

# 우리나라 전기산업계의 레이저 광기술 수용전략

(7)

姜 玟 鎬

韓國電氣通信公社 研究開發團長

## 나. 우리나라의 현황

우리나라에서 레이저 응용기술에 관한 국내 현황조사를 체계적으로 수행한 자료로는 과학기술처가 1988년에 수행한 『레이저 응용기술 개발을 위한 사전조사 연구』가 있다.<sup>9)</sup> 이 조사 연구에서는 국내 레이저 관련 전문가 127명 및 종업원수 100명 이상의 1,666개 산업체에 대하여 설문조사를 하여 다음과 같이 자료를 정리하였다.

- i) 레이저 전문가 127명중 설문조사에 응한 61명은 박사 49명, 석사 9명, 학사 3명 등이었으며 대학에 23명, 연구소에 18명, 산업계에 3명이 재직하고 있었다.
- ii) 이들 국내 전문가들의 기여가능 분야는 주로 레이저 개발분야와 계획 및 분광학 분야로 나타났으며, 의학 및 생물분야와 프라즈마, 군사적 응용분야는 상대적으로 적은 전문 인력이 분포되어 있었다.
- iii) 이들이 현재 추진중이거나 계획한 연구과제의 분야별 분포를 살펴보면 레이저 계측분야 27과제, 레이저 개발 분야 22과제, 그리고 가공 및 광화학분야가 21과제로 대별되었다(표 3-3참조).
- iv) 국내 산업계에 시급히 요망되는 레이저

응용분야로는 레이저 가공, 용접, 절단, 열처리 등의 직접적인 응용분야와 레이저 부품의 국산화 및 소형 헬륨네온레이저의 국산화 등이었다.

- v) 중소기업에서도 레이저 관련 장비에 관심을 가지고 있었으나 구체적인 응용분야의 제시가 부족하였다.
- vi) 국내에 도입된 레이저는 가공이나 용접용의 탄산가스레이저 14대와 야그레이저 18대 등이며, 저가격 제품인 헬륨네온레이저를 이용한 계측 분야가 확산되고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 우리나라의 레이저 광산업은 아직 태동기 단계에 머물고 있음을 알 수 있다.<sup>(10)(11)(12)</sup> 그러나 KAIST, 서울대, 연세대, 경희대, 광운대, 경북대를 포함한 많은 대학이 레이저 기술 또는 광기술 관련 기초연구의 열기가 높아져 가고 있고, ETRI, KIST 및 산업계에서 광섬유 통신 기술의 상용화는 국제적 수준에 접근하고 있으며, 한국전기연구소 등에서도 과학기술처, 한국전력 및 전기 산업계와 공동으로 각종 광응용 시스템개발에 착수한 단계로서, 우리나라 전기 산업계에서는 레이저 광 수용실적이 아직까지 저조한 것으로 사

료된다.

다음은 전기연구소에서 개발하여 한국전력공사와 현장시험을 추진중인 광전류센서와 광전압센서 등의 광계측기술과 한국전력공사의 전력용 광통신 방식시험 및 대학중심의 핵융합연구, 산업계의 가공기술현황을 간략히 소개한다.

(1) BSO 및 ZnSe를 이용한 코아형 광 CT 개발

(가) 전류센서의 원리

직선 편광된 빛을 BSO와 ZnSe 결정에 자계 방향과 같은 방향으로 입사시키면 편광면이 자계에 비례하여 회전한다. 이러한 광학적 현상을 Faraday 효과라 하며 이때의 회전각  $\theta$ 는 다음 식 (3-1)과 같다.

$$\theta = V \cdot H \cdot l \dots\dots\dots (3-1)$$

여기서 V : Verdet 정수(min/Oe · cm)

H : 자계의 세기(Oe)

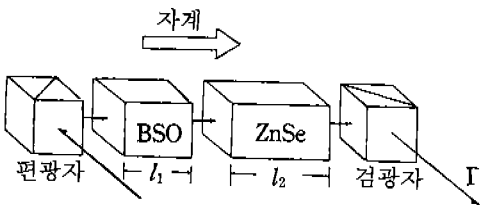
l : 결정의 길이(cm)

일반적인 Faraday 효과 소자는 편광면을 회전시키는 선광자이다. 투과광이 X축 방향  $\theta$ 만큼 회전할 때의 Jones 행렬은

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3-2)$$

이다.

본 연구에서 광전류센서로 사용한 Faraday 소자인 BSO와 ZnSe의 광학적 특성값은 표 3-4과 같다. 그리고 그림 3-2는 본 연구에서 설계·제작한 자계센서의 구성이며, 편광자와 검광자가 45°의 각도를 이룰 때의 출력광에 대한 Jones 행렬은 다음식 (3-3)과



<그림 3-2> 전류센서의 구조

<표 3-4> Faraday 소자의 특성표

항목 Faraday 소자	Verdet 정수 (min/Oe·cm)	사용 파장	온도특성 (-20°C ~ 60°C)
BSO	0.1	0.87 $\mu$ m	< $\pm 0.6$
ZnSe	0.15	0.87 $\mu$ m	

같이 이루어진다.

$$\begin{bmatrix} E_H \\ E_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{E}{\sqrt{2}} \\ \frac{E}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{E}{\sqrt{2}} (\cos \theta + \sin \theta) \\ 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3-3)$$

따라서 본 시스템에서는 투과광과 검광자의 각도를 45°로 고정시키기에는 무리한 점이 많아 BSO의 선광성(Optical rotatory power)을 이용하여 45°만큼의 광학 Bias효과를 얻었다.

즉, BSO는 0.87 $\mu$ m 파장에서 10.5°/mm만큼의 선광성을 가지므로 4.3mm BSO 소자를 사용하면 45°의 각을 얻을 수 있다. 그리고 ZnSe는 5.5mm를 사용하여 시스템을 설계하였다. 식 (3-3)에서 광파와 평행한 성분 E의 2승이 출력광강도이므로 검광자를 통한 신호 값은

$$\begin{aligned} \frac{\text{출력광강도}}{\text{입력광강도}} &= \frac{E_H^2}{E_L^2} = \frac{1}{2} (\cos \theta + \sin \theta)^2 \\ &= \frac{1}{2} (1 + 2 \cos \theta \sin \theta) \\ &= \frac{1}{2} (1 + \sin 2\theta) \\ &= \frac{1}{2} (1 + \sin 2VHl) \dots\dots\dots (3-4) \end{aligned}$$

와 같이 된다.

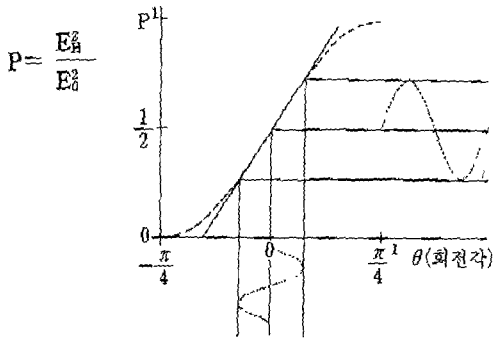
또 회전각  $\theta$ 는

$$\theta = V_1 H l_1 + V_2 H l_2 (\text{min}) \dots\dots\dots (3-5)$$

이며 식 (3-4)를 그래프로 그려보면 그림 3-3과 같다.

(나) 광 CT용 코어

도체에서 r(m) 떨어진 점에서의 자계의 세기



〈그림 3-3〉 전류센서의 특징

Hr은

$$Hr = \frac{I}{2\pi r} \text{ (A/m)} \dots\dots\dots (3-6)$$

가 된다.

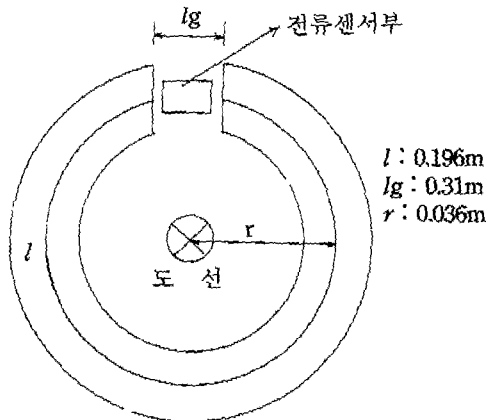
이때의 H값은 그리 크지 않은 값이므로 본 연구에서는 적당한 크기의 비투자율을 가지는 코어를 제작하여 시스템을 구성하였다.

즉, 코어에 센서부 길이 만큼의 공극을 만들어 팽 CT를 제작하였다. 사용된 코어의 사양을 그림 3-4에 나타낸다.

코어형 철심의 공극(gap)에 미치는 자계의 세기는

$$Hg = \frac{\mu_0 I}{\mu_0 l + \mu_c l_g} \text{ (A/m)} \dots\dots\dots (3-7)$$

여기서  $\mu = \mu_0 \mu_c$



〈그림 3-4〉 코어의 구조

〈표 3-5〉 코어의 재질특성

재 질	$\mu_c$ (비투자율)
철	150
순 철	4000
Permalloy 45	2500
Rerrite	1000

$\mu_0$  = 공기의 투자율 ( $4\pi \times 10^{-7}$  H/m)

$\mu_c$  = 코어의 비투자율

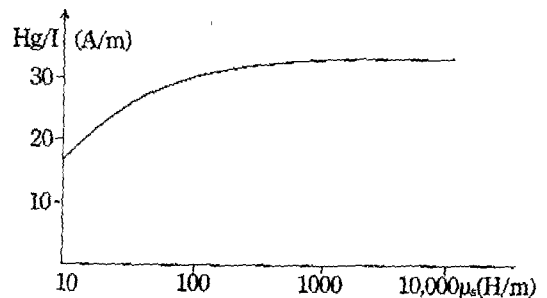
이며,  $\mu_c$ 가 1000 이상의 값에서는 Hg의 값이 근사적으로  $\frac{1}{l_g}$  (A/m)가 된다. 따라서

$$\frac{Hg}{Hr} = \frac{2\pi r}{l_g} \dots\dots\dots (3-8)$$

이 되며 Hg/Hr 값은  $\pi$ 가 되어 전류센서에 미치는 자계의 세기를 2 $\pi$ 배 정도 증대시킬 수 있다. 코어의 비투자율  $\mu_c$ 에 대한 공극에서의 자계의 세기와의 관계를 보면 그림 3-5와 같다.

$\mu_c$ 가 1000 이상일 때에는 Hg/I값이 거의 일정한 값이 되어 Hg는 도선에 흐르는 전류에만 영향을 받으므로  $\mu_c$ 가 1000 이상의 값을 갖는 재질의 코어를 사용할 경우  $\mu_c$ 는 Hg의 값에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

본 연구에서 사용한 팽 CT 코어의 재질은 철과 Permalloy 두 종류이며 실제 실험결과 Permalloy가 보다 Sensing 효과가 좋게 나타



〈그림 3-5〉  $\mu_c$ 에 따른 공극에서의 자계의 세기

났다(표3-5).

(다) 코어재질에 따른 전류측정 결과

코어의 재질을 철과 Permalloy로 전류를 측정할 결과치를 표 3-6과 표 3-7에 나타내었다. 표 3-6은 100A~1000A까지의 실험치이고 표 3-7은 소전류 10A~100A까지이다.

여기서 열처리하는 호트러진 분자배열을 바로 잡아주기 위해 800~1000°C 온도에서 가공처

〈표 3-6〉 코어재질에 따른 입출력 특성표 (100A~1000A)

입력전류 I <sub>max</sub> (A)	출 력 전 압 V <sub>rms</sub> (v)			
	철	철(열처리)	Permalloy	Permalloy (열처리)
100	0.24	0.31	0.353	0.33
200	0.59	0.71	0.72	0.75
300	0.94	1.17	1.14	1.14
400	1.33	1.54	1.45	1.55
500	1.58	1.90	1.94	1.97
600	1.95	2.20	2.39	2.34
700	2.30	2.65	2.78	2.77
800	2.61	3.04	3.29	3.18
900	2.93	3.37	3.62	3.57
1000	3.29	3.72	3.96	3.95

〈표 3-7〉 소전류 측정값

입력전류 I <sub>max</sub> (A)	출 력 전 압 V <sub>rms</sub> (v)		
	철(열처리)	Permalloy	Permalloy (열처리)
10		0.005	
20	0.01	0.023	0.023
30	0.04	0.06	0.052
40	0.078	0.099	0.092
50	0.092	0.14	0.12
60	0.14	0.18	0.16
70	0.18	0.205	0.195
80	0.22	0.25	0.24
90	0.27	0.30	0.285
100	0.31	0.353	0.33

리한 것이다.

철은 열처리 효과가 보이나 Permalloy는 별 변화가 없음을 알 수 있다. 그리고 작은 전류에서 센싱감도가 떨어지는 BSO와 ZnSe의 Verdet정수가 작은 것, 코어의 공극이 크다는 것 두가지 이유를 들 수 있다.

## (2) BSO 전압센서 개발

### (가) BSO 전압센서의 구성

BSO 단결정의 전기광학효과를 이용한 전압센서의 구성을 그림 3-6에 나타낸다. 송광부(E/O)와 수광부(O/E)는 LED와 PIN-PD를 이용 자체 개발하였다.

표준전압을 인가하기 위해 YOKOGAWA사의 Voltage Standard 모델 YEW-2558을 사용하였고 편광자 및 검광자는 가로×세로×높이가 5×5×5(단위: mm)인 Polarizing Beam Splitter를 사용하였다. BSO는 광로장×가로×세로가 4.70×5.08×7.03(단위: mm)인 것을 양 단면에 ITO투명전극을 입혀 균등전계가 결정하였다.

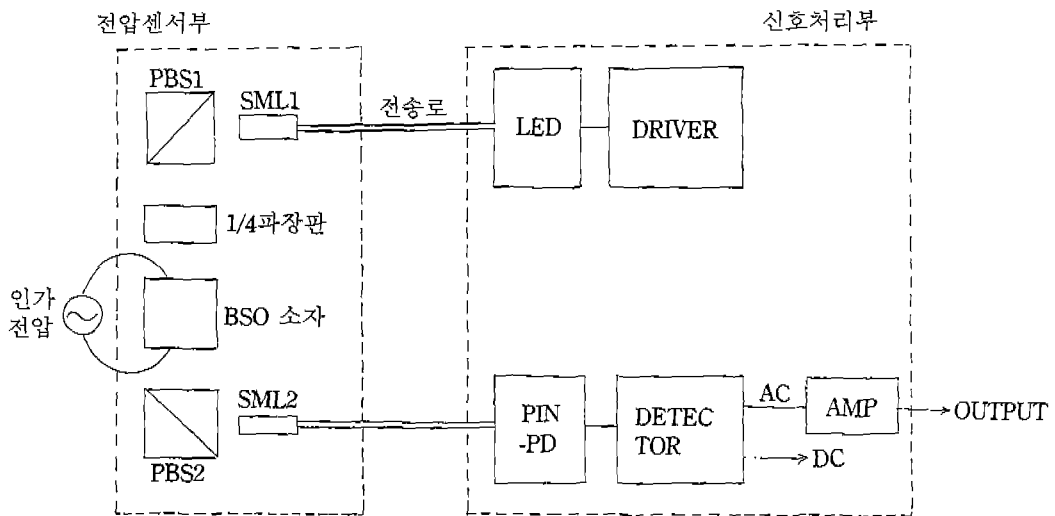
### (나) BSO 전압센서의 특징

그림 3-6과 같은 시스템을 구성하여 전압입력 단자에 YEW-2558의 전압출력 단을 연결하여 전압측정을 행하였다. 그림 3-6에서 보면 전압센서부는 4개의 Optical Component로 구성되어 있음을 알 수 있다. 우선 PBS1은 LED에서 오는 랜덤한 광을 90°꺾어서 선형편광된 광으로 만들고 이 선형 편광된 광이 1/4파장판을 통과하여 서로 직교성분의 광을 π/2 만큼 위상차를 주어 어느 각도에서나 크기가 일정한 원편광으로 만들어 준다. 이때, BSO Pockels 소자에 전압을 인가하면 원편광이 타원편광으로 변한다. 이 타원편광된 광을 PBS2를 통하여 검광하고 증폭회로를 통과한 후 신호를 검출하게 된다.

입력광강도와 출력광강도의 관계는

$$T = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\pi V}{V\pi} \right) \quad (\text{단, } V\pi = \frac{1}{2n_0^3 \gamma_{41}})$$

과 같이 주어지는데 실제로 BSO소자는 0.87 μm파장에서 10.5deg/mm의 선광성을 갖고 있으므로 아래와 같은 확장된 식이 유리하다.



〈그림 3-6〉 전체시스템 구성도

즉,

$$T = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \left( \frac{\pi V}{V\pi} \right) \times f(V) \right\} \dots\dots (3-9)$$

$$f(V) = \frac{\sin g(V)}{g(V)}$$

$$g(V) = \left[ \left( \frac{\pi V}{V\pi} \right)^2 + (2\theta)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

여기서 V : 인가전압

$V\pi$  : 반과장 전압

$\theta$  : 선광성

l : 투과광이 통과하는 거리

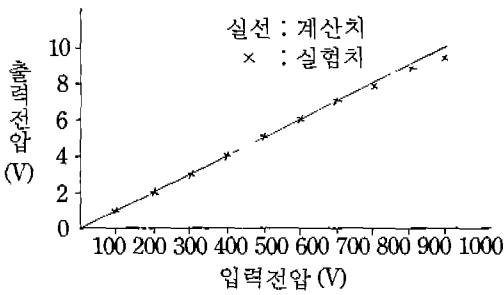
한편 전압센서를 사용한 BSO 소자의 특성을 표 3-8에 나타낸다.

〈표 3-8〉 BSO 소자의 특성

결정형태	23(body centered cubic)
굴절율( $n_0$ )	2.45( $\lambda=0.87\mu\text{m}$ )
유전율( $\sum$ )	56(100kHz)
압저항율(e)	$10^{15}\Omega\text{m}$
전기광학계수( $\gamma_{11}$ )	$4.35 \times 10^{-12}$
선 광 성	$10.5^\circ/\text{mm}(\lambda=0.87\mu\text{m})$
밀 도	$9.2 \text{ g/cm}^3$

(다) 실험결과 및 고찰

그림 3-6에서와 같은 시스템을 구성하고 광전압 센서부에 직류성분 광을 입사하고 YEW-2558을 가변시켜 60Hz 교류전압을 센서에 가하면 교류적으로 변조된 광이 출력으로 격자에 가해지도록 하였으며 외부에서 전압을 인가하기 위하여 Silver Paste로 전압인가 단자를 BSO센서의 상단에 붙여 사용하였다. 송수광부와 센서와의 사이를 멀티모드 광섬유(코어/클래드경 : 100/140 $\mu\text{m}$ )에 의하여 연결하고 여기에 연결되는 광커넥터는  $\mu\text{BNC}$ 형 커넥터를 제작하여 사용하였다. 이때 커넥터 내부의 렌즈는 Selfoc Micro Lens(SML)를 이용하여 설계하였으며 SML의 기본적 기능중 평행빔 형성과 집광용으로 사용하였다. 한편 전압센서와 광학소자를 보호하기 위하여 알루미늄으로 케이스를 제작하여 편광자와, 검광자, 1/4파장판, BSO 소자를 내부에 넣어 몰딩하여 먼지, 습기 충격에 적용하도록 하였고 전압인가 단자와 커넥터 부분만 외부에 노출되도록 얻어진다. 이 강도변조를 받은 광은 Photodiode(O/E)에서 전기신호로 변환되어 증폭기에서 증폭된 후 출력된다. 실험시스템을 설치하고 YEW-2558을 0~1000V까지 50V단위로 증가시키면서 출력되는 광파워를 확인한 결과를



〈그림 3-7〉 입력전압과 출력전압과의 관계

그림 3-7에 나타낸다.

측정결과 입력전압이 50일 때 6%의 오차를 가지는데 이는 낮은 전압에서 생긴 오차이므로 그다지 문제되지 않으며 50V 이상에서 800V까지는 오차를  $\pm 2.5\%$  이내로 측정할 수 있음을 알 수 있다. 800V와 1000V 사이에서는 최대오차가 1000V일 때 6.5%로 나타났다. 이러한 오차의 원인을 정확하게 규명하기가 어려우나 하나의 원인으로는 BSO의 광이 통과하는 거리에 따른 선광성에 기인한 것으로 판단된다. 또 하나 1/4파장의 Bias점의 불확실성과 검광자의 검광오차도 있으리라 예측된다. 가장 중요한 것은 광학소자의 Cleaning이며 이러한 것은 광학적 계측시스템 구성시 측정 에러를 줄여주는 데 중요한 고려사항이다. 앞으로 이러한 원인을 하나하나 규명함으로써 정도높은 계측시스템을 개발하여 실피드 시험을 수행할 예정으로 있다.

### (3) 전력회사 광통신 이용

국내의 전력용 광통신 기간망 구성을 위하여 한국전력공사에서 권부형 광케이블을 이용 실증시험 선로(전주-이리간)에서 시험한 예가 있고 발변전소 구내 광데이터링크를 설치하여 신호다중 방식을 채용, 서지나 유도가 없는 고신뢰성 및 경제적인 시스템 구성을 위한 연구를 수행한 바 있다. 이하에 이들을 소개한다.

#### (가) 권부형 광케이블 실증시험

광통신 분야의 급속한 기술발전에 따라 광복합 가공지선 방식외에도 전력선의 상도체나

가공지선에, 유연성이 좋은 광케이블을 나선형으로 감아서 설치하는 비교적 새로운 방식의 기술이 개발되어 전력회사의 기존 설비를 이용하는 광통신 링크구성 방식의 하나로 검토가 필요하게 되었다. 이를 위하여 실증시험을 거쳐 현장에 적용하기 위한 광통신 링크로서 154kV, 약 20km의 전주-이리 전력소를 연결하는 240mm상도체에 RAYFOS-100 광케이블을 설치하고 그 설치공법의 장단점과 실용성, 특성변화 등을 검토하였다.

#### 1) 권부형 광케이블 설치방식

세경, 경광의 광케이블을 기존의 상도체나 가공지선에 나선형으로 감는 방식의 광케이블은 설치장치에 정착되어 전선로 상에 놓여지고 지상에서 로프를 이용하여 직접 끌거나 무선원격으로 조종되는 모터추진 장치를 사용하여 광케이블을 설치할 수 있다. 광케이블은 전선로에 바로 접촉되기 때문에 전적으로 비유전체이어야 하고 심한 전기적인 스트레스에 견딜 수 있어야 한다. 상도체에 설치되는 경우에 광케이블은 비트랙킹성이고, 자외선에 견디는 피복을 가져야 하며 혹심한 기상조건이나 온도에도 견딜 수 있어야 한다. 가공지선에 설치되는 경우는 낙뢰나 사고시의 높은 온도에도 특성이 변하지 않아야 한다. 전선로에 광케이블을 첨가 설치함으로써 증가된 풍압 하중이나 빙·착설 등은 세경, 나선형 감기방식에 의해 최소화 되고 진동은 오히려 감소된다. 전력회사의 기설 전력선을 이용하는 광통신 전송로 설치방식을 비교하여 보면 표 3-9와 같다.

#### 2) 권부형 광케이블 구성

##### - 광케이블

광케이블은 고전압과 특수한 기상조건에도 견딜 수 있도록 자체팅되어 있다. 내부의 광섬유의 수도 2심에서부터 용도에 따라 32심까지 실장이 가능하다.

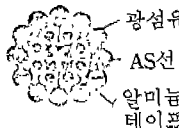
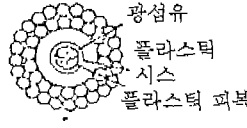
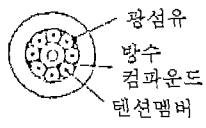
##### - 접속 하우징(joint housing)

접속은 지상에서 작업하는 것이 편리하며 접속된 광섬유는 방수가 잘 되는 접속하우징에 넣어서 상도체에 매다는 방법이 사용된다.

##### - 상도체에서의 터미네이션

광케이블을 통신실이나 콘트롤룸에 인입하

〈표 3-9〉 전력선을 이용하는 광통신 방식

구분 \ 방식	광복합 가공지선	광복합 가공전력선	권부형 광케이블
단면구조			
설치전력선	가공지선	가공전력선(상도체)	가공지선 또는 상도체
접속위치	첼탑상 작업	지상 작업	지상 작업
접속광섬유보호	접촉 함체내(첼탑에 설치)	알루미늄 합금 튜브내 (전력선에 압착)	알루미늄합금 하우징내 (전력선에 부착)
절연처리 (터미네이션)	불필요	필요	필요

기 위하여 상도체의 전압레벨에서 대지전위 레벨로 연결하여 주는 절연장치가 필요하다.

－ 케이블·부속자재

광케이블을 현수 첼탑이나 내장첼탑을 건너기 위해 광케이블을 지지하여 주는 배일행거, 헬릭스가 사용되고 바인드용 Split tube 등 부속자재가 필요하다.

－ 설치장비

광케이블 설치장비는 광케이블을 전력선에 설치시 필요한 장비로서, 광케이블 드럼을 로프를 이용하여 끌거나, 무선원격으로 조종되는 모터 추진장치를 사용하여 설치할 수 있다.

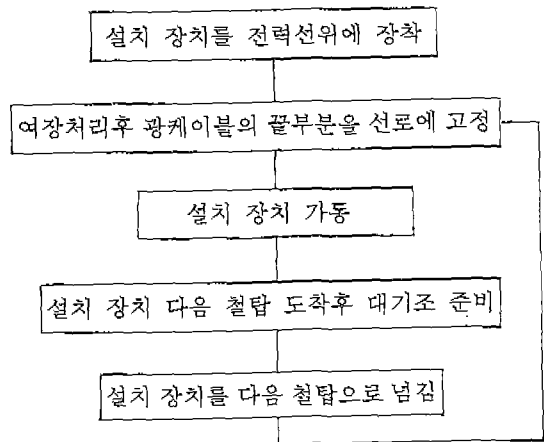
－ 시험장비

설지중에 또는 설치후 광손실치가 허용치내 인가를 확인하기 위하여 시험장비를 사용한다. 이 경우 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer) 또는 Light source, optical power meter등을 사용하여 편리하게 측정할 수 있다.

3) 실증시험용 광케이블 설치

실증시험용 광케이블 설치루트는 전주-이리 전력소 구간으로 67개의 첼탑으로 구성되어 있으며 지형적으로는 논, 밭, 과수원 및 완만한 경사의 언덕으로 설치가 용이한 지형이었다. 광케이블 설치는 설치장치 2대 및 자체 추진장치 1대가 동원되어 3개 작업팀으로 154kV 전주 #1 T/L의 20km구간에 6일간 소요되었다. 효율적인 시공을 위하여 다음과 같은 공정을

채택함으로써 지연 시간없이 신속하게 포설할 수 있었다.



4) 광케이블 접속 및 손실 측정

접속작업은 중단처리 2개소를 포함하여 17개소에서 시행하였는데 SUMITOMO type-11의 접속기 1대로서 하루 평균 2개소를 마칠 수 있었다. 접속시험은 전주전력소에서 OTDR (Anritsu)을 사용하여 측정하면서 현장에서는 휴대용 OTDR(Cossor Electronics)을 사용하여 측정값을 비교하였다. 접속작업에서 선행되어야 할 사항은 측정지점과 현장과의 통신로를 확보하는 일인데 이 설치작업에서는 휴대용 VHF 무전기를 사용하였으나 보다 더 효과적

〈표 3-10〉 광케이블의 감긴상태에서의 평균손실 측정

구분 광섬유의 색깔	릴에 감은 직 후	설치전	154kV 상도체에 설치 직 후
Blue	0.85	0.78	0.72
Brown	0.87	0.78	0.69
Red	0.95	0.84	0.83
Green	0.78	0.72	0.65
Yellow	0.71	0.62	0.68
Orange	0.73	0.69	0.63
평균 손실	0.815	0.815	0.683

평균손실 =  $13/2\alpha/13\text{reels}$

$\alpha$  = 각릴의 광섬유 손실(dB/km)

인 통신을 위해서는 광섬유 자체를 이용하는 휴대용 광통신 전화기를 다른 보조통신수단과 함께 이용하는 것이 바람직하다. 측정결과 접속손실치는 개소당 0.3dB 이하로 모든 접속개소에서 목표치를 만족하였고 평균 접속손실은 0.08(dB/개소)였다. 광케이블의 손실은 아래와 같이 세단계의 각각 다른 상태에서 측정되었다.

- ① 릴에 감은 직후(86.8)
- ② 설치 직전(87.323)

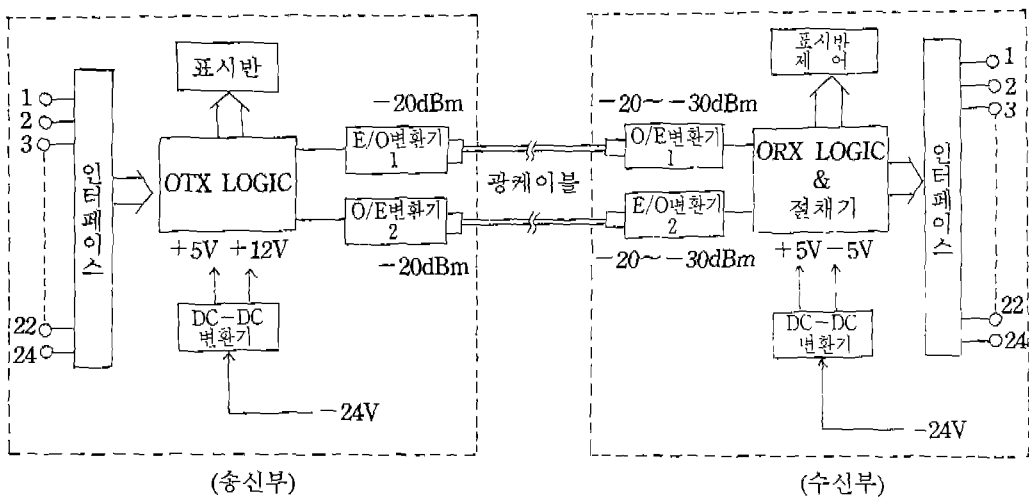
③ 설치 및 접속 완료후 최종(87.44)  
각 섬유의 색깔별로 측정하여 평균 손실치를 비교하면 표 3-10과 같다.

(나) 전력소 구내 광데이터 전송시스템

전력설비가 밀집해 있는 발·변전소 구내의 계측제어 시스템에는 광통신을 응용하는 것이 바람직하다. 더 나아가 계측제어 시스템을 완전히 무유도화하기 위해서는 전송로 뿐만 아니라 CT, PT 등의 센서류도 광을 응용하여, 정보검출부터 전송까지를 일괄하는 광 total-system화가 필요하다. 이를 위해서는 전자광학 효과를 이용한 광응용 센서의 개발을 비롯하여 디지털 보호릴레이, 컴퓨터시스템 등의 개발이 중요하다. 발·변전소 구내 계측제어인 완전 광시스템화의 기본단계를 구내용 광데이터 전송장치를 개발하였다. 시스템 구성도는 그림 3-8과 같다.

이 장치는 광섬유 케이블을 전송로로 사용하여 전송로상의 전자기 간섭 및 서지 등에 의한 영향을 받지 않기 때문에 신뢰도가 향상되어 고품질의 데이터 전송이 가능하다. 또한 전력설비의 운용에 관한 정보를 다중화하여 전송할 수 있고 개개의 설비에 소요되는 감시, 제어용 케이블을 절약할 수 있어 경제성도 기대 된다.

이의 실증을 위하여 광데이터 전송시스템의



〈그림 3-8〉 시스템 구성도



시제품을 신마산, 북부산 전력소 구내 154kV 및 22.9kV 차단기의 동작감시, 제어를 위하여 설치 시험하였는데, 설치 구성도는 그림 3-9와 같다.

감시부는 현재 SCADA의 data acquisition을 위한 차단기 점접상태 정보취득 다중전송으로 사용되고 있으며, 제어부는 유희중인 차단기를 이용한 현장시험을 통하여 실용화 가능성을 입증하였다. 이 시험에는 북부산 전력소 22.9kV feeder측 #457차단기를 사용하였고 40일간 1일 1회 이상 판데이터 전송장치를 이용한 C, B동작 시험결과 정상동작을 확인하였다. 앞으로 장기 신뢰성 시험을 거친후 실제통에 적용하기 위한 개발시험도 적극 이루어져야 할 필요가 있다고 본다.

#### (4) 국내의 레이저 핵융합 연구동향

국내에서는 서울대 원자핵공학과에서 magnetic fusion관련 연구를 하고 있으나 laser fusion인 경우 현재 연구가 전무하며 대출력 laser의 경우 과학기술원에서 1988년부터 TW급 대출력 Nd glass pulsed laser 개발 연구에 착수하였다. 한국전기연구소는 장차 laser fusion 연구에 참여하기 위해서 현재 CO<sub>2</sub> pulsed laser 개발연구를 진행중에 있다. 동연구소는 대출력 레이저 개발에 필수적인 고전압 가스 방전기 기술을 보유하고 있으며(실제적인 fusion reactor인 경우 가스 방전을 이용한 Excimer laser가 가장 유망한 heating용 레이저임) 충격 전압장치(300KJ,4000kV)를 보유하고 있어 La-



<英國產業뉴스 제공>

## 넓은 試錐船을 地熱발전소로 개조

북해의 넓은 시추선을 지열발전소로 개조하는 아이디어가 개발되어 각광을 받고 있다. 이는 석유 저장고에 모이는 따뜻한 온도의 물을 전기로 바꾸는 원리이다.

영국의 북해 시추선이 1992년에 와서 파이프공으로 인해, 북해 석유 저장고 감소와 병행하여 넓은 시추선 이용 아이디어가 적절할 시기에 나온 것이다.

그리고 이 대형 철강구조물로 된 시추선을 해체하는 작업이 위험하며 비용도 많이 들기 때문에 다양한 구조 변경, 온도변경이 연구되어 왔다.

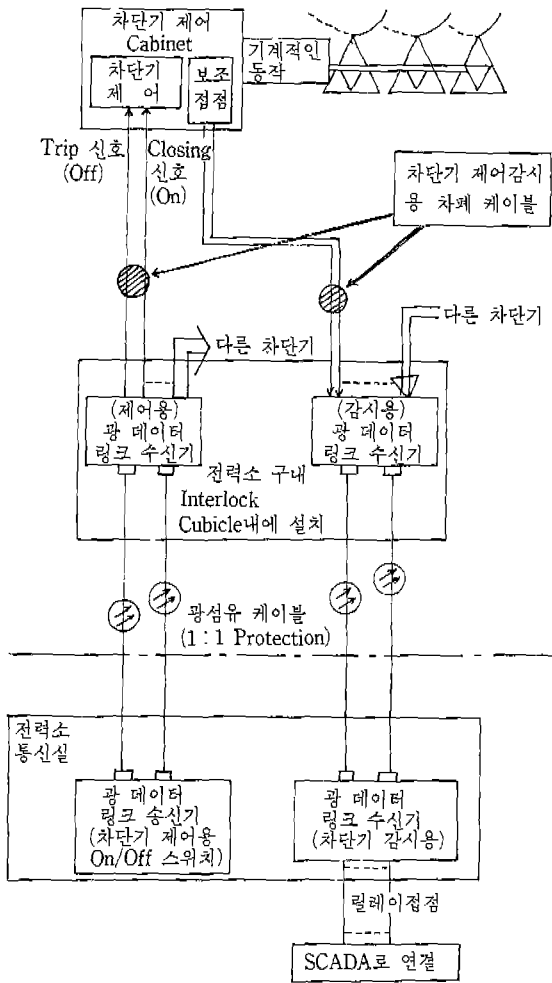
최대 시추선을 분리 해체하는 데는 1억파운드 가량의 비용이 들며, 소형 시추선도 300만파운드가 소요되어 평균 1,200만파운드라는 비용이 산출된다.

그외 다른 용도로는 강력범퇴인 수용소, 풍력발전소, 항해기지 등도 연구중이나, 이들 모두가 경제성이 별로 없는 것으로 판명되었다.

그러나 지열발전소 개념은 현재 정부나 석유회사들이

모두 경제성이 있으며 미래의 시추선 용도 변경의 최적의 선택임을 인정했다.

사용되지 않고 있는 기름 저장고에 고이는 물을 끌어 올리는데, 그 물이 지구 중심 깊숙이에서 올라오기 때문에 지표온도보다 높다. 온도가 보통 20℃에서 190℃까지 올라가는 더운물이다. 저장고 물 온도가 150℃ 정도이면 경제성이 있는 것으로 판단되고 있다. 현재 연구진은 해저에 저장된 물을 펌프로 퍼올리는데 쓰일 전력문제 등 관련사항을 연구·검토중에 있으며, 한 가지 장점은 이 시추선의 수명이 거의 무한대이므로 시추선을 열발전소로 사용할 때 설치할 장비의 수명은 문제가 되나 시추선 자체는 그 구조가 영구적이므로 다각적인 테스트를 통해 밝혀졌다. 현재 영국 연구진은 이 분야에 다양한 연구를 계속하고 있는 오사카대학교 연구진과 함께 열전기 OTEG 시스템 개발에 박차를 가하고 있다. 이는 일본 최고기술인 전기 엔지니어링과 영국의 자재 재료물리학의 접목을 시도한 데에 의의가 있다.



〈그림 3-9〉 전력소구내 광데이터 전송시스템  
현장시험 설치구성도

ser fusion에서 연료가열용 대출력 pulsed laser 개발에 유리한 입장에 있다고 한다. Laser fusion에 의한 전력생산에는 많은 기술이 결합해야 하기 때문에 학계, 산업계, 연구소가 협동하여 연구를 진행해야 할 것으로 사료된다.

### (5) 레이저 가공 기술

국내에서도 현재 약 50대 정도의 레이저 가공기가 여러가지 재료가공에 이용되고 있는 것으로 추산되고 있으며, 그중에 kW급의 가

공기도 약 10대 정도는 될 것으로 추산되고 있다. 그리고 국내의 기업체에서 레이저 가공기의 보급률은 매우 급속하게 증가될 것으로 전망된다. 현재 치열한 국제 경쟁에서 양질의 제품을 공급하기 위해서는 그 보급이 빠를수록 바람직하다. 또한 재료가공에 레이저의 이용은 물론 새로운 가공기술의 개발을 위하여 기업체와 연구기관의 산학연 협동은 물론 국가적인 견지에서라도 적극적인 지원이 요청된다.

## 참 고 문 헌

1. 小野公三, 西浦洋三, “光纖維 計測” 電氣評論, pp.63, 1988. 3.
2. 北井茂, 宮本俊治, “光計測技術의 파워-일렉트로닉스의 適用” J. Ohm, pp.73, 1987. 2.
3. 東轟良旺 “光纖維 應用센서의 動向”, 오토메이션 Vol.33, No.5, pp.17
4. Power Control and Information Series 6, “光纖維 通信計測技術” 電氣書院, 1986.
5. 김요희 외, “전력용 광계측시스템 개발연구” 과학기술처 연구보고서, 1987. 5.
6. 栗原雅幸他, “光纖維에 의한 光中繼器電源供給方式에 관한 基礎的 檢討” 電中研報告 No.178044, 昭54, 7.
7. 森川 “光纖維의 에너지 傳送容量” OQE 78-53.
8. 池田正幸他 “레이저加工裝置應用 現狀과 課題” 電氣學會技術報告 (II部) 第 264 號, 昭 63.2
9. 원조욱의 “레이저 응용기술개발을 위한 사전조사연구” 과학기술처 보고서 1988. 4.
10. 최상삼의 “광산업기술정보사업보고서” KIST, 1988. 2.
11. 광산업기술 심포지움 1987. 4. 23-23, KIST.
12. 오명, 강민호, 레이저응용, 청문각, 1987. 6.
13. 栗原雅幸他 “小口徑光纖維의 光에너지 輸送容量의 檢討” 電中研報告, No.T86068 昭 62.6

☞ 다음 호에 계속