

광기술을 이용한 광산업 현황

Application of Optical Technology to the Industrial Fields

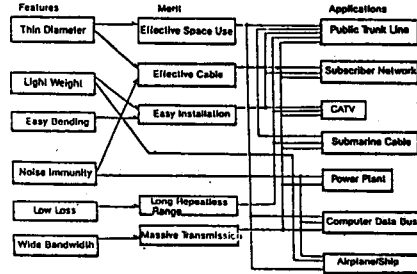
변 선 호

금성전선 연구소

최근 광기술을 기반으로한 응용기술은 정보통신분야, 계측감시분야, 레이저 가공기분야 등 산업전반에 걸쳐 적용범위가 확대되고 있으며 이에 본 논문은 광통신시스템, 광센서 및 계측시스템 그리고 레이저 가공기시스템에서 금성전선(주)이 10여년간 산업화한 기술의 소개와 향후 기술개발의 전개방향을 제시하였다.

I. 서론

국내 광통신 시스템이 실용화한지 10여년이 지난 근래에 와서는 광통신에 대한 수요자의 이해와 인식이 높아지면서 이들의 적용이 특정고객들에 의해 그 요구 사항이 다양해 지고 있고, 공장 자동화, 광LAN, 광CATV 및 ISDN의 확산에 따라 광통신 보급이 더욱 확대되고 있다. 특히 여기서 소개되는 광 Industrial Television System은 카메라에 의해서 감시되는 여러 현상이 광통신 시스템에 의해서 수집되고 처리되므로 종래 사람에 의해서 판별되는 현상에 비해서 고신뢰성 고속성등의 특징으로 공장지역, 도시교통 관제용, 재해 방지용등의 목적으로 더욱 보급이 기대되는 시스템이다. 또한 광전류 전압계는 광의 특성을 활용함으로써 저잡음, 광대역, 무유도, 소형, 정밀의 특징으로 향후 전력계통에서 현장적용이 기대되는 검측기이다. 한편, 레이저를 이용한 가공 시스템은 공장 자동화 및 다양한 재료 가공의 목적에 부응되는 생산 시스템으로서 앞으로 적용 확대가 기대되고 있다.

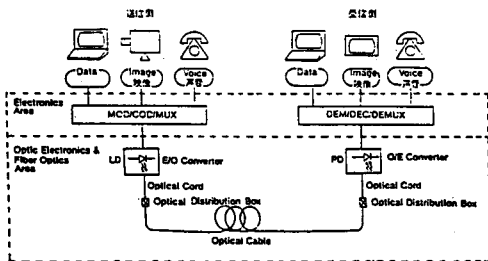


<그림2 광통신 시스템의 적용 >

II. 광통신 시스템 및 관련 기술과 동향

1. 광통신 시스템 개요

이의 구성은 광송신기, 광전송로, 광수신기로 구성되며, 광송신기는 전송하고자 하는 정보(화상, 음성, Data)를 전기적으로 혼합한 후 발광소자에 의해 광신호로 변환시키며, 광전송로로 전송된 광신호는 광수신기에 의해 전기신호로 변환하고 분리함으로써 원래의 정보로 재생된다.



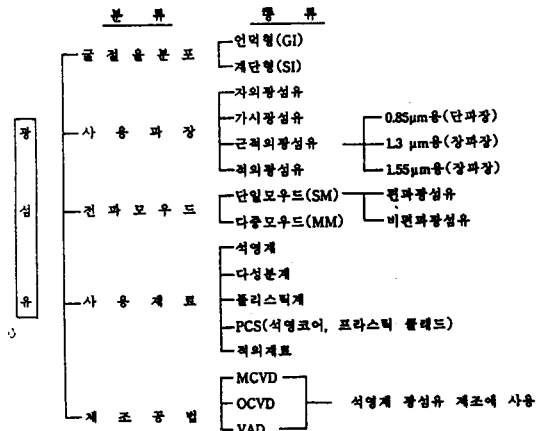
<그림1 광통신 시스템의 구성 >

광통신 시스템의 적용 범위는 광섬유의 여러 특성을 이용하여 다양하게 적용되나 특히 저손실, 광대역, 내잡음성을 이용하여 공중통신망, 전력 및 공장의 정보 전송용으로 활발하게 적용된다.

2. 광섬유, 광Cable, 광Connector 관련기술 및 동향

1) 광섬유의 종류

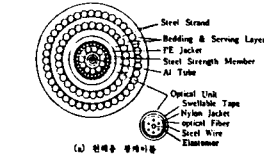
광섬유는 그재료구성이나 제조방법, 품질을분포나 전파모드에 따라서 아래와 같이 분류할수 있다.



2) 광Cable의 종류

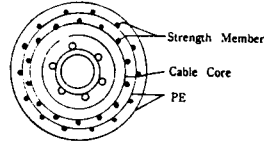
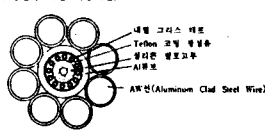
광Cable은 그림3과 같이 사용목적에 따라서 전력계통에 사용되는 광섬유 복합 가공지선, 해저용 광Cable, 급속형·비급속형 광Cable로 대별된다.

배케 광케이블

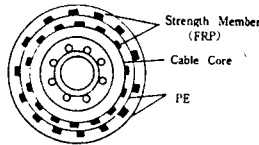


(a) 전래용 광케이블

OPGW(광통신용 전력 기둥케이블)



< 금속형 광케이블 >



< 비금속형 광케이블 >

< 그림 3 광 Cable >

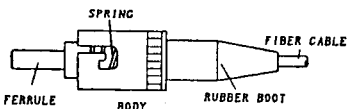
3) 광Connector의 종류
광connector는 광섬유와 광섬유, 발.수광소자와 광기기를 연결시키는 역할을 하며 착탈가능, 재현성, 저손실등의 특성이 요구된다. 특히 광통신망의 보급에 있어서 저가격화가 기업으로서 중요과제가 된다.



Adaptor



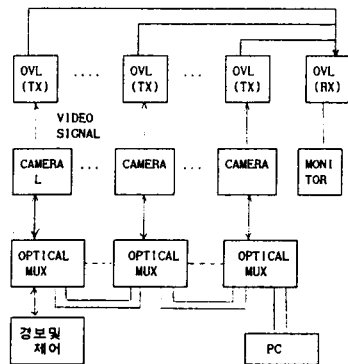
Receptacle



Plug

< 그림 4 광 Connector >

3. Optical Industrial Television System
최근 ITV System의 적용은 대상 지역이 공장 지역 및 도시 환경 지역에서 장거리화 되고 있고, 또한 정보량의 증가에 따라 고속화, 대용량화로 진전되고 있다. 이러한 요구에 만족하기 위해서 광전송 방식을 적용하게 된다. 그림5에서 보는 바와 같이 광 ITV System은 각종 Sensor의 감지 상태가 광 다중 전송기로 전송되어 통제실까지 전달되고 여기서 카메라의 조작과 현장 제어 신호를 역시 다중 전송기에 의해서 조작할 수 있다. 카메라에서 얻어진 영상 신호는 광 Video Link를 통해서 2-10km까지 무중계로 전송되어 통제실로 전달되며 녹화도 가능하다. 광 다중 전송기는 분산되어 있는 각종 기기의 신호 처리를 위하여 전체를 Bus 형태의 광 전송로에 집약시킨 기기로서 제어실의 주 Computer로 Data를 고속 송수신하는 장치이다.

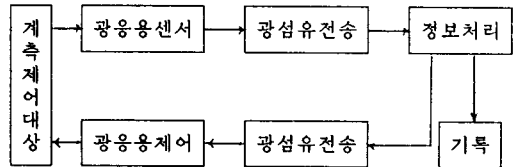


OVL : OPTICAL VIDEO LINK

< 그림 5 ITV 시스템 >

4. 광응용 센서 및 계측 시스템

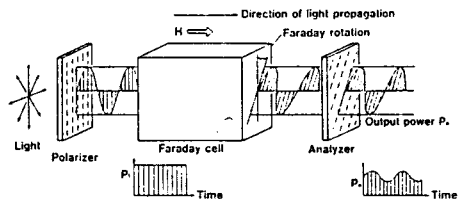
광응용 센서는 무유도성, 절연성, 방폭에 대한 안정성 면에서 우수한 특성을 갖게되며 이는 컴퓨터와 연결함으로써 계측한 정보를 수집, 처리, 분석할수 있으며 공장자동화 또는 전력계통의 감시보호 목적으로 적용 가능하게된다.



<그림 6 광응용 센서를 이용한 계측제어 시스템 개념도>

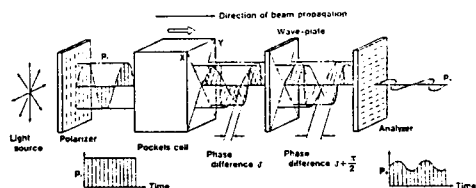
계측 제어의 대상으로는, 고전압 환경에서의 전류, 전압, 온도, 풍향, 풍속량 검출과 공장에서 생산되는 전선의 단선검출등 그종류는 다양하다.

본 내용에서는 광을 이용한 전류, 전압 측정기(광 CT, PT: Optical Current Transformer, Potential Transformer)를 응용한 시스템에 관하여 간략하게 서술한다. 송전전압의 초고압화, 전력계통의 거대화, 도심지 변전소의 GIS(Cas Insulated Swichgear)화 추이에 따라 광을 이용한 CT,PT의 적용이 요구되고 있다. 이를 살펴보면, 먼저 광CT의 경우는 자기광학 효과를 이용하는 것으로, 이는 Class등의 불투명한 물질에 자계를 가하여 광을 보내면 광의 편광 방향이 자계에 비례하여 회전하는 현상이다. 전류에 의해서 발생하는 자계는 편광성분을 회전하게 되며 이 회전량을 측정함으로써 전류측정이 가능하다.



<그림 7 광전류계의 측정원리 >

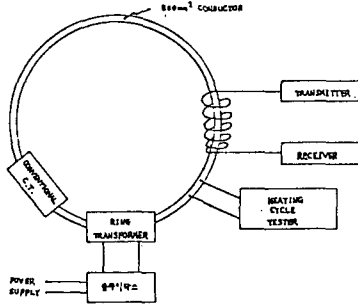
광 PT의 경우는 전기광학 효과를 이용하는 것으로, 이는 광학결정에 전계를 가해 광을 통과시키면 편광 방향에 따라 굴절률이 변화하는 이른바, 복굴절현상이 발생하고 이는 인가한 전계에 비례한다. 이를 포일스효과라고 하고 광PT 센서의 기본원리이다.



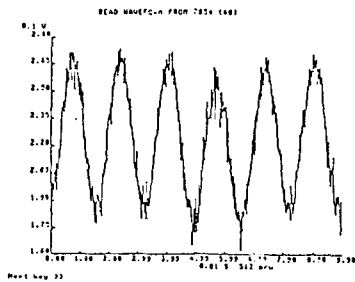
< 그림 8 광전압계의 측정원리 >

광이 결정내를 진행하는 속도는 굴절률에 역비례하고 이에의해 발생하는 위상차에 의해 편광의 상태가 변화되고 이를 검지하여 전압을 측정한다. 한편, 이러한 광CT,PT가 기존 CT,PT에 대체되거나 신설되어 현장에 적용시키기 위해서는 온도, 습도, 진동, 고전압 환경등의 조건에서 $\pm 1\sim 2\%$ 이내의 오차에서 측정가능해야 한다. 그림9는 복굴절이 적은 단일 모드 광섬유를 광CT센서로 사용하여 구성된 대전류 측정 장치이다. 여기서는 환경과 시간에 대한 측정오차를 줄이기 위해 광의 직류성분과 교류성분을 각각 검출하여 조정하였고 전류파형을 측정하면서 디지털로 표시하게 하였다.

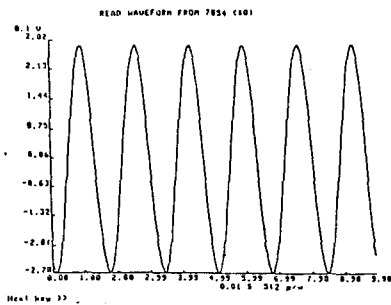
구성된 전류계는 고정용 전류계에 대하여 상대오차 +1%, -1.8% 이내의 범위에서 동작되는 결과를 얻었다.)



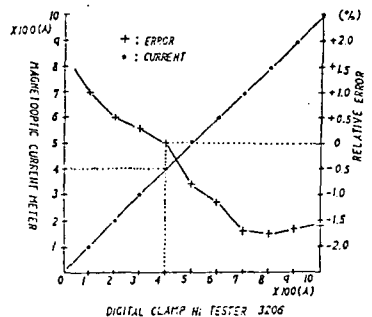
< 그림9 실험 구성도 >



< 그림10 Photo Detector에 의해 검출된 편광회전량 검출신호 >

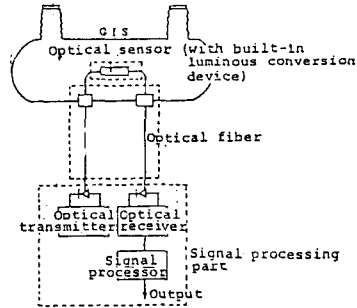


< 그림11 조정된 전류신호 파형 >



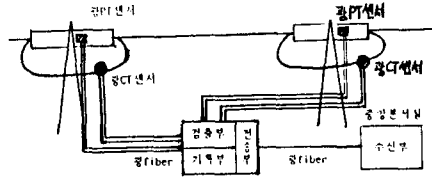
< 그림12 전류측정치 및 상대오차량 >

이러한 광섬유자체를 이용한 광전류계는 실제 현장에 적용할때 고전압 주위를 감아야한다는 단점이 있어 현재는 광결정(Crystal) 중에서 자기광학 및 전기광학 효과특성과 온도특성이 우수한 BSO(Bi₁₂SiO₂₀) 결정을 이용한 광CT, PT를 현장에 적용하는 연구를 하고있다. 이러한 광CT, PT의 응용분야로는 GIS변전소와 송전선의 사고검출 및 낙뢰관측 시스템등에 적용가능하며 향후 실제 현장에 적용되리라 예상된다.



< 그림13 GIS 변전소에 광CT, PT 적용기본 개념도 >

GIS변전소에 적용하기 위해서는 오차를 1% 이내로 측정해야하며 도체구에서 광섬유가 나오기 위해 커넥터가 부착되고 이때 SF₆ Gas가 빠져나오지 않도록 완전히 밀봉시켜야 한다.



< 그림14 광CT, PT를 이용한 송전선의 사고검출 및 낙뢰 관측 시스템 >

송전선의 사고검출 및 낙뢰관측을 위해서는 전류과형 및 인접한 센서들의 위상비교를 통해 센싱하며 이때의 측정오차는 2% 이내 정도면 충분하나 현장에 대한 장시간에 걸친 신뢰성 보장이 요구된다. 또한, OPCW의 부가가치를 높이기 위해서도 이러한 센서의 활용이 향후 기대되고 있으며 전력계통에 광시스템이 점차 확산되는 추세도 비추어 볼때 광CT, PT 센서의 현장적용은 조만간 가시화되리라 기대한다.

III. LASER 가공 시스템 및 관련 기술동향

1960년대에 레이저가 출현하여 선진국에서는 지금까지 여러가지 종류의 레이저가 개발되고 고출력화함에 따라 레이저를 이용한 가공기술도 급속히 개발되어 항공기, 자동차, 기계, 중공업, 전기, 전자, 임가공업등 산업 전반에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있다. 그러나, 국내에서는 최근에 와서야 비로소 레이저 가공에 대한 관심이 높아지고 품질향상 및 고생산성을 위하여 생산 현장에 적용하는 사례가 많아지는 활성화 전단계에 이르렀다고 보겠다. 따라서 본 장에서는 레이저 가공 시스템에 대하여 개략적으로 소개를 하고 그 관련 기술을 살펴 보고자 한다.

1. 레이저 가공 시스템³⁾

레이저 가공 시스템이란 고출력 레이저를 이용한 생산 시스템을 말한다. 그 구성은 아래 그림15와 같다.

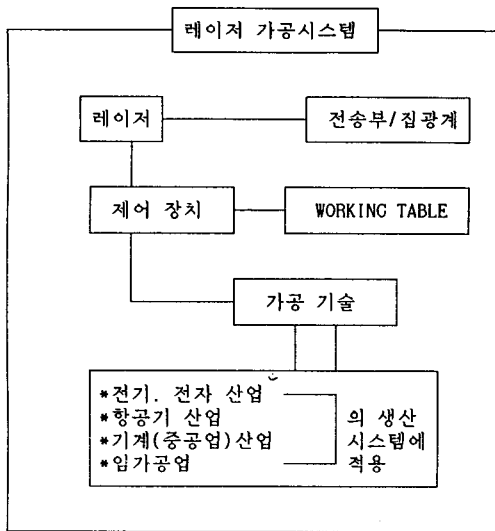


그림 15. 레이저 가공기 구성

가공에 이용되는 레이저(그림 16)중 고출력 레이저는 CO₂ 레이저와 Nd:YAG 레이저가 대표적이다. 일반적으로 CO₂ 레이저는 금속 절단 및 용접에 광범위 하게 그 응용 영역을 가지고 있으며 Nd:YAG 레이저는 금속의 미세 가공 또는 Marking 등에 이용된다.

종류	파장 (μm)	출력 (kW)	용도	구성비(%)
CO ₂	10.6	0.1 - 25	* 범용으로 사용 - 금속 절단, 용접 - 비금속 절단 - 마킹	65
Nd:YAG	1.06	0.05 - 1.5	* 미세가공용 - 금속 절단, 용접 - 반도체 가공 - 마킹	30
EXCIMER	0.16 - 0.35	0.1 - 0.5	* 초미세가공 - 반도체 - 회로반응	5

* 구성비 : '90년 세계시장의 금액대비

그림 16. 가공용레이저의 종류

금속 가공용으로 구성비가 가장 높은 CO₂ 레이저의 출력에 따른 응용 범위는 그림 17과 같다.

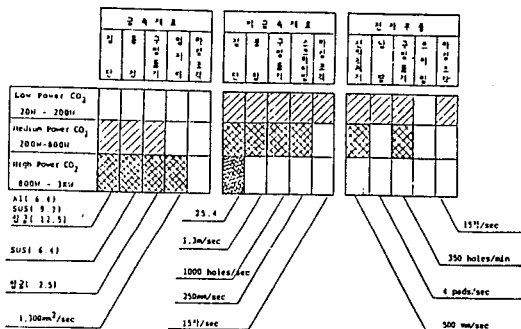


그림 17. CO₂ 레이저의 출력별 응용

CO₂ 레이저 가공기의 구성에서 레이저 빔을 발생시키는 레이저 발진기는 반사경으로 구성된 공진기, 기체공급 장치, 기체순환 장치, 전원 장치, 냉각 장치로 구성되어 있다(그림 18)

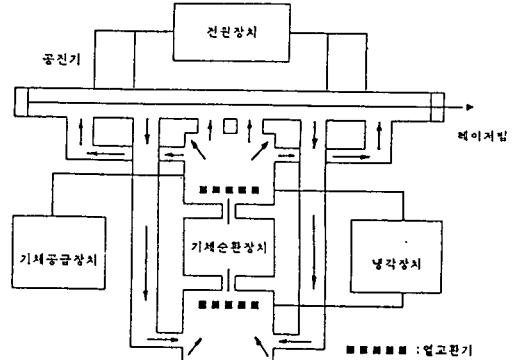


그림 18. 레이저 발진기 구성의 개략도

레이저 공진기는 레이저 빔을 발생 시키는 장치로 레이저 빔의 특성(빔 모드, 출력, 발산각 등)을 결정한다. 기체공급 장치와 순환 장치는 CO₂, N₂, He 기체를 Rotameter를 이용, 공진기 내에 적정 비율로 공급하며, Roots Pump 또는 Turbo Blower를 이용하여 방전 기체를 수백 m/sec 로 순환시키는 장치이다. 전원장치는 고전압 발생 장치와 펄스 발생 장치, CNC와의 연결회로 등으로 구성된다. 냉각장치는 레이저 빔 발진시 발생하는 열을 회수, 냉각시키는 장치이다.

가공기는 그 용도에 따라 레이저 빔이 정지하고 가공물이 이동하는 X-Y Table Type, 레이저 빔이 한 축으로 이동하고 다른 한축은 가공물이 이동하는 Hybrid Type 과 레이저 빔이 X-Y 축으로 이동하는 Beam Flying Type 등 세가지로 분류된다. 현재추세는 자동화 등과 관련하여 Beam Flying Type이 선호되고 있다. 레이저빔 전송부와 집광계는 반사경등을 이용하여 가공기까지 빔을 전송하여 피 가공물에 효과적으로 집광시키는 장치이다. 제어 장치는 흔히 CNC를 이용하여 레이저 발진기 및 가공기를 제어하며, CAD/CAM 을 부착, 자동화 등에 편리하게 되어있다. 4)

2. 가공 분야에 따른 레이저 가공 기술 5)

일반적으로 레이저 가공의 특징은 다음과 같다.

- * 다품종 소량 생산에 적합하다.
- * 공구의 접근이 불가능한 곳이나, 캡슐화된 투명한 내부의 재료 가공도 가능하다.
- * 고 정밀도 가공이기 때문에 열가공이면서도 열영향을 받는 부위가 작으므로 소재의 뒤틀림이나 수축을 무시할 만하다.
- * 견고하고 깨지기 쉬운 물질 (Glass, Ceramic 등) 도 가공이 가능하다.
- * 구멍의 직경대 길이의 비를 크게 할 수 있다. (재래식 방법으로는 구멍 직경대 길이의 비가 1:2 정도인 반면 레이저는 약 1:20 까지도 가능)
- * 서로 다른 특성의 두 재료의 용접이 가능하다.
- * 비 접촉 가공이므로 피 가공물에 힘이 가해지지 않아 마모가 없으며 가공방향에 제한을 받지 않아 자동화에 유리하다.
- * 기구의 설치 및 관리가 간단하고 기존 생산라인에 부착이 쉽다.

절단 가공 가능 재료의 대표적인 예로서는

- * 모든 금속 재료
- * Engineering Plastic, Acrylic
- * Ceramic 계통, 유리, 석고보드
- * 합성 피혁 제품
- * 종이, 나무, 합판
- * 섬유, 의복
- * 복합재료 등이 있으며

또한 용접의 경우 대표적인 예로서는

- * 석탄절단용 톱날 용접: SK5와 인조다이아몬드 용접
-강도 향상에 의한 수명증대 및 절단시 냉각불필요
- * WD-40용 알루미늄 캔 용접 - 표면의 내용 인쇄후 용접가능, 후 처리 공정 불필요
- * 자동차 트랜스미션의 싱크로기어용접, 라디에터용 폴리 용접 - 생산성 향상 및 자동화 기능
- * 모터의 라미네이트용접 - 리벳 방식에 비해 원가 절감 및 용접 후 변형신 불필요
- * 배기 파이프 용접, 딥드로잉 대형 판재 용접 불량률 감소 및 원가 절감
- * Strain Gauge Ass'y
- * Wave Guide
- * 텔레이 캔
- * 스위치 부품
- * 히터 부품
- * Tantalum Capacitor
- * Magnetic Granit
- * Exhaust Valve Ass'y
- * Lithium Battery Cam
- * 기타 소형 정밀 용접부품 등을 들 수가 있다.

특히, 레이저 가공 응용을 극대화 하기 위해서는

- 1) 레이저 가공에 최적인 레이저 가공기의 설계
- 2) 안정된 레이저 빔 특성
- 3) 작동상의 안전요소의 충분한 고려
- 4) 정량적인 가동원가 산정 등이 선결되어야 한다.

이상, 제반 레이저 가공 관련 시스템 및 가공 기술을 개략적으로 살펴왔다. 폐사에서 10여년간 레이저가공 시스템 연구에 쌓인 그 기반 기술이 한국 산업 전반 및 세계기술의 향상에 조금이라도 기여되기를 바라며 배전의 노력을 할것이다.

IV. 결론

본논문에서는 지난 10여년간 광산업 분야에서 금성전선이 기술개발하여 산업화한 분야에 대해서 중점적으로 소개하였다.

향후 국내 광산업 분야에 있어서는 일본, 미국등 선진국의 기술수준의 격차를 좁히기 위해서 산.학.연의 좀더 유기적인 연구활동이 절실히 요구된다고 볼수있다. 국내 종합디지털 통신망과 광가입자망의 전개, 생산 자동화의 확산, 도시환경의 고급화등의 추이에 따라 광기술을 적용하는 움직임은 더욱 고조되리라 예상된다. 이에 금성전선은 레이저 분야, 광통신 시스템, 광센서 분야등의 광기술 산업화 분야에 있어서 지속적인 연구 개발을 수행하고자 한다.

* 참고 자료

- 1) 최홍근, 송정태, 장근호, 금성전선연구소 "자기광학 효과를 이용한 디지털 대전류계의 설계에 관한 연구" 전기학회 전자공학회 계측제어연구회 합동학술연구발표 논문집, 1986
- 2) 實證試驗を 開始した 光CT/PT, OHM, 89/7
- 3) 김도열 : 레이저가공, 금성구미연수원, 1989
- 4) 해사기술연구소 : "초고성능 레이저 생산 시스템 개발을 위한 중장기 사업 계획서", 1990
- 5) David Belforte : "Industrial Laser anual Handbook", 1989