

할로겐 및 나트륨램프의現狀

韓國科學技術情報센터

李 根 喆

1. 서 언

할로겐전구는 불활성가스와 미량의 할로겐을 봉입한 백열전구로서 할로겐사이클을 이용해서 백열화를 방지하고 있다. 할로겐물질로서 최초 요오드를 사용한 요오드전구가 제품화되어 각 방면에 응용되었으나 요오드의 할로겐의 연구, 구조상의 개량 및 제조기술의 개발로서 급격히 응용분야가 확대되고 있다. 요오드 전구의 흑화대책으로서 요오드보다 화학적으로 활성인 브롬요오드 및 삼염화요오드를 봉입했으나 저온에서 안정한 할로겐봉입을 물질 연구한 결과 브롬과 염소의 유기화합물을 혼합봉입한 할로겐전구를 개발했다.

할로겐전구는 1959년에 요오드를 봉입한 양단자형이었으나 이것은 동구내에 구금을 넣어야 하기 때문에 가열된 공기나 반사판의 열에 의해 석

영봉착부가 열적 손상을 받기 쉬운 것이었다.

요오드봉입의 경우 전구직경이 30mm를 넘으면 요오드증기는 광흡수에 의해서 착색되어 효율이 저하된다. 최근에는 석영가공기술의 향상으로 전구직경이 커도 착색이 없는 할로겐화합물의 봉입으로서 각종 크기의 편단자 구금구조가 개발되어 급격히 보급되고 있다. 미량의 불순물에 의해 할로겐사이클이 영향을 받기 때문에 구조재료가 제약받으나 東芝에서는 고순도의 마운드재료를 사용한 브롬, 염소의 유기화합물 봉입으로 신형의 자동차용, 스튜디오용, 사진용 할로겐전구를 제품화했다. 이것들은 편단자구조로서 단자부의 손상이 경감되고 수명의 신뢰도가 높아 금후 보급이 크게 기대되고 있다. 표 1은 할로겐물질의 성질을 나타낸다.

표 1. 할로겐물질의 성질

物質名	化學式	分子量	色	融点(°C)	沸点(°C)	許容濃度(ppm)
브롬화메탄	CH ₃ Br	94.94	없음	-93	3.56	20
이브롬화메틸렌	CH ₂ Br ₂	173.85	없음	-52.8	97.0	—
염화메틸렌	CH ₂ Cl ₂	84.94	없음	-96	41.6	500
클로로브롬	CHCl ₃	119.39	없음	-63.4	61.15	50
요 오 드	I ₂	253.82	紫黑	113.6	184.4	0.1
브 롬	Br ₂	159.83	赤褐	-7.3	58.78	0.1
염 소	Cl ₂	70.91	黃綠	-101	-34.1	1.0
브롬화요오드	IBr	206.83	暗灰	40	116	—
아 르 곤		39.94	없음	—	—	—

2. 할로겐전구의 동작

진공중에서 도체에 통전하여 가열, 발광시키는 백열전구는 불활성가스의 봉입으로 텅스텐의 증발을 억제하는 것이었으나 1959년부터 요오드 봉입 석영전구의 실용화를 계기로 하여 할로겐 전구의 연구가 시작되었다. 발전당초에는 할성도가 낮은 미량의 요오드가 수백Torr의 불활성가스로 봉입되었으나 할로겐작용에 대한 이해와 제조기술의 진보로서 보다 고활성도의 브롬과 염소의 화합물을 고압의 불활성가스와 함께 봉입하였다.

표 2는 할로겐 봉입물질을 나타낸다.

표 2. 할로겐 봉입물질

管壁負荷 (Wcm ⁻²)	壽命(h)	할로겐化合物
15~25	>2,000	I ₂ or HI
15~25	500~2,000	CH ₃ Br, CH ₂ Br ₂ , IBr or ICl ₃
15~30	25~500	CH ₂ Br ₂ or HBr(not I ₂)
30~60	5~500	CH ₂ Br ₂ , CH ₃ Br, CHCl ₃ , CH ₂ Cl ₂ or HBr
60~120	1~100	Br ₂ or Cl ₂ (not I ₂ or hydrocarbons)

할로겐은 점등중 텡스텐과 화합하여 고증기압의 물질을 형성하여 텡스텐금속이 관벽에 증착 하는 것을 방지한다. 전구중에는 미량의 산소나 할로젠 화합물로서 도입된 수소 및 탄소의 존재가 예측되며 이들 간의 열평형이 Kopelman, Yannpoulos 씨 등에 의해서 검토되었다. 이 결과 형성된 텡스텐화합물의 증착이 일어나지 않는 정도의 온도와 텡스텐화합물이 열해리 하지 않는 온도간에 전구온도가 유지되고 종래의 전구에서 일어나는 흑화는 방지억제된다. 이것이 할로겐의 흑화방지작용이다. 봉입가스의 작용은 텡스텐 증발의 억제와 열손실이라는 상반된 것이다. 텡스텐증발은 봉입가스압력의 증가에 의해서 억제되며 열손실은 봉입압력의 증가에 따라서 증가된다. 할로겐 전구는 소형이기 때문에 점등중 압력은 전구봉입압력(冷압력)의 1.3~7.0배에 도달한다. Coaton에 의하면 관벽이 Langmir Sheath 정도에 있는 할로겐전구는 텡스텐표면의 봉입가스밀도가 종래 전구의 2배에 도달한다고 했다. Langmir Sheath를 통한 봉입가스의 열전도에 의한 손실과 봉입압력에 반비례하는 텡스텐증발량에서 최저 봉입압력이 계산된다. 500W 2중 코일의 할로겐전구인 경우 정격수명효율은 봉입압력이 2,500Torr로서 최대가 되고 이때 봉입압력 1 기압의 7%가 증가한다. 할로겐전구는 할로겐 흑화방지 작용 때문에 종래 전구보다 소형의 전구가 사용된다. 소형의 전구를 사용하기 때문에 Pressure Ratio와 정격수명효율이 높아질 수 있다. 한편 할로겐의 흑화방지작용을 적절히 하기 위하여 종래의 전구보다 소형 고부하로 할 필요가 있다. 이렇게 함으로써 충분한 할로겐압력을 얻는 전구온도에 도달한다. 전구는 고온에 견디는 石英이나 경질 글라스를 이용한다. 석영의 경우 900°C 정도까지 실용되나 취급중 표면에 부착하는 알카리금속등에 의해서 실투(Devitrification)를 일으킨다.東芝에서는 이를 방지하는 표면처리를 개발했다 또한 석영은 또

한 석영은 고온에서 원자반경이 적은 수소를 투과시킨다. 경질글라스에서는 이것이 문제시되지 않으나 온도는 최저 400°C까지 된다.

3. 各用途의 할로겐電球

3.1 투광기용 할로겐전구

할로겐전구는 1959년 요오드를 봉입한 양단자형이 투광기용으로 최초 실용화되었다. 직선상의 필라멘트때문에 투광기에 넣으면 고광도로서 넓은 배광을 얻을 수 있으며 야구장 등의 옥외 경기장이나 전물의 벽면조명, 체육관이나 회관 등의 고천정조명으로 보급되고 있다. 직경은 약 10mm의 직선 광전구 구조로서 소위 Langmir Sheath 내에 있으므로 가스의 對流에 의한열손실은 적고 효율은 향상된다. 최근 요오드보다 활성인 브롬화합물이 봉입되어 안정한 수명특성을 얻고 있다. 이러한 종류의 구조에서는 전구내 온도 분포가 현저하게 불균일하면 불활성가스와 할로겐이 열확산 분리를 일으키므로 점등방향은 수평으로 제약을 받으나 최근에는 크세논 크립톤 등의 도입으로 문제가 해결되고 있다.

3.2 일반조명용 Neohalogen lamp

최근 점포의 스포츠조명, 회관의 다운라이트 조명 등에 소형경량이고 조절하기 용이한 할로겐전구 투광기가 많다. 이에 사용되는 Halogen Lamp는 100~500W의 편구금형으로 특히 100, 150W에는 조경질글라스를 사용하고 있다. Neohalogen Lamp는 요오드보다 활성도가 높은 브롬을 화합물로서 고압의 불활성가스와 함께봉입하고 전구온도를 텡스텐화합물이 열분해하지 않는 범위에서 설계하고 있다. 석영글라스를 사용한 전구는 알카리금속 등의 부착에 의해 점등중에 실패현상을 일으키나 조경질글라스를 사용한 네오할로겐램프는 전혀 실패의 문제가 없다. 또한 250, 500W도 석영의 표면에 실패방지처리를 하며 취급도 용이하다. 표3은 네오 할로겐 램프의 구조와 특성이다.

표 3. Neohalogen Lamp의 구조와 특성

形 式	글래스球 徑(mm)	口 金	全 長 (mm)	光中心 距離(mm)	全光束 (1m)	効 率 (1/W)	色溫度 (°K)	壽 命 (h)
JL 100V 100 W	30	BA15S	66	40	1,500	15.0	2,900	2,000
JL 100V 150 W	30	BA15S	66	40	2,330	15.5	2,900	2,000
JD 100V 250 W	14	2-pin	81	50	4,500	18.0	2,950	2,000
JD 100V 500 W	14	2-pin	91	60	9,500	19.0	3,000	2,000

3.3 스튜디오용 조명기구

컬러프로그램의 보급, 드라마 및 음악 프로그램의 대형화에 따라서 스튜디오조명은 질적으로 변하고 있다. 한정된 공간내에 효과적으로 조명기구를 배열하여야 하기 때문에 고효율과 소형경량화를 목표로서 할로겐전구의 채용은 기본적인 것이 되었다. 편단자형으로서 일본에서는 1kW, 2kW, 3kW가 제품화되고 있다. 필라멘트는 정방향으로 형성되어 있어 스포트라이트로서 균일한 원형 배광을 얻을 수 있다. 종래의 바이포스트전구에 비하여 체적은 약1/20이하로 대형화되어 등구가 경량화되었다. 할로겐물질의 존재로서 전구흑화에 의한 광속저하와 색온도저하가 없고 내부 봉입압력의 상승에 의한 종래의 바이포스트형 전구보다 장수명이기 때문에 보수가 용이하다. 필라멘트의 변형 필라멘트저온부에 칭에 의한 단선, 폴리브덴琥珀산화에 의한 봉지부파손 등으로 수명의 신뢰성이 문제가 되나, 길고 큰 결정을 갖는 Nonsagwire의 사용, 봉입가스순도향상, 봉지부구조의 개량 및 내충격성 구조의 채용으로 품질향상을 도모했다. 실투방지 코팅의 적용으로, 취급의 번거로움이 해소되었으며 금후 보급이 크게 기대된다. 외국에서

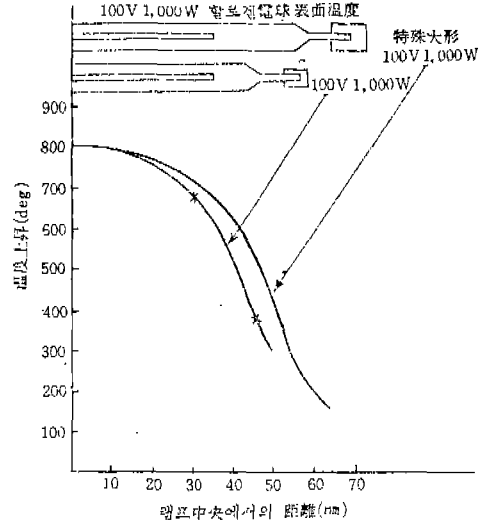


그림 1. 100V 1,000W 할로겐전구의 表面温度.

는 이 분야의 응용개발이 일보 앞섰고 소형의 할로겐 전구를 바이포스트 보통구에 내장해서 종래 전구와의 互換성을 갖는 5kW의 전구가 발표되고 있다. 표 4는, 스튜디오용 할로겐전구의 정격을 나타낸다.

표 4. 스튜디오용 할로겐전구의 정격

	電 压 (V)	電 力 (W)	電 球	口 金	全 長	光 束 (lm)	色 温 度 T(°K)	寿 命
JP 100V 500WF	95	500	T11	RSC	119±2	11,000	3,100	300
JP 100V 750W	95	750	T11	RSC	119±2	18,000	3,100	300
JP 100V 1,000W	100	1,000	T11	RSC	119±2	30,000	3,200	100
JP 100V 1,000W	100	1,000	T14	大形RSC	140±3	30,000	3,200	100
JPD 100V 800W	100	800	T14	RSC	92±3	17,500	3,050	500
JPD 100V 1,000WS	95	1,000	T19	2pin	110	25,000	3,100	300
JPD 100V 3,000WS	95	3,000	T47	Bipost	230	80,000	3,100	350

3.4 자동차용 할로겐전구

3.4.1 편구금 자동차용 할로겐전구

소형으로 필라멘트광도가 높기 때문에 자동차의 전조등, 보조전조등용으로 우수한 광원이다. 東芝에서는 J12V55W를 제품화했으나 포오크램프용의 광원으로서 전원용량이 적은 자동차에도 사용할 수 있는 J12V35W를 제품화했다. 외관은 J12V55W와 동일하고 IEC 국제규격에 의한 베이스

를 사용했으며 필라멘트위치精度가 매우 좋다.

필라멘트 직경이 가늘고 또한 필라멘트 코일의 무게를 편측만으로 지지시키는 마운드구조의 진동 및 충격력은 봉지부의 코일부분에 집중시켜서 내진 및 내충격성을 갖도록 코일쪽부를 기계적으로 보강했다. 제조공정중 극히 미량의 불순물에 의해 텅스텐의 이상결정이 생기므로 가스 순도의 향상, 봉입할로겐화합물의 종류 및 봉입량을 검토하고 보강코일의 굵기를 변경시켜 봉지부의 코일

족부에 결정경계가 생기지 않는 온도조건으로 내진 및 내충격성을 향상시켰다.

3.4.2 2 필라멘트 자동차용 할로겐전구

자동차용 전조등의 광원으로 사용하는 경우 주행시 엇갈리게 배광을 바꿀 필요가 있다. 보통 2개의 필라멘트를 교체하여 점등하며 점등하지 않는 편이 필라멘트를 해리한 할로겐에 의해서 부식되어 단수명이 되므로 제품화에 있어서 중점을 두고 있다. 요오드, 브롬 등을 단체로서 봉입한 경우 등구의 배광에서 요구되는 위치에 필라멘트를 배치하면 해리한 할로겐에 의한 부식은 피할 수 없다. 할로겐화 탄화수소 즉 유기할로겐의 도

입은 문제해결에 큰 역할을 했다. CH₂Br₂, CH₃Br₃, CH₂Cl₂, CHCl₃ 등의 유기할로겐은 안정성이 있으며 해리는 매우 고온이 아니면 일어나지 않으므로 저온부에는 코일을 부식시키는 해리된 할로겐은 거의 존재하지 않는다. 수소의 존재는 할로겐사이클을 억제하는 작용이 있으므로 수소의 혼합비를 적당히 선정하여 2개의 코일 중심간격을 2.5mm까지 접근시켜도 실용성 있는 수명을 얻을 수 있도록 검토했다. 2개의 필라멘트는 석영브리지에 의해 미리 고정하여 상대위치를 조정해서 위치정도를 좋게 봉지할 수 있으므로 수명이 고르게 되고 더욱 우수한 배광특성을 얻을 수 있다.

표 5. 자동차용 할로겐전구의 구조특성

形 式	필라멘트 (mm)	全長max (mm)	베이스	試驗電壓 (V)	電力max (W)	光 束 (lm)	効 率 (1/W)	平均壽命 (h)
JA 12V 35W	11.5	42	PK22S	12.8	39	700	20	200
JA 12V 40W	11.5	42	"	12.8	44	840	21	200
JA 12V 55W	11.5	42	"	13.2	63	1,430	22.5	200
JA 12V 55W	11.5	42	"	28	62	1,230	22.5	250
JA 12V 75W	14.0	65	G5-D	12.8	75	1,100	15	1,300
JA 12V 75/60W	16.5	95	G17T	12.8	75/60	1,100/750	15/12.5	500/800

표 6. 자동차전조등용 할로겐전구의 특성

定 格		電 壓 (V)	初 特 性			壽 命
			光束(lm)	消費電力(W)	効率(lm/W)	
J12.8V 75W/60	Main	12.8	1,400	75	19	600
	Sub	12.8	1,000	60	17	900

3.5 광학기용 할로겐전구

소형 고출력의 할로겐전구의 용도는 고휘도를 필요로 하는 각종 광학기기의 광원으로 사용되고

있다. 각종 광학계에 적합한 필라멘트의 형상 및 베이스구조의 전구가 제품화되고 있다. 표 7은 광학기용 할로겐전구의 구조와 특성을 나타낸다.

표 7. 광학기용 할로겐전구의 구조와 특성

形 式	필라멘트 max(mm)	全長max (mm)	베이스	試驗電 壓(V)	電 力 (W)	光 束 (1/W)	色溫度 (°K)	壽命 (h)
JC 12V 50W	11.5	44	G6.35	12	50	1,400	3,300	50
JC 12V 100W	"	44	G6.35~1.25	12	100	3,000	3,400	50
JC 24V 150W	13.5	50	G6.35	24	150	4,800	3,400	50
JC 24V 250W	13.5	55	G6.35	24	250	8,000	3,400	50
JC 12V 100WM	50	42	GZ6.35	12	100		3,400	50
JCD 21V 150WM	"	42	GZ6.35	21	150		3,400	50
JCD 120V 250WG	13.5	48	G6.35	120	250	5,800	3,100	23
JCD 100V 650WG	24	60	GY9.5	100	650	14,000	3,100	350

JC12V 50W, 100W 및 JC24V 150W 등 베이스리스형의 평판상코일로 되어 있으며 매우 고효율로서 수명광도가 높으므로 8mm 영사기를 시초로 프로젝터용으로 사용하고 있으며 이것은 적은 필름게터에 집광하기 위하여 필름의 과열이 문제가 된다. 또한 가시광만을 반사하여 적외선을 투과시키는 Dichronic Mirrol에 도입한 것이 주류를 이루고 있다. 정보화시대에 있어서 OHP (Over Head Projector), MR (Microfilm Reader) 등의 정보산업기기, 교육기기가 동시에 개발되어 소형 고효율로서 쉽게 사용할 수 있는 할로겐전구를 광원으로 하고 있다. 이것은 광을 제어하기 쉬운 베이스에 대하여 위치정도가 매우 좋다.

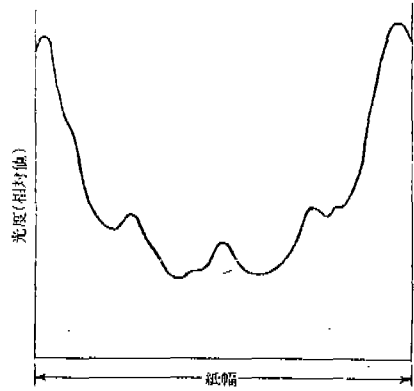


그림 2. 복사기용 할로겐전구의 배광분포

3.6 복사기용 할로겐전구

최근 사무용 복사기에 사용되는 것은 할로겐전구이며 복사에 필요한 점등시간은 3~5초로서 곧 소등되기 때문에 관벽온도가 불균일하고 비교적 저온인 경우가 많다. 그러므로 관벽온도를 높여서 보다 안정한 할로겐사이클을 얻기 위하여 글라스구경을 매우 가늘게 하고 사용온도 범위가 넓은 브롬, 염소 등을 사용해야 한다. 광학계와의 조합에 의해서 지폭에 따라 균일한 배광이 필요하다. 종래 할로겐전구와 같이 필라멘트전체가 발광하는 구조에서는 중앙부가 밝고 단양부가 어둡고 불균일하므로 필라멘트를 부분적으로 단락시켜서 감광지면의 휘도가 균일하도록 양단부의 발광밀도를 크게 한 필라멘트구조를 채용하고 있다. 그림 2는 복사기용 할로겐전구의 배광분포이다.

3.7 항공조명용 할로겐전구

비행장의 활주로 중심선등, 도착지대등, 말단등 등 표식등의 광원으로서 사용된다. 할로겐전구는 내열성의 석영 밸브를 사용하므로, 소형으로 고출력을 얻을 수 있으며 필라멘트와 렌즈, 반사기 등 거리를 비교적 가깝게 사용할 수 있으므로 광학계에 의한 배광의 조절이 쉽다. 표식등은 활주위에 매몰되기 때문에 고휘도로서 등구를 소형으로 할 수 있는 이점이 없다. 사용중 고충격과 진동이 있으므로 내진성 구조로 되어 있어 수명의 신장도가 높다. JFD 6.6 A200W 는 소형으로 관벽부하가 높고 램프내 대류가 복잡하여 저온부의 에칭을 방지하도록 코일을 설계하고 가스순도를 높게 제조할 필요가 있다. 표 8은 항공 조명용 할로겐전구의 구조와 색성이다.

표 8. 항공조명 할로겐전구의 구조와 특성

形 式	비 블 徑	全 長 (mm)	試驗電 流(A)	電 力 (W)	光 束 (lm)	効 率 (lm/W)	寿 命 (h)
JF 6.6A 45W	T8 8±1.5	58±0.5	6.6	45	630	14	1,000
JF 6.6A 65W	T10 10±1	58±1	6.6	65	1,200	18.5	500
JFD 6.6A 200W	T12 12.5±1.5	63.5±1.0	6.6	200	4,600	23	500
SB 20A 500W	PAR178에 內藏	124±5	20	500	11,000	22	500

3.8 기타 용도의 할로겐전구

최근 고체 레이저勵起用 광원으로서 주목되고 있다. 직선상 필라멘트로서 전구 근방에 반사면을 설치하여 부하에 고효율로서 집광할 수 있고 안정기 등이 필요없으며 勤精특성이 안정하여 수명의 신장도가 높은 등 이점이 있고 YAG 레이저용 광원으

로 정밀가공기제로서 실용화되고 있다. 반도체 재료가 공용레이저에는 소형 고출력의 120V1,500W (색온도 3,200°K)가 사용되고 있다.

3.9 나트륨램프

이것은 효율이 우수하고 수명이 길며 취급이 간편하므로 최근 도로조명, 터널조명, 건축 공사현

장에 있어서 옥외작업장의 조명, 표시등으로 사용하고 있다. 특히 교통기관의 발달로서 터널 조명으로 주목을 받고 있다. 東芝에서는 종래 만든 나트륨램프에 비교하여 성능이 우수한 60W, 85W, 140W 및 200W 4 종류를 완성했다. 이것은 고정식 외관(Integral type)으로서 발광관, 중관 및 외관 등으로 구성되어 있다. 점등중 발광관의 관벽온도는 약 270°C로 유지할 필요가 있으며 보온을 효율적으로 하기 위하여 램프외의 열손실을 뿔 수 있는 한 적게 해야 된다. 표 9는 동지나트륨램프의 정격을 나타낸다.

표 9 나트륨램프의 정격

	NA60	NA85	NA140	NA200
램프電力 (W)	60	85	140	200
램프電流 (A)	0.6	0.6	0.9	0.9
全光束 (lm)	5,000	8,000	13,000	21,500
램프効率(lm/W)	83	94	93	107
外費徑 (mm)	50	50	60	60
全長 (mm)	325	425	525	785
口金	B22D	B22D	B22D	B22D

또한 나트륨램프는 일반 방전등과 같이 부대성이 있다. 부대성은 램프전류가 증가하면 전압이 강해지는 성질로서 적당한 전류제한장치로서 점등하지 않으면 램프전류가 증대하여 결국 램프가 파괴된다. 전류제한장치로 보통 안정기를 사용하고 있다. 이것은 램프를 시동시키는 데도 중요하다. 전류를 제어하는 데는 보통 초오크코일을 사용하나 60W, 140W, 의 나트륨램프시동을 위해서는 전류전압이 470V 이상 필요하기 때문에 전원전압이 낮은 경우에는 승압변압기와 초오크코일 또는 누설변압기를 사용한다. 나트륨램프는 소등직후 재점등하지 않는 경우가 있는데 이것은 방전개시에 필요한 전압이 높기 때문이다. 그리고 고압수은램프의 경우 주위온도에 따라 시동전압이 변화한다. 즉 저온인 경우시동전압이 높다. 나트륨램프인 경우에는 주위온도가 -30°C ~ 50°C의 범위내에서 실험한 결과 시동전압은 온도에 따라 거의 변화하지 않는다.

나트륨등은 나트륨방전에서 나오는광을 이용한 방전등으로 D선이라 부르는 589m μ 와 589.6m μ 2개의 황색可視 스펙트럼선이다. 나트륨 원자에서의 광방사를 간단히 설명하면 그림 3은 나트륨 원자의 에너지 단위로써 전자가 어떤 에너지준위

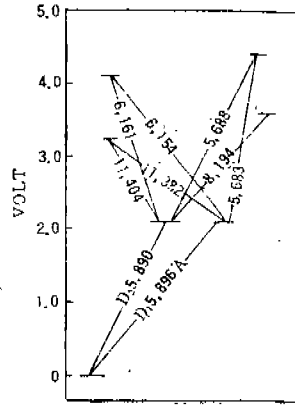


그림 3. 나트륨의 에너지 준기압이 낮으면 준위도 勵起하는 나트륨원자

가 부족해서 효율이 나쁘며 증기압을 높이면 광의 자기흡수비율이 높아 역시 효율이 나쁘다. 최고 효율을 표시하는 나트륨증기압은 약 4×10^{-3} mmHg로서 이것은 약 270°C에 상당한다. 이와같이 최저온도가 되는 것은 일반. 형광등의 관벽온도가 약 40°C에서 최대효율이 되는 것과 같다. 나트륨등에는 나트륨외에 수 mmHg의 稀가스가 봉입되어 있다. 이것은 실온에서 나트륨증기압이 매우 낮고 (10^{-11} mmHg) 일반 회로에서는 방전이 쉽게 일어나지 않으므로 시동가스로서 큰 역할을 하고 있다. 희가스 종류로는 시동전압을 뿔 수 있는 한 낮게 하기 위하여 베온과 미량의 알곤을 혼합한 것을 이용하고 있다.

나트륨등은 시동직후 稀가스의 스펙트럼을 방출한다. 시동후 발광관벽은 방전에 의해서 열때문에 뜨거워지며 다음에 관벽온도가 상승하여 안정시 광은 최대의 출력이 된다. 그림 4는 관벽온도와 광도의 변화상황을 표시한다.

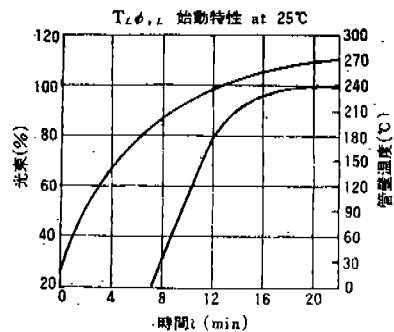


그림 4. T_L, ϕ_L 시동특성