장대의 단색광을 발광하므로 착색렌즈 사용에 따른 빛손실이 없고, 저소비전력 이어서 태양전지 및 축전지의 소용량화 및 제작비용의 절감 효과가 기대된다.

본 연구에서는 우리나라의 계절적 변화에 적응하고 해양환경 특성에 적합한 반도체 발광 다이오드 및 규격안을 제시하여 현재 사용 중인 등명기의 문제점을 해소하고, 시인효과 및 신뢰성 향상으로 이용자에게 양질의 서비스를 제공하여 선박의 안전운항에 기여하고자 하였다.



〈그림 4-1〉 반도체 PN 접합에서 빛이 나오는 원리

본 연구를 통하여 반도체 발광 다이오드 등명기는 전원공급이 불충분하지만 항로표지으로써의 역할이 중요한 곳에 광파표지으로써 충분히 활용할 수 있음을 알 수 있었다. 차후 반도체 발광 다이오드 등명기를 연구 개발함으로써 얻어지는 반도체 발광 다이오드 모듈 제어 기술 등을 활용하여 기타 항로표지용품의 제작에 응용할 수 있도록 추가적인 연구가 필요하다.

◆ 참고 문헌 ◆

- [1] IALA Recommendations : Recommendations for the rhythmic characters of lights on aids to navigation, May 1979 & April 1982.
- [2] IALA Recommendations : Recommendations for the calculation of the effective intensity of a rhythmic light, November 1980.
- [3] IALA Recommendations : Recommendations for the colours of light signals on aids to navigation, December 1977.
- [4] 해양수산부, “IALA 권고서(II)”
- [5] 정명선 · 박계각, “항법합 I”, 효성출판사, 2000.8.
- [6] 井平, “電子航海のはな”, 成山堂書店, 1995.3.
- [7] 坪内紀幸, “燈台”, 成山堂書店, 1994.6.
- [8] 坪内紀幸, “航路標識基礎理論”, 燈光會, 1987.8.