

	KSTAR 장치운영사업	개정번호: 0
	기술시방서 (Technical Specification)	발행일자: 22.11.22 페이지: 1 / 36

제 목 : 2nd 다채널 TCI 시스템 설계, 제작 및 설치





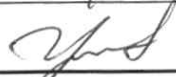
개정 이력

개정번호	개정일자	개 정 사 유
0	2022. 11. 22	2 nd 다채널 TCI 시스템 설계, 제작 및 설치 발주를 위한 최초 발행

관련부서 검토

소속/직책	성 명	서 명	일 자

작성, 검토 및 승인

구 분	소속/직책	성 명	서 명	일 자
작 성	플라즈마진단연구팀	전준우		2022.11.23
검 토	플라즈마진단연구팀	이광철		2022.11.23
검 토	플라즈마진단연구팀장	남용은		2022.11.23
검 토	고성능플라즈마연구부장	김은재		2022.11.24
승 인	KSTAR 연구본부장	윤서우		2022.11.24

목 차

1. 목적	4
2. 계약범위	5
3. 용어의 정의	9
4. 적용규격	9
5. 요구 사항	10
5.1 개발대상	10
5.2 일반사항	10
5.3 시험 및 검사	11
5.4 납품 및 설치	11
5.5 납품 후 유지보수	11
5.6 문서 제출	11
6. 기술사양	12
6.1 개요	14
6.2 요구사항	15
6.3 검사 및 성능 시험 사양	18
7. 시험 및 검사	20
7.1 적용범위	20
7.2 용어의 정의	20
7.3 계약자 자체 품질검사 요건	21
7.4 품질검사계획(Quality Plan) 제출 요건	21
7.5 구매자의 품질검사 요건	22
7.6 부적합사항 관리	23
7.7 공급자 불일치 사항 관리	23
8. 제출문서	24
8.1 적용범위	24
8.2 용어의 정의	24
8.3 일반요건	24
8.4 서류 및 도면의 제출	25
8.5 기록매체 제작 및 검사요건	26
8.6 품질증빙서류	27
9. 품질요건	27
10. 기타	27

붙임 1 : 공급자 불일치사항 처리 요청서	29
붙임 2 : Document Transmittal Sheet	30

붙임 3 : 시스템 설계서 -----	31
붙임 4 : 시스템 개발 완료 보고서 -----	33
붙임 5 : 검사 및 시험계획서 표지 -----	35
붙임 6 : 검사 및 시험계획서 -----	36

1. 목적

본 문서는 한국핵융합에너지연구원(이하 KFE)에서 운영 중인 차세대 초전도 핵융합 연구장치(이하 KSTAR)에 설치되어 있는 다양한 진단장치 중 이색간섭계 (Two-color Interferometer, 이하 TCI) 진단의 두 번째 장치를 설계하고 제작 및 설치를 위한 기술시방서이다. TCI를 포함한 모든 간섭계는 플라즈마 밀도 데이터를 실시간으로 제공해 줄 수 있는 핵심적이고 필수적인 진단으로서 KSTAR 실험의 성공적 수행에 매우 큰 역할을 하고 있다. 특히 NBI-2 등의 가열장치 추가 등 KSTAR 플라즈마의 성능이 고도화하고 펄스(pulse) 길이가 장기화하면서 진단 장치의 성능 향상 및 운전의 안정성에 대한 요구 역시 증대되는 상황이다. 실제로 TCI는 2017년에 최초 성능 검증을 시작으로 매년 레이저, 광학계, 검출기, DAQ 등 다방면에서 개선이 이루어지면 2022년 현재 총 5채널(+1 광학참조채널)이 안정적으로 플라즈마 밀도 데이터를 제공하고 있다. 특히 다채널 TCI의 밀도 데이터는 간섭계 특성상 기본적으로 선적분 데이터를 제공함에도 불구하고 상대적으로 간단한 역산을 통해 플라즈마의 밀도 분포 역시 제공하고 있으므로 한국뿐만 아니라 전 세계의 공동 연구자들과 데이터를 공유하며 각종 연구 결과 및 이론 분석, 시뮬레이션 등에 중요한 데이터를 제공하고 있다.

하지만 1.8 m의 주반경(major radius)과 0.5 m의 부반경(minor radius)의 KSTAR 플라즈마 형상을 5개의 채널 만으로 세부적인 정보를 획득하는 데에는 물리적인 한계가 존재한다. 특히 H-모드 및 ITB 모드 등 기본적인 L-모드 대비, 플라즈마 내부의 다양한 위치에서 국소적인 급격한 밀도 변화를 구현하는 것은 고성능 플라즈마를 연구하고, 추후 실증(demo) 장치 및 궁극적인 발전 장치의 성공적인 실현을 위해 반드시 필요하다. 따라서 국부적인 밀도 변화 및 분포에 대한 신뢰성 높은 상세한 밀도 데이터를 제공하는 것은 핵융합 발전의 성공을 위해서도 반드시 필요한 물리, 기술적 요소이다.

뿐만 아니라, 실제 장치를 운영하고, KSTAR 실험을 지속하는 과정에서 상대적으로 복잡하고 다양한 각 구성품들의 긴밀한 역할 수행으로 운전되는 TCI는 실험에서 필수적인 진단 장치이므로 일부 구성품에서 간헐적인 오류나 문제가 발생하는 것만으로도 KSTAR의 실험의 수행과 결과 분석에 큰 영향을 미칠 수 있다. 실제로 미국의 DIII-D의 경우 여러 채널 운전 시 각 채널별로 독립적인 레이저 및 단위 시스템을 구축하여 간헐적인 혹은 장기간의 오류 발생 시의 피해를 최소화하고 있다. 이와 동일한 관점에서, 현재 5개의 채널을 하나의 시스템 으로부터 분기하여 운영하고 있는 KSTAR TCI 역시 최소 1개 이상의 독립적인 장치가 반드시 필요하고 이는 수천 번의 실험이 반복되는 단일 캠페인 당 드물지만 한두차례 발생하는 데이터 손실마저 방지함으로써 KSTAR 실험의 진단 데이터를 끊임 없이 안정적으로 제공하는 데에도 큰 역할을 할 것으로 기대한다.

본 기술 시방서는 TCI의 두 번째 단위 장치를 설계하고 제작, 설치 및 성능시험 업무를 수행함에 있어서 필요한 전반적인 기술사양과 제반 조건을 규정하고 납품 일정, 구축 요건 등을 명시하기 위한 목적으로 작성되었다.

2. 계약범위

본 계약은 기술시방서에 명기된 2nd 다채널 TCI 설계, 제작 및 설치와 관련된 하드웨어(hardware)/소프트웨어(software)를 그 범위로 한다. 공급자는 본 기술 시방서에서 요구하고 있는 제반 조건 및 기준을 만족시켜야 하고, 기술 사항과 제반 기준이 서로 부합(符合)하지 않을 경우 발주자의 승인을 득한 후 관련 사항을 변경할 수 있으며, 발주자의 기술적인 요구 사항에 적극적인 협조를 하여야 한다. 본 제작 과정에서 발생하는 모든 기술내용, 노하우 및 결과물에 대한 소유권은 KFE에 귀속된다.

- 1) 계약자는 표 2-1에 기술한 간섭계 진단용 데이터 분석 시스템 규격사양을 만족하는 시스템을 제작하여 기능 검사를 완료한 후 정해진 기간 내에 발주자에게 제공하여야 하며, 제품의 사후관리를 제품의 보증기간 동안 수행하여야 한다.
- 2) 계약자는 표 2-1에 기술된 관련 프로그램들을 개발하고 발주사가 제공하는 하드웨어에 적용, 시험, 검사를 완료한 후 정해진 기간 내에 제공하여야 하며, 시험 및 품질 검사 관련 문서를 제출하여야 한다.
- 3) 계약자는 본 기술시방서에 명시된 구매 사양과 용도 설명을 숙지하고 구매할 실제 제품의 사양과 불일치를 발견하였을 경우 즉시 구매과정을 중단하고 발주자에게 사양 불일치를 통보하고 확인을 거친 후 구매를 진행하여야 한다.
- 4) 서류 제출 요건에 명시된 문서를 정해진 기간 내에 제출하여 발주자의 승인을 받아야 한다.
- 5) 계약된 내용의 일부를 제 3자에게 하도급 하고자 할 때는 발주자의 서면 승인을 받아야 한다. 위의 요건에 따라 하도급한 경우에도 본 계약조건은 동일하게 하도급자에게 적용되며, 계약자는 하도급자가 수행한 업무에 대하여 모든 책임을 진다.
- 6) 납기 : 계약일로 부터 22 개월
- 7) 납품 및 설치 장소 : 한국핵융합에너지연구원, KSTAR연구센터, 고성능플라즈마연구부, 플라즈마진단연구팀.

표 2-1. 계약 품목

순번	품 목	주요사항	수량	비고
1	레이저 광원, 검출기 및 광 학테이블 설 계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 적외선 레이저 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 μm 급의 안정적인 고출력 빔 확보 ✓ 10 -100W 급 ✓ 이산화탄소 CO₂ 레이저 선호 ✓ Scientific grade의 grating 포함 ✓ Water-cooled • 적외선 레이저 냉각 시스템 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 600W 급 이상 최대 냉각용량 ✓ 0.1도 미만의 정밀도를 확보할 수 있는 초정밀 냉각기 ✓ 냉각수 손실 시 인터락 설정 가능 • 가시광 레이저 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 700 nm 이하의 안정적인 빔 확보 ✓ 수백 mW 급 출력 ✓ DPSS 레이저 선호 • AOM <ul style="list-style-type: none"> ✓ 40 MHz 변조 기본 ✓ 개선된 성능 확보 가능 시 다른 주파수 선택 가능하나 기존 시스템에서 검증된 상기 주파수 관련 시스템이 연동되어 성능이 테스트되어야 함 • 빔합치기 (BC) 및 빔분배기 (BS) <ul style="list-style-type: none"> ✓ 요구되는 채널 수 (최소 5, 최대 12)에 해당하는 빔 분배기 설계 ✓ TCI의 원리를 구현하기 위해 적합한 Beam-Combiner (상기 적외선 및 가시광의 광경로 상호 합치) 확보 ✓ 특수 코팅된 ZnSe 광학계 사용 ✓ 적외선, 가시광선의 10 m 이상 거리에서 1 mm 이내로 일치된 광경로 확보 ✓ 그 외 광학계의 경우 고출력 레이저로 인한 손상을 방지하기 위한 금박코팅거울 사용 • 빔 정렬 시스템 <ul style="list-style-type: none"> ✓ BC, BS 및 그 외 거울들에 대한 광학 마운트 및 스테이지 ✓ Piezo-actuator 등을 활용한 원격 정렬 	1 sys	세 부 사양은 발주자와 의 협의를 통해 최신 개선된 성능의 제품 으로 선정 가능

		<p>시스템 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 측정빔 및 LO빔 등을 선택적으로 정렬하기 위한 전자식 셔터 설치 ✓ 원격 정렬을 제어할 수 있는 컨트롤러 및 호스트 PC <ul style="list-style-type: none"> • 검출기 (detector) <ul style="list-style-type: none"> ✓ 안정적이고 고반응을 부품 선정 ✓ 적외선 용 photovoltaic 추천 ✓ 가시광 용 photo-diode 추천 ✓ 최종 레이저 간섭 신호의 p-p 진폭 기준 최소 20 mV 필요 • 테이블 커버 제작 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 광학테이블 위의 고출력 레이저의 산란빔으로 인한 위험성을 최소화하기 위한 테이블 커버 제작 ✓ 손쉬운 개폐 등 작업의 편리성 확보 		
2	빔 수송계 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 빔수송계 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 각 레이저별 발산도(divergence)를 고려하여 최대 빔 사이즈가 각 위치별 광학 부품의 외경의 절반 이내 수준이 되도록 설계 ✓ KSTAR의 복잡한 주변 환경을 고려하여 설치 및 정렬, 유지 보수 등이 문제가 없도록 공간을 확보하여 설계 ✓ 광학테이블과 달리 기본적으로 표면이 강화된 은박코팅 광학계 사용 • 빔수송계 지지대 및 광경로 파이프 제작 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 설계된 광경로의 구현을 위한 구조물 설계 및 제작 ✓ 진동 노이즈 현상을 최소화하기 위한 견고한 지지대 및 데크 제작 ✓ 작업자 및 운전 시 안전을 위한 광경로 가이드 파이프 설치 (아크릴) 	-	제공 자료 : KSTAR 주변 CAD 도면
3	진공용기 내부 역반사경의 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> • 역반사경(retro-reflector)의 설계 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 채널별 위치 설정 ✓ 현재 설치된 가열장치의 위치를 고려하여 간섭이 발생하지 않도록 위치 조정 필요 (해당 가열장치가 분해될 경우 불필요) ✓ 플라스마 전체의 균등성, 혹은 바깥쪽(outboard side)의 세밀함 등을 고려한 위치를 발주자와 협의하여 결정 ✓ 기존 5개 채널을 포함하여 최소 10개 최대 12개 수준의 역반사경 확보 ✓ 증가한 수에 맞는 적절한 크기 및 		제공 자료 : 현재 설치된 역반사경 및 CVI의 상세 성능 및 도면 등 관련 자료

		<p>직경의 티타늄 역반사경 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> 진동방지장치(CVI)의 설계 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 현재 설치된 CVI의 원리를 기본으로 하여 신규 설계된 인접 역반사경과의 간격을 고려하여 소형화 ✓ 늘어나는 채널 수로 인한 작업의 어려움을 방지하기 위한 설치 및 유지 보수가 간단한 방식으로 개선 ✓ 설치 및 실험 과정에서 파손 발생 가능성을 최소화하는 견고한 구조 		
4	현장 설치 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> 현장 설치 작업 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 설계치와 최대한 동일한 위치 확보 ✓ 작업자의 안전을 최우선하며 발주자의 안전 관련 요구사항 만족 ✓ 주변 영향 최소화용 가림막 및 덮개 광학계 정렬 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 적외선 및 가시광에 대한 보안경 확보 ✓ AOM을 투과한 변조된 LO빔 확보 ✓ 가시광 및 적외선 빔의 일치 정렬 ✓ 최소 5개, 최대 12개의 설계된 빔에 대한 빔분배 정렬 ✓ 빔수송계의 각 위치별 광학계 중심 영역 활용 ✓ 진공용기 내부 역반사경의 빔 도달 ✓ CVI로 진동감쇄된 역반사경을 거친 측정(probing)빔의 광학테이블 도달 ✓ 측정빔과 LO빔의 합치 ✓ 가시광 빔과 적외선 빔이 각각 파장별 채널별 검출기로 도달 현장 검증 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 상기 정렬 과정에서 확인 및 재정렬의 반복 작업을 통한 검증 ✓ 적외선 및 가시광 빔의 일치 확인 ✓ 빔 수송 시 크기 및 위치 확인 ✓ 검출기 상에서 획득한 레이저 간섭 신호의 크기 확인 ✓ 플라즈마 비운전 시 수십 um 이내의 진동 발생 및 측정 ✓ 플라즈마 운전 시 수백 um 이내의 진동 발생 및 측정 		

3. 용어의 정의 (순서는 중요도 및 가나다 혹은 ABC 순)

- ◆ 발주자/주관기관 : 한국핵융합에너지연구원 (KFE : National Fusion Research Institute)
- ◆ 제작자/계약상대자: 발주자와 물품 구매/제작 계약을 체결한 자연인 또는 법인
- ◆ KSTAR 장치 : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research
KFE를 주관기관으로 운영중인 차세대 초전도핵융합 연구 장치
- ◆ TCI (Two-Color Interferometer) : KSTAR 실험을 위한
- ◆ AOM(Acousto-Optic Modulator) : TCI의 적외선 및 가시광 빔을 주파수변조하기 위한 장비
- ◆ CVI (Compact Vibration Isolator) : TCI의 역반사경을 지지하며 내부 진동의 영향을 최소화해줄 수 있는 진동방지장치
- ◆ DPSS (Diode-Pumped-Solid-State) 레이저 : 가시광 및 근적외선 영역대의 고출력 고체 레이저
- ◆ IF (Intermediate Frquency) : RF 와 LO가 만들어 내는 2차 주파수로서 본 문서에서는 측정 빔과 LO 빔의 간섭 현상을 통해 획득하는 중간주파수를 의미
- ◆ LO (Local Oscillator) : 광검출기에서 측정빔의 주파수를 변환시켜주는 변조된 주파수의 2nd Beam
- ◆ Probing Beam : 플라즈마 내부까지 침투하여 반응함으로써 플라즈마의 물성과 관련된 정보를 지니고 있는 빔
- ◆ Piezo-actuator : 압전소자를 활용하여 다양한 환경에서 높은 정밀도로 광학 마운트 등을 조정할 수 있는 기구
- ◆ 광학참조채널 : 다채널 TCI의 여러 채널 중 Probing 빔에 속함에도 불구하고 플라즈마 내부로 침투하지 않음으로써 레이저의 주파수 변화 등의 정보만을 가지고 참조 신호로 활용되는 채널
- ◆ 진공용기 : KSTAR 장치의 내부 공동 공간으로서 담당 부서의 허가를 득한 후 출입 가능. 작업 시간을 최소화할 수 있도록 설계 및 작업 공정을 면밀히 검토하여 진행.

4. 적용규격

- ◆ 특별히 명시하지 않는 부분은 각종 KS 규격을 적용하되 KS 규격에 관련항목이 없는 경우에는 JIS 또는 동등 이상의 규격 등을 참조할 수 있다.

5. 요구 사항

계약자에 대한 KFE의 요구사항은 하드웨어의 개발, 제작 및 설치, 성능 시험으로 구분되며, 제품의 보증 기간 내 유지 보수, 검사 및 품질 요건, 성능 검사를 나타내는 제반 문서 제출, 공급자 불일치 사항 관리 및 일정 등으로 구성되어 있으며 부분별 요구 사항은 다음과 같다.

5.1 개발대상

- ◆ 2nd 다채널 TCI 시스템 제반 시설 및 구성품

5.2 일반사항

- 1) 계약자는 계약 후 60일 안에 추진 일정 및 계약 진행 내역을 작성하여 발주처에 제출하고 아래에 명기한 사항이 포함된 착수 회의를 실시하여야 한다.
 - ◆ KSTAR 및 TCI 관련 도면 검토 결과
 - ◆ 각 파트별 개념 설계 및 고려 사항
 - ◆ 개념 설계도에 따른 부품 발주 목록 및 진행 상황 보고
 - ◆ 문제점 및 기타 진행 현황을 파악하는데 도움이 되는 사항
- 2) 계약자는 계약 후 지정 날짜에 해당 설계 문서 및 보고서를 발주처에 제출토록 한다.
- 3) 계약자는 개발 진행 중 기술적인 변경이 발생할 경우 반드시 발주자에게 통보하여 사전 승인을 득한 후 수행하여야 하며, 발주자의 요청에 따라 비정기적인 회의에 반드시 응해야 한다.
- 4) 계약자는 납품 시, 문서 제출에 기술한 해당 문서들을 함께 제출하여 발주처에 전달하여 승인 받아야 한다.

5.3 시험 및 검사

- 1) 구매 물품은 계약자는 제품 입수 후 제품의 모델명, 옵션 번호 등 육안 검사를 실시하고 운송 시 파손 여부 검사 및 기본 성능 점검 등을 수행한 후 시스템 구축에 사용하고, 제출 문서에 언급한 해당 문서를 제출하여야 한다.
- 2) 계약자는 검사 전 검사 및 시험계획서를 발주처에 사전 제출하여 승인을 득한 후 계획서를 바탕으로 검사 및 시험 절차를 수행토록 한다.
- 3) 검사 및 시험은 현장 설치 전 시스템 개별 시험과 현장 설치 후 통합 시험으로 나뉘며, 설치 후 시험에는 반드시 1회의 KSTAR campaign 기간 중 성능 검증 기간을 포함하여야 한다.
- 4) KSTAR campaign 기간 중 성능 검증을 위한 시험 및 검사는 발주처에서 실시하며,

필요 시 발주처의 요청에 따라 계약자가 함께 진행 할 수 있다.

- 5) 현장 설치 전, 후의 모든 검사 및 시험은 발주자의 입회하에 진행함을 원칙으로 한다.
- 6) 계약자는 검사 및 시험 결과 보고서를 작성하여 발주처에 제출하여 승인을 받아야 한다. 단 이 보고서에는 KSTAR campaign 중 성능 검증 결과는 포함하지 않는다.

5.4 납품 및 설치

- 1) 계약자는 하드웨어 납품 시, 제품이 포장, 취급, 선적 및 운송과정에서 손상을 입지 않고 안전하게 구매자에게 인도될 수 있도록 필요한 제반 조치를 취해야 한다.
- 2) 계약자는 소프트웨어 납품 시, 소스 코드 및 실행 바이너리를 포함한 전자파일을 CD-ROM 등의 매체에 저장하여 납품하여야 한다.
- 3) 납품 소프트웨어의 소스 코드는 충분한 코멘트를 작성하여 내용을 쉽게 파악할 수 있게 하여야 한다.
- 4) 계약자는 납품 시 설계 문서, 검사 및 시험계획서, 검사 및 시험결과 보고서 및 관련 자료를 인쇄물과 전자파일의 형태로 함께 납품하여야 한다.

5.5 납품 후 유지보수

- 1) 계약자는 납품 후 12개월의 무상유지보수 기간을 정하고 이 기간 중 발주자에 의해 발견된 하드웨어, 소프트웨어의 결함에 대해 별도의 비용 부담 없이 교체해야 할 의무를 가진다.
- 2) 단, 무상유지보수기간은 1회의 KSTAR campaign 중 성능 검증 시험 완료 후 6개월을 유지하여야 한다.
- 3) 계약자는 납품 후 무상유지보수 기간이 경과하였더라도 발주처로부터의 기술적인 문의에 대하여 성실히 응하고 필요시 자료를 제공할 의무를 가진다.

5.6 문서 제출

5.6.1 문서 제출 일반요건

- 1) 아래 모든 제출 문서는 전자파일 및 문서 형태로 제출하여야 한다.
- 2) 계약자가 제출하는 문서 및 도면은 계약요건에 따라 업무에 적용하기 전에 발주자의 검토를 받아야 한다.
- 3) 계약자가 제출하는 모든 문서에는 작성, 검토, 승인권자의 소속, 직책, 성명, 서명, 일자 등이 포함되어야 한다.
- 4) 회로도 는 Altium Version 13 이상 또는 호환 가능한 Tool로 작성되어야 한다.
- 5) 기구 도면은 Auto CAD Version 13 이상으로 작성하여야 한다.

5.6.2 제출 문서

1) 기술 문서

1-1) 시스템 설계서 : SDD (붙임 3 참조)

계약자는 시스템 제작 전 아래의 항목을 포함하는 시스템 설계서를 제출하여야 한다. 단 설계 문서는 설계 진행 단계에 따라 서로 다른 version을 가지는 문서로 나누어 제출할 수 있다. 설계 도면을 바탕으로 발주자 및 계약자는 상호 협의하여 최종 제작 도면 및 시스템 설계서(SDD)를 작성한다.

설계 도면

- ◆ 광학테이블 및 빔수송계 CAD 도면
- ◆ 광학테이블 상의 레이저 및 광학계 구성 도면
- ◆ 빔 사이즈에 대한 ray-tracing 결과
- ◆ 역반사경 위치 도면
- ◆ CVI 도면 및 특성 곡선

시스템 설계서 (SDD)

- ◆ 요건 규격서 (SRS)
 - 상기 설계 도면에 대해 발주자와 협의한 TCI 각 파트별 요구 조건 정리
- ◆ 시스템 설계서 (SDD)
 - 설계 도면 및 SRS를 종합하여 각 파트별 설계서 작성

1-2) 검사 및 시험 계획서 (붙임 5, 붙임 6 참조)

계약자는 5.3에서 언급된 시험 및 검사를 수행하기 위한 검사 및 시험 계획서를 제출하여야 한다.

1-3) 시스템 개발 완료 보고서 : SDR (붙임 4 참조)

- ◆ 최종 TCI 파트별 규격서 및 설계서
- ◆ 최종 CAD 도면
- ◆ 각 파트별 동작 및 기능 설명서
- ◆ 사용자 문서 : 설치, 운전, 유지 보수 관련 매뉴얼 등 관련 기술 서류

1-4) 검사 및 시험 성적서

2) 품질관리 증빙서류

- ◆ 계약자는 모든 작업이 완료되고 품질보증계획서의 요건에 따라 제품을 공급함을 보증하는 품질증빙서류를 구매자에게 제출하여야 한다.
- ◆ 일반적으로 품질증빙서류는 다음과 같다.
 - 부적합보고서(NCR), 공급자 불일치사항 처리요청서 (SDDR)종결분

- 일반규격품 적합성 인증서
(Certification of Conformance for CGI Dedication)
- 기타 품질검사계획에 의거 요구되는 서류 (공정별 절차서)

6. 기술사양

6.1 개요

KSTAR에 기존에 설치되어 있는 TCI와 기본적인 원리는 동일한 2nd 다채널 TCI 시스템을 개발하고자 한다. 기본적인 다른 간섭계(interferometer)와 달리 TCI는 진동 잡음 제거를 위해 그림 1과 같이 서로 다른 두 파장의 레이저를 사용한다. 따라서 상대적으로 복잡한 광학계 및 검출기 시스템이 필수적으로 요구된다. TCI는 가장 복잡한 구성과 규모의 플라즈마 진단 시스템 중의 하나이다.

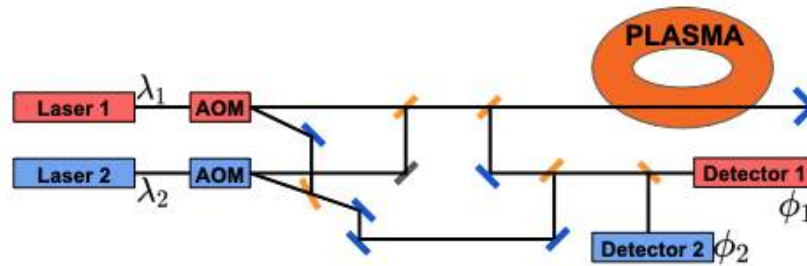


그림 1 TCI의 원리를 도식화한 개념도

각 레이저 빔의 위상변화값은 아래와 같은 수식을 통해 플라즈마 선적분밀도로 계산된다.

$$\overline{n_e} = \frac{\phi_1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \phi_2}{2.82 \times 10^{-15} \lambda_1}$$

여기서 $\overline{n_e}$ 는 선적분밀도, ϕ 는 전자기파의 위상, λ 는 레이저의 파장, 아래 첨자로 표시된 1과 2는 각각 서로 다른 두 대의 레이저로부터의 파장을 지칭하는 것으로서 KSTAR TCI의 경우 이산화탄소 레이저 및 DPSS 레이저를 뜻한다. 따라서 λ_1 는 10.6 μm , λ_2 는 위의 경우 660 nm의 파장을 가진다. 다만 레이저의 특성을 비교하여 상대적으로 더 좋은 성능을 지닌 장치가 개발되었을 경우, 유사한 영역의 다른 파장 레이저를 선택할 수 있다.

본 개발의 목표는 그림 2에 도식화한 현재 운영되고 있는 1st 다채널 TCI 시스템 중 필터와 증폭기 등의 증폭 회로 (Electronics) 및 FPGA 기반 위상비교회로를 포함한 DAQ 부분을 제외하고 상기 기술한 광학 관련 부분 전반을 개발하는 것이다. 이를 위해, 레이저 광학부, 빔 분배 및 빔 결합기, 빔 수송계, 역반사경 시스템 등을 설계하고 제작하여 KSTAR의 F포트 부근 현장에 데크와 함께 설치하여 성능을 테스트하는 일련의 과정이 수행되어야 한다. 각 파트별 상세한 요구 사항은 다음 절에 기술하였다.

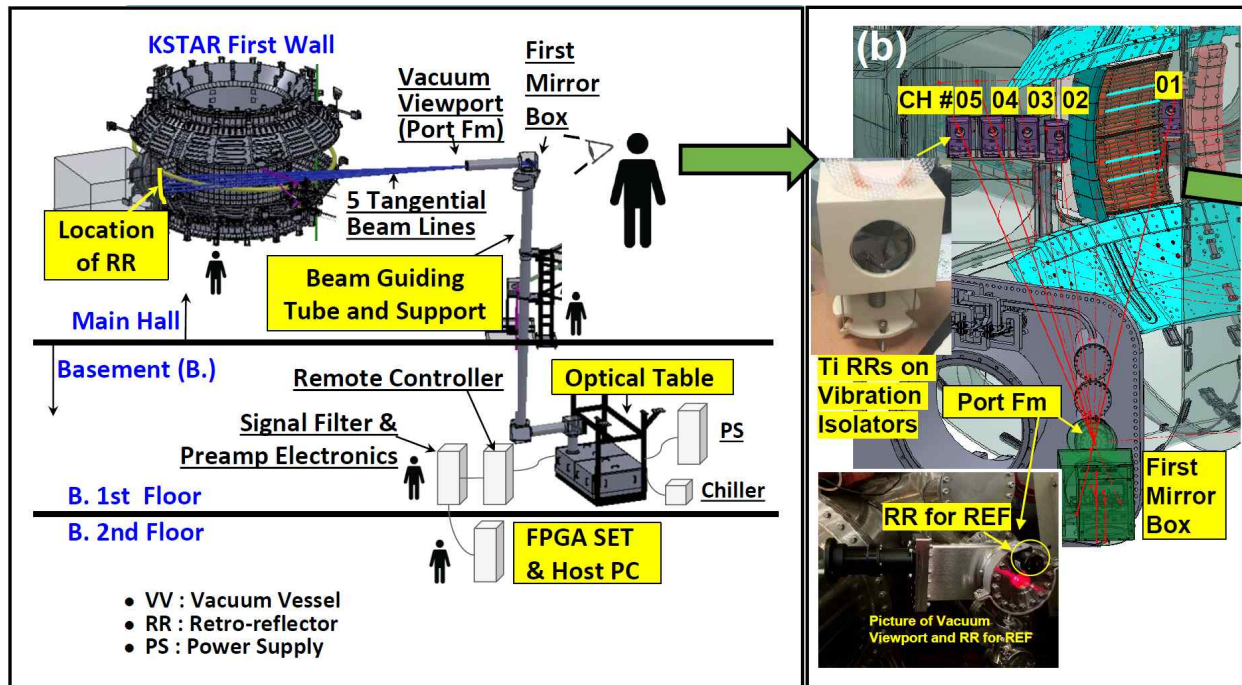


그림 2 (왼쪽) KSTAR 주장치실의 D0층부터 D2층까지 설치된 기존 1st 다채널 TCI 전체 3D CAD 구성도 및 (오른쪽) F포트 내부에 설치된 역반사경 및 각 채널별 빔의 위치

6.2 요구사항

발주사가 계약사로부터 요구하는 상세 사항은 아래와 같다.

6.2.1 레이저 광원부 개발

계약자는 TCI의 원리에 따라 서로 다른 두 대의 레이저를 제공해야한다. 관련 사항을 기술 품목 항에 기재하였다.

1. 적외선 레이저

- 최소 10 W 최대 100 W 급의 CW 이산화탄소 레이저
- 10 μ m 급의 중적외선 파장
- 레이저 내부 구성품으로서 Grating이 설치되어 있는 scientific grade 등급의 제품
- 레이저 온도를 최대 0.1도 미만 수준으로 정밀하게 제어할 수 있는 할 수 있는 칠러를 포함한 수냉식 시스템

2. 가시광 레이저

- 최소 10 mW에서 최대 1 W 급의 CW DPSS 레이저
- 공랭식 시스템으로 레이저의 1일 이상 안정적인 운전 가능한 장치
- 600 nm 급의 가시광 파장

3. AOM

- 상기 선택한 두 파장에 해당하는 서로 다른 두 대의 AOM 및 RF 전원

- 기존 개발한 회로 및 DAQ를 동일하게 사용할 수 있도록 40 MHz 주파수 선택
- 특정 사유에 따라 해당 주파수는 변경될 수 있음.

4. 레이저 및 AOM 정렬

- 상기 레이저 두 대에 대한 각각의 AOM을 정렬하여 0th order의 빔과 1st order의 빔을 각각 확보
- 각 파장별 0th order 빔과 1st order 빔의 경로를 각각 합치하여 측정 빔과 LO 빔을 확보

6.2.2 광학테이블 및 빔 분배기 개발

광학 테이블은 앞서 요구한 레이저를 포함하여 각종 광학계 및 검출기를 포함하는 다채널 TCI의 핵심 장비이다. 복잡한 다채널 TCI의 구성품들을 포함하기 위하여 가능하면 넓은 면적의 제품이 필요하며 한정적인 면적의 테이블을 효율적으로 사용할 수 있도록 광학계가 구성되어야 한다.

1. 광학 테이블

- 비자성체의 뒤틀림 없는 견고한 구조
- 외부 진동 영향을 최소화할 수 있는 안정적인 구조
- 고출력 레이저로부터 작업자의 안전을 확보하기 위한 테이블 커버
- 수시 유지 보수가 용이한 개폐 시스템

2. 빔 분배기

- 레이저 광원으로부터 이어지는 0th order의 측정 빔과 1st order의 LO 빔을 최소 6개 (5x측정 + 1개의 참조) 이상 최대 13개 (12 x 측정 + 1개의 참조) 채널 확보
- 빔 분배기를 지난 각 채널의 적외선과 가시광의 빔 경로가 최대한 유지되도록 정렬
- 각 채널별 빔 세기를 일정하게 확보하기 위한 다양한 비율의 빔 분배기 확보
- ZnSe 기본 substrate를 활용한 특수 코팅 빔분배기 다수 필요
- 그 외 평면 및 집속 거울의 경우 금박 코팅 거울 사용
- 빔 정렬을 위해 위치 조정이 필요한 광학계는 이송 가능한 스테이지 활용
- 신호 확보를 위해 핵심적인 역할을 하는 광학계의 경우 Piezo-electric actuator를 활용하여 원격으로 위치 및 각도 조정 가능
- 전체 광학 테이블의 각 위치별 기계식 셔터 설치 (설치 위치는 발주자와 조정)

6.2.3 빔 수송계 개발

빔수송계는 광학테이블로부터 발진된 레이저 빔을 플라즈마 진공용기 내부의 역반사경까지 정확한 위치에 입사하기 위한 광학 시스템 및 구조물이다. 따라서 TCI의 여러 구성요소들 중 가장 길고 규모가 큰 부분이다. 실제 도면 완성 후 제작 및 설치에 많은 시간이 소요될 예정이므로 특별히 도면 검토 및 완성에 많은 노력이 필요하고 발주자와의 긴밀한 협의가 요구된다.

1. 기본 미러 박스

- 비자성체의 뒤틀림 없는 견고한 구조
- 외부 진동 영향을 최소화할 수 있는 안정적인 틀

- 빔의 경로에 따라서 여러 대의 미러 박스 필요
- 빔 채널의 개수에 따른 여러 개의 미러들을 설치할 수 있는 크기
- 각 미러들이 흔들림 없이 고정될 수 있는 기계적인 견고함 및 안정성 필요
- 분해 및 조립이 용이해야 하며 프레임과 접촉 없이 개폐가 가능하도록 설계

2. 1st 미러 박스

- 기본 특성은 상기 기본 미러 박스와 동일
- F포트 직전에 설치될 최종 미러 박스
- 플라즈마를 바라보는 방향과 일치하는 경로 상에 최종 미러 설치
- 최소 5 m에서 최대 10 m의 초점거리를 가지는 집속 거울 설치

3. 데크 및 지지대

- 최종 확정된 빔 경로 상 미러 박스를 설치할 때 필요한 지지 구조물
- D2층의 바닥에 해당하는 콘크리트로부터 최대한 컴팩트하면서도 무거운 중량으로 실험 시의 진동 영향을 최소화할 수 있는 구조
- 작업자가 충분한 공간을 확보하여 작업할 수 있는 면적

4. 빔 가이드 파이프

- 고출력 레이저로 인한 주변 작업자의 안전을 확보하기 위한 빔 가이드 파이프
- 타 장치와의 간섭을 고려하여 최대한 큰 직경의 아크릴 재질의 파이프 사용
- 휘어짐으로 인해 빔 경로에 간섭이 발생하지 않도록 견고한 지지대 구축

6.2.4 역반사경 개발

역반사경은 수많은 TCI 시스템의 부품들 중 유일하게 진공 용기 내부에 설치되기 때문에 설계 뿐만 아니라 실제 제작 및 설치의 정확성 역시 매우 중요하다. 특히 실험 진행 중에 발생하는 다양한 고온 고진공 환경을 견딜 수 있는 아이디어가 필요하며 이를 위해 특별히 개발된 CVI 시스템의 개선도 필요하다.

1. 역반사경

- Ti (티타늄) 재질의 corner-cube mirror
- 기존 5채널 대비 많아지는 채널 수에 대응하기 위해 상대적으로 작은 부피의 개체 확보
- 역반사 빔의 경로 오차를 최소화하는 광학 성능
- 주변 housing 등을 포함하여 반드시 비자성체 물질로 제작

2. CVI

- 기존 CVI 시스템 구성 참고하여 더욱 소형화한 구조 요구됨
- 상대적으로 작아지는 부피와 가벼워지는 무게에 대응하기 위한 진동 감쇄 특성 변화 적용
- 수 Hz-수백 Hz 수준의 주파수 영역대에서 최대 감쇄가 일어날 수 있는 구조
- 설치 및 운영 시 파손 우려가 적은 구조 개발
- 전체 재료가 반드시 비자성체 사용

3. 하우징 및 지지대

- 다수 채널을 안정적으로 거치할 수 있는 지지대 제작

- 진공 용기 내부에 견고하게 설치
- 역반사경과 CVI를 설치 및 분해하기 용이한 구조 개발 및 공간 확보
- 비자성체의 재질을 기반으로 낮은 반사율 표면 처리

6.2.5 검출부 개발

모든 파트가 성공적으로 개발되고 설치되면 측정 빔은 역반사경을 통해 적절한 크기와 세기로 다시 광학테이블로 되돌아와야 한다. 이렇게 확보한 측정 빔은 1st order 빔으로써 광학테이블 안에서 적절하게 분배된 LO 빔과 합치되어 각 채널별 검출기로 도달하여야 한다.

1. 빔합치기 (Beam Combiner)

- 각 채널별로 되돌아온 빔은 빔 합치기를 통해서 LO 빔과 합성
- ZnSe 재질로 표면에 따라 적절한 비율의 반사 및 투과가 가능한 특수 코팅된 제품 사용
- 빔합치기 표면의 동일한 위치에서 측정 빔과 LO빔의 합성 중요

2. Dichroic 빔분배기 (Beamsplitter)

- 앞서 설명한 다른 빔분배기와 달리 해당 빔분배기는 적외선과 가시광선을 분리하여 각각의 파장에 따른 검출기로 이송하기 위한 부품
- ZnSe 재질로 표면에 따라 적외선과 가시광을 분리할 수 있는 특수 코팅 제품 사용

3. 적외선용 검출기

- 현재 사용하고 있는 photovoltaic detector 사용
- 최종 선정된 적외선 파장에 대해 noise 특성 및 응답특성이 더 좋은 다른 제품군 발굴 시 대체 가능
- 다수의 채널을 광학테이블에 구현하기 위한 소형의 부피 선호
- Video-bandwidth가 AOM 및 IF 주파수(현재 40 MHz)를 포함할 수 있는 빠른 응답성 선호
- 필요에 따라 집속 렌즈 및 거울 사용

4. 가시광용 검출기

- 현재 사용 중인 photo-diode 추가하여 사용 가능
- 응답 속도를 확보한 경우, 수광부 면적이 큰 검출기 선호
- 필요에 따라 집속 렌즈 혹은 거울 사용

6.2.6 상기 요구 사항을 실현하기 위해 계약사가 수행해야할 항목은 다음을 포함한다.

1. 주장치실 내 데스크 구조 변환 및 신규 데스크 혹은 구조물 공사
2. 다른 장치와의 간섭 여부 상시 체크 (토큰 진단 등)
3. 주장치실 출입을 위한 안전 교육 반복 수강 및 출입증 갱신
4. 고출력 레이저를 안전하게 다룰 수 있는 숙련도 확보

6.2.7 개발시스템 성능

1. 최소 5채널에서 최대 12채널까지 빔 경로 확보

2. 각 채널별 최대 빔 크기 50 mm 이내 수준 확보
3. 최소 1일 이상의 CW 모드의 연속 운전이 가능하고 0.1도 미만의 온도 조절 정밀도를 가진 냉각 시스템
4. 안정적이고 견고한 구조를 확보하여 실험 기간 중의 재정렬을 최소화
5. 유지 보수가 용이하며 정렬된 시스템에 영향을 최소화할 수 있는 구조
6. 소형의 티타늄 역반사경에 유입되는 진동을 최소화할 수 있는 개선된 CVI
7. Piezo-actuator를 활용하여 핵심 광학부품에 대한 원격 정렬 시스템
8. 레이저 간섭 현상의 검출기 신호 (40 MHz IF) 기준 수십 mV 이상의 크기

6.3 검사 및 성능 시험 사양

제작 장비는 24시간 이상 연속 동작이 가능하여야 하며 종료 및 재운전을 통해 365일 지속 운전도 가능하여야 한다. 이를 통해 KSTAR 플라즈마 실험 기간 동안 일정한 성능으로 동일한 결과를 제공할 수 있어야 한다. 이를 위하여 “6.2 세부내용”에 명시된 모든 기능 및 성능 검사를 수행함과 동시에 개발 시스템의 최대 성능을 측정하여 제공하여야 한다.

시험 방식은 KFE와 충분한 협의 후 절차서를 작성한 뒤 수행하며 시험을 위한 장비 및 환경은 계약사가 제공하도록 한다. 단, KSTAR와의 연계 운전에는 필요한 사항은 KFE가 지원하도록 한다.

시스템의 성능 및 기능 시험은 KSTAR 제어실험실에서 수행하며 수행 전 “검사 및 시험 계획서”를 KFE에 제출하여 승인을 득하고 KFE의 입회하에 실시하여야 한다.

7. 시험 및 검사

7.1 적용범위

- 1) 이 문서는 기술시방서에 명시된 대로 구매품목, 기자재 제작, 수리 또는 시공의 작업 공정에 대한 구매자의 품질검사권한, 검사진행요령, 계약자의 자체 품질관리 책임 등을 규정한다.

7.2 용어의 정의

- 1) 구매자
한국핵융합에너지연구원 (KFE) 또는 그의 위임자를 의미하며, 공사계약의 경우 발주자 로도 정의함.
- 2) 계약자
구매자에게 계약에 의거 기자재 및 용역을 공급하는 자 또는 공사계약을 체결한 자로서 이 시방서에서는 공급자, 판매자 및 하도급계약자 등을 포함함.
- 3) 품질검사계획(Quality Plan 또는 Inspection & Test Plan)
공급품목의 구분, 작업공정 설정, 적용서류의 명시, 검사자 입회점 등을 포함하는 서류로서 계약자가 작성하여 작업착수이전에 구매자의 검토를 받아야 함.
- 4) 입회점(Witness Point)
계약자가 작업을 진행하기 이전에 구매자에게 서면으로 입회검사를 요청해야 하는 중요 제작 및 시험검사 단계로서 그 입회검사결과가 만족하다는 구매자의 확인서명 후에 다음 공정을 진행할 수 있음. 다만 계약자가 구매자에게 입회요청을 명확하게 하였고 구매자가 입회할 의사가 없음이 확인되면 계약자 판단 하에 작업을 진행할 수 있음.
- 5) 필수확인점(Hold Point)
입회점보다 더 중시되는 제작 및 시험검사 단계로서 구매자가 입회하거나, 또는 구매자가 입회할 의사가 없음을 서류상으로 확인하기 전에는 해당 작업을 진행할 수 없음.
- 6) 출하승인서
구매자가 계획한 모든 입회검사결과가 만족할 경우 구매자가 계약자에게 발행하는 서류로서 제작공장에서 제품을 출하하기 위해서는 본 출하승인서를 사전에 발급받아야 함. 출하승인서는 품질증빙서류와 같이 기자재 인도시 구매자에게 제출되어야 하며 출하승인서가 없을 경우 구매자는 기자재 인도를 거부할 수 있음.
단, 구매자의 형편에 따라 출하검사를 생략할 수 있음.
- 7) 검 사
어떤 품목 또는 업무가 명시된 요건에 일치하는지를 확인하기 위하여 시험, 조사 또는 측정 등을 하는 행위로서 이 부록에서는 품질검사, 입회검사, 검사 등으로 표시됨.

7.3 계약자 자체 품질검사 요건

- 1) 계약자의 품질검사조직은 계약서 요건, 계약서가 요구하는 기술기준, 구매자가 검토한 설계서류 및 품질보증계획서 등의 요건에 맞는 품질검사업무를 관리할 수 있도록 해당 검사관련 지시서, 절차서 등을 작성하여 이행하여야 한다.
- 2) 품질검사 관련 업무에는 품질보증, 설계, 구매, 용접, 비파괴검사, 내압(수압, 공기압, 진공)시험, 성능시험, 포장, 취급, 선적, 운송 등이 포함된다.
- 3) 구매자의 검사 또는 공인검사를 받기 전에 계약자의 자체 품질검사가 선행되어 필요한 후속조치가 완료되어야 한다. 계약자의 자체 품질검사가 선행되지 아니하였을 경우 구매자는 검사진행을 거절할 수 있다. 다만, 압력시험 등 부득이한 검사공정의 경우에는 구매자와 계약자 검사인원이 동시에 검사를 진행할 수 있다.
- 4) 계약자는 원활한 구매자의 품질검사를 위해 구매자의 비용지불 없이 구매자의 품질검사자가 계약자의 해당 공장출입, 자료열람 및 검사장비 사용 등 관련 업무에 협조해야 한다.

7.4 품질검사계획(Quality Plan) 제출 요건

- 1) (제출 및 검토) 계약자는 공급품목(하도급 품목 포함)에 대한 제작, 수리 및 시공과 검사 및 시험공정을 자세히 기술하는 품질검사 및 시험계획(ITP)을 작성, 제출하여 제작 또는 작업착수 이전까지 구매자의 검토를 받아야 하며 구매자는 계약자 품질검사계획에 구매자의 품질검사점(입회점, 필수확인점)을 선정한다.
- 2) (기술기준의 준수) 품질검사계획은 계약요건에 의해 적용되는 모든 기술기준을 준수할 수 있도록 제작 및 시험검사 공정이 설정되어야 한다.
- 3) (작성방법) 품질검사 및 시험계획에는 최소한 다음사항이 포함되도록 해야 하며 양식 견본은 품질검사 및 시험계획서(붙임 1)를 참조할 수 있다.
 - ① 계약번호 및 계약명
 - ② 기기명, 기기번호
 - ③ 품질검사계획번호 및 개정번호
 - ④ 작업, 시험, 검사공정
 - ⑤ 공정별 적용서류(절차서, 도면 등) 및 개정번호
 - ⑥ 계약자 자체 입회점 및 필수확인점
 - ⑦ 구매자 입회점 및 필수확인점 표시란
 - ⑧ 검사결과 확인서명란
 - ⑨ 해당 공정의 품질보증기록 제출여부 등
- 4) 계약자는 구매자가 품질검사계획에 대해 승인하지 않은 상태에서는 제작공정을 진행해서는 안된다.

7.5 구매자의 품질검사 요건

7.5.1 일반요건

- 1) 구매자는 계약자와의 원활한 업무수행을 위하여 담당 검사자를 임명하여 구매품목의 제작 전에 계약자의 제작공장을 방문하여 필요한 사항을 협의할 수 있다.
- 2) 계약 체결 후 조속한 시일 내에 구매자가 제작 전 방문을 할 수 있도록 계약자는 구매자에게 연락하여야 한다.
- 3) 제작 전 방문은 구매자와 계약자간 업무편의를 위한 것으로서 제작 전 방문 시에 협의된 내용이 계약요건을 변경할 수 없으며 계약자의 책임을 면제할 수 없다.
- 4) 계약자는 구매자가 품질검사 점 선정에 필요한 자료 및 정보 제출을 요구 시에는 그 해당 자료를 구매자에게 제공하여야 한다.

7.5.2 제작 중 검사

- 1) 계약자는 구매자의 입회점이나 필수 확인점에 대하여 실제 작업 최소 5일전에 구매자의 담당 검사자에게 서면으로 입회요청을 해야 하며 다시 2일전에 구두로 확인해야 한다.
- 2) 입회검사요청서에는 계약번호, 계약명, 검사품명, 검사공정, 수량, 예정일자, 검사장소, 계약자 측 담당자 및 전화번호 등이 포함되어야 한다.
- 3) 제작, 시험, 검사에 적용하는 절차서, 도면 등은 계약요건에 따라 사전에 구매자기술투서의 검토 또는 필요시 승인을 받아야 한다.
- 4) 검사과정에서 부적합사항이 발견되면 해당 작업을 중단하고 필요한 시정조치 완료 후 필요시 구매자의 재검사를 받아야 한다.
- 5) 구매자는 검사결과가 만족한 경우에는 승인된 품질검사 및 시험계획(필요시 Traveller 포함)에 서명하고, 불만족한 경우에는 부적합보고서 또는 시정조치요구서를 발행하여 부적합 품목에 대한 시정을 요구할 수 있다.

7.5.3 출하검사

- 1) 계약자는 제품을 제작공장에서 출하를 하려면 아래사항에 대한 조치가 완결된 후 구매자의 출하검사를 받아야 한다
 - ① 출하품목에 관련한 설계, 품질서류의 제출 및 구매자 승인종결
 - ② 제작, 시험, 검사 및 감사 관련 지적사항 종결(NCR, CAR 등)
 - ③ 품질증빙서류의 완비(각종 품질검사 및 기록서류 등)
 - ④ 계약자 품질보증확인서(Certificate of Conformance) 발행
 - 재료인 경우에는 적용 기술기준에 따라 재료확인서 (Certificate of Compliance)를 제출해야 한다.
- 2) 상기 사항이 완료된 후 구매자에게 출하검사를 요청하여 그 결과가 만족하면 구매자의 검사자는 출하승인서를 발급하며 불만족할 경우 출하를 보류할 권한을 갖는다.
- 3) 출하승인서의 발급이 선적지시를 의미하는 것은 아니며 계약서에 명시된 별도의 인도일정 또는 구매자의 지시에 따라 선적을 해야 한다.
- 4) 구매자의 출하승인이 제품의 품질보증을 의미하지 아니하며 구매자가 출하 승인을

한 후 발견된 어떠한 품질문제점에 대한 책임도 계약자에게 있다.

- 5) 품질증빙서류 제출에 대한 세부요건은 구매시방서 서류제출요건에 따른다.

7.5.4 포장, 취급, 선적 및 운송관리

- 1) 품질검사계획에 포장준비, 포장 및 선적과정이 포함된 경우에는 구매자의 입회검사를 받아야 한다.
- 2) 계약자는 구매자의 출하 승인 후에도 제품이 포장, 취급, 선적 및 운송과정에서 손상을 입지 않고 안전하게 구매자에게 인도될 수 있도록 필요한 제반 조치를 취해야 한다.
- 3) 대형 중량물과 운송중 손상이 우려되는 품목은 필요에 따라 특별한 조치를 취하여야 한다.

7.6 부적합사항 관리

- 1) 계약자는 제작, 시험, 검사과정에서 부적합사항이 발견되면 즉시 해당 품목의 작업을 중지하고 품질보증 요건에 따라 처리하여야 한다.
- 2) 부적합사항의 처리과정이 다중의 작업공정, 검사 및 시험이 요구되는 경우 별도의 품질검사계획서를 작성하여 구매자의 검토를 받아 시행하여야 한다.
- 3) 부적합품목을 현 상태 사용(Use-As-Is) 또는 수리(Repair)하여 사용할 경우 구매자의 승인을 받아야 한다.
- 4) 계약자는 구매자가 승인한 내용에 따라 필요한 조치를 완료하고 구매자의 담당 검사자로부터 종결확인 서명을 받아야 한다.
- 5) 종결된 계약자 부적합사항보고서는 품질증빙서류에 포함되어야 한다.

7.7 공급자 불일치 사항 관리

- 1) 계약자는 계약 이행 과정 중 아래와 같은 구매시방서 요건과 불일치사항이 발생한 경우에는 불임3 양식의 “공급자 불일치사항 처리 요청서(SDDR; Supplier Deviation Disposition Request)”를 발행하여 구매자에게 제출하여야 한다.
 - 납품 물품이 구매 계약 요건에 맞지 않을 때
 - 공급자가 계약서상의 일부 내용을 변경하고자 할 때
 - 부적합사항에 대해 현 상태 사용(Use-As-Is) 또는 수리(Repair) 사용 시
- 2) 계약자는 공급자 불일치사항 처리 요청서가 종결되지 않은 상태에서 기자재(또는 용역 및 공사)를 출하할 수 없다.
- 3) 공급자 불일치사항 처리요청서는 부적합 사항보고서 (NCR ; Non-Conformance Report)의 처리수단으로는 가능하나 그 대체 목적으로는 발행할 수 없다.
- 4) 종결된 공급자 불일치사항 처리 요청서는 품질증빙서류에 포함되어야 한다.

8. 제출문서

8.1 적용범위

- 1) 이 시방서는 계약자가 구매자에게 제출해야 할 각종 서류, 도면 및 품질증빙서류 등에 대한 세부요건을 규정한다.
- 2) 계약서 본문(계약일반조건, 계약특수조건, 기술시방서 본문 등)에 규정된 요건은 이 시방서에 기술된 내용에 우선하여 계약자에게 적용한다.
만일, 이 시방서와 계약서 본문내용이 상호 불일치하거나 불명확한 내용이 있을 경우에 계약자는 구매자에게 통보하여 명확한 해석을 받은 후 이행하여야 한다.

8.2 용어의 정의

- 1) 구매자
한국핵융합에너지연구원 또는 그의 위임자를 의미하며, 공사 계약의 경우 발주자로도 정의함.
- 2) 계약자
구매자에게 계약에 의거 기자재 및 용역을 공급하는 자 또는 공사 계약을 체결한 자로서 이 시방서에서는 공급자, 판매자, 하도급 계약자 등을 포함함.
- 3) 서류
계약 이행을 위하여 계약자가 구매자에게 제출해야 할 설계, 구매, 품질, 사업관리업무 등에 관련된 계획서, 지시서, 절차서, 규격서, 도면 등을 총칭하는 말로서 좁은 의미로 사용 시에는 도면은 제외됨.
- 4) 품질증빙서류
품질보증활동결과 생산된 각종 시험, 검사 등의 관련서류를 종합 정리한 것으로서 계약요건에 따라 구매자에게 제출됨.
- 5) 품질보증확인서(Certificate of Conformance)
공급품목 또는 역무가 해당요건(계약서 및 계약서에서 요구하는 기술기준 등)에 만족하는 정도를 확인하도록 권한이 부여된 자에 의해 서명 또는 인증된 서류.
- 6) 재료확인서 (Certificate Of Compliance)
재료가 해당요건(계약서 및 계약서에서 요구하는 기술기준 등)에 만족하고 있다는 것을 입증하는 증명서.

8.3 일반요건

- 1) (계약자 의무) 계약자는 이 시방서에서 정하는 대로 계약 이행을 위한 각종 서류 및 도면을 구매자에게 제출하여야 한다.
- 2) (서류품질) 계약자가 제출하는 서류 및 도면은 정상적인 육안으로 판독이 가능할 수 있도록 작성 또는 복사상태가 양호해야 하며 재 복사 또는 전자매체 제작 등이 가능

한 상태의 품질이 유지되어야 한다.

- 3) (구매자의 검토) 계약자가 제출하는 서류 및 도면은 계약요건에 따라 업무에 적용하기 전에 구매자의 검토를 받아야 한다.
- 4) (서류식별) 계약자가 제출하는 서류에는 서류명칭, 서류번호, 개정번호, 작성일자 등이 명확하게 기재되어야 하며 서류의 각 면마다 서류번호, 개정번호, 페이지가 표시되어야 한다.
- 5) (서류번호) 계약서요건에 구매자가 제시한 서류분류번호 부여방법이 있을 경우 계약자는 이를 준수해야 한다.
- 6) (서류승인) 계약자가 제출하는 모든 서류에는 작성, 검토, 승인권자의 소속, 직책, 성명, 서명, 일자 등이 포함되어야 한다.

8.4 서류 및 도면의 제출

- 1) 계약자는 제작사양서 접수 후 아래에 명기된 사항이 포함된 제작 추진방안 및 추진 일정을 제출하여야 한다.
 - 설계, 제작 및 품질관리 방안
 - 추진 인력 편성표(인원, 경력 등)
 - 제작 공정표
 - 기타 관련 자료
- 2) 제작 전 아래 명기한 자료를 각 5부씩 제출해야 한다.
 - 제작도
 - 제작절차서
 - 검사 및 시험 절차서
 - 포장 및 운송절차서
 - 설치 절차서
- 3) 제작 기간 중 아래 명기한 자료를 제출해야 한다.
 - 제작공정에 대한 검사 및 시험 성적서
 - 주요공정의 제작 진행상황 사진
 - 각 공정별 제작방법 및 품질관리 기록서
 - 부적합 보고서
- 4) 매주 주간 진척사항 및 업무진행 상황을 문서로 작성하여 제출한다.
- 5) 완료 시 아래 명기한 자료를 각 5부씩 제출해야 한다.
 - 제작도면
 - 제작절차서(제작절차, 조립절차)
 - 검사 및 시험 절차서
 - 검사 및 시험 성적서
 - 설치 절차서
 - 주요공정의 제작 진행상황 자료
 - 각 공정별 제작방법 및 품질관리 기록서
 - 부적합 보고서

- 6) 자료 제출 일정
 - 제작 추진방안 및 추진일정 자료: 계약 후 10일 이내
 - 제작 전 제출자료: 계약 후 1개월 이내
 - 제작 중 제출자료: 협의 후 결정
 - 완료 시 제출자료: 설치완료 검사 후 제출
- 7) (자체검토, 승인) 계약자가 구매자에게 제출하는 모든 서류 및 도면은 계약서 및 계약서에서 요구하는 기술기준과 품질보증계획서에 따라 작성, 검토, 승인되어야 한다. 계약자가 자체승인하지 아니한 서류가 구매자에게 제출되어서는 안된다.
- 8) (용지사용) 서류에는 일반적으로 A4용지를 사용하며 도면에는 크기에 따라 A0, A1, A2, A3 등의 용지를 사용한다.
- 9) (전자매체의 사용) 구매자의 요청에 따라 전자매체를 이용한 서류를 제출하는 경우 이 전자매체는 관리기준이 수립, 운영된 것이어야 하며 검색가능(Retrieveable), 복사가능(Copiable), 재생가능(Reproducible), 이중보관(Duplicable) 등의 품질요건이 충족되어야 한다.
- 10) (제출) 계약자는 서류 송부 전(붙임 3)을 사용하여 서류 및 도면을 구매자에게 제출하여야 한다.
- 11) (재고기록) 계약자는 구매자가 제공한 품목의 물량에 대한 재고기록을 유지하고 구매자의 요청 시 재고기록보고서를 구매자에게 서면으로 제출하여야 한다.

8.5 기록매체 제작 및 검사요건

- 1) 기록매체(CD-ROM 등)에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)는 전자파일 그대로 수록하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) CD-ROM에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)의 Image File Format은 CCITT Group4 TIFF 압축 방식 또는 PDF(Portable Document Format)를 사용한다.
- 3) Image File은 화면 검색 및 출력 시 판독이 가능한 해상도(200DPI 이상)를 유지하도록 Scanning되어야 한다.
- 4) 도면 및 문서의 Image File 변환 시 Scanning 축척은 1:1로 하여야 한다.
- 5) 도면인 경우는 Multipage TIFF (1개의 이미지파일 내에 다수개의 페이지를 모두 포함시킬 수 있는 파일포맷)를 사용할 수 없으며, 문서인 경우에 한하여 Multipage TIFF를 사용한다.
- 6) CD-ROM에 수록할 경우 자료의 목록과 원문 이미지 데이터가 연계될 수 있도록 수록폴더명, 파일명(File Name) 등을 동일하게 부여하여 수록토록 하여야 한다.
- 7) 전자매체에 수록하여 보관되는 모든 기록물은 사업주 전산시스템에 등록 가능한 형태의 자료이어야 한다.
- 8) (기록검사) 계약자가 제출한 전자매체에 수록된 기록물은 구매자의 내부기준(수량 검사 및 파일 수록상태 검사, 화질 검사, 검색 연동성 검사 및 외관 검사, 표준 색인 목록 검사 등)에 따라 별도의 인수검사를 하여 전자매체 및 수록된 기록물의 품질이 불량하다고 판정 시에는 인수를 거절할 수 있다.

8.6 품질증빙서류

- 1) (제출요건) 계약자는 모든 작업이 완료되고 품질보증계획서의 요건에 따라 제품을 공급함을 보증하는 품질증빙서류를 구매자에게 제출하여야 한다.
- 2) (품질증빙서류의 종류) 일반적으로 품질증빙서류는 다음과 같다.
 - ① 자재/부품 목록[재료시험성적서 또는 재료확인서(Certificate Of Compliance) 포함]
 - ② 제작 중 발생된 각종 시험, 검사보고서
 - ③ 특수 작업 기록
 - ④ 부적합보고서(NCR), 시정조치요구서, 공급자 불일치사항 처리요청서(SDDR)종결분
 - ⑤ 최종 제작도면(Final Fabrication Drawing)
 - ⑥ 일반규격품 적합성 인증서(Certification of Conformance for CGI Dedication)
 - ⑦ 기타 품질검사계획에 의거 요구되는 서류 (공정별 절차서)
- 3) (편철) 품질증빙서류는 편철, 색인, 페이지 부여 등에 있어 찾아보기에 불편함이 없어야 하며 계약자의 책임자가 그 앞 페이지에 최종검토, 확인서명을 해야 한다.
- 4) (식별) 품질증빙서류의 바인더 앞표지에는 품목 WBS, 계약번호, 계약명, 기기명, 계약자 등의 필요한 식별표시가 되어야 한다.
- 5) (제출 서류의 소유권) 계약자가 구매자에게 제출한 서류 및 도면은 구매자의 소유이며 계약자는 제출한 서류 또는 도면의 반환을 요구할 수 없다.

9. 품질요건

- 1) 계약자는 설계, 자재, 제작, 시험 및 검사, 포장, 운송 등 계약상 모든 업무에 대하여 이 기술시방서의 요건에 따라 제작 및 설치 절차서를 작성하여 승인을 득한 후 이행하여야 한다.
- 2) 계약자의 업무 중 하도급 되는 부분이 있는 경우 하도급자에게도 동일한 본 기술시방서의 요건을 적용하여야 하며, 그 품질에 대하여 공급자가 책임을 진다.
- 3) 계약자는 2nd 다채널 TCI의 설계, 제작 및 설치 업무가 이 기술시방서의 제반 요건에 따라 완성되었음을 확인하는 품질보증 확인서를 제출하여야 한다.
- 4) 계약자는 발주자가 제한 없이 공급자 또는 그 하도급자의 설계 및 제작 시설을 출입하여 검사, 감사 및 감독하며 모든 관련된 문서를 검토 및 열람할 수 있도록 조치하여야 한다.


10. 기타

- 1) 2nd 다채널 TCI 장치의 제작 및 설치 완료 후 하자보증 기간은 기본적으로 1년으로 한다. 보증기간 경과 후에도 제작 결함으로 인한 경우에는 필요한 협조(기술자문)를 제공해야 한다.
- 2) 업무 수행 중 업무의 내용이나 설계 및 도면, 그리고 사양(specification) 등의 변경이

필요할 경우 이에 대한 사유가 기재된 사유서를 발주처에 제출하여야 하며 이러한 내용의 승인 여부에 대해 발주처는 15일 이내에 계약자에게 통보하여야 한다. 그리고 발주처가 위와 같은 업무내용을 변경하고자 할 경우에도 반드시 그 사유가 기재된 요청 사유서를 계약자에게 제출하여야 하며 계약자는 15일 이내에 발주처의 요청 내용에 대한 수용여부를 문서로 회신하여야 한다. 발주처와 계약자 간 합의 없이는 어떠한 도면, 사양의 변경은 불가하다.

- 3) 계약자는 본 사업의 수행과정에서 계약자가 설계 시 사용하거나 제공한 특허 또는 상품권으로 인하여 발생할 수 있는 어떠한 종류의 책임으로부터 발주자는 완전히 면책되도록 하여야 한다. 단, 발주자가 작성한 사양서 및 도면과 관련되는 사항은 제외된다.
- 4) 본 계약에 의거 계약자가 공급한 기자재 (Know-How 포함)가 발주처를 상대로 특허권 분쟁이 야기되었을 때, 이에 대한 모든 비용 및 손해는 계약자가 부담한다.
- 5) 계약자(하도급자 포함)는 본 사업의 수행과정에서 반출된 도면 및 기술자료, 습득한 제반 지식을 발주처의 사전 승인 없이 국내외 타 프로젝트에 임의로 사용하거나 반출할 수 없으며, 이로 인해 야기된 제반 문제에 대해서는 계약자가 모든 책임을 진다.
- 6) 본 사양서에서 언급하고 있는 제작품의 개발 및 제작에 관련된 모든 Know-how는 발주처의 소유로 한다.

붙임 2 : Document Transmittal Sheet

	Document Transmittal Sheet		FAX	
			TEL	
			E-mail	
Registration No : DR-Serial No.-WBS (받는곳에서 기입)			Filer	
	Name	Work Group		
From			TRANS. DATE	/ /
To			TRANS. NO.	DS-Serial No.-WBS (보내는곳에서 기입)
ATTN			WBS NO.	
CC			PROJECT	
<p>THE FOLLOWING DOCUMENTS ARE TRANSMITTED FOR YOUR :</p> <p> <input type="checkbox"/> Information <input type="checkbox"/> Approval <input type="checkbox"/> Review/Comment <input type="checkbox"/> Reference <input type="checkbox"/> Design <input type="checkbox"/> Quotation <input type="checkbox"/> Fabrication <input type="checkbox"/> Construction <input type="checkbox"/> Record <input type="checkbox"/> Technical Memo <input type="checkbox"/> _____ </p> <p>THESE DOCUMENTS ARE :</p> <p> <input type="checkbox"/> Draft <input type="checkbox"/> Preliminary <input type="checkbox"/> Final <input type="checkbox"/> Revision </p>				
No.	Document No.	Rev.No.	Q'TY	Description
Remarks :				
Distribution List :			Supplier Originator	
Organization Name	Division Name	Name :		
		Signed _____		
<p>Acknowledgement of Receipt :</p> <p> <input type="checkbox"/> Not Required; <input type="checkbox"/> Required; Please return a copy of this transmittal after signing bellow </p> <p>Received by : _____ Date : ____/____/____</p>				

붙임 3 : 시스템 설계서

	KSTAR 개발운영사업	개정번호: 0
	시스템 설계서(SDD) System Design Document	발행일자: . . . 페이지: 1 /

제 목 : ○○○○○○ ○○○○○○ 설계서

개정 이력

개정번호	개정일자	개 정 사 유
0	. . .	○○○○○을 위한 최초발행

관련부서 검토

소속/직책	성 명	서 명	일 자

작성, 검토 및 승인

구 분	소속/직책	성 명	서 명	일 자
작 성	담 당			
검 토	팀장 or 검토자			
승 인	부서장 or 승인자			

목 차

1. 목적	3
2. 범위	3
3. 기능규격	3
3.1 설계 요구 조건	3
3.2 설계개념 및 설계방법	3
3.4 시스템 구조	3
3.5 광학계 구성	3
3.6 빔수송계 구성	3
4. 상세설계	4
4.1 상세 도면.....	4
4.2 내부 광학계 도면	6
• • •	
5. 시스템 성능 시험 계획	7
5.1 조직, 일정, 자원, 책임사항	7
5.2 V/V 방법 및 기준	8
a) 필요한 시험 종류 및 순서 b) 시험 요구 단계	
c) 시험 수립 기준 d) 시험 체계에 대한 요건	
e) 예상 결과 f) 적합여부 판정기준	
g) 보고서, 기록, 표준형식 및 문서규약	
h) 불만족시 처리방법	
5.3 시험결과 적합성 평가방법	9
a) 레이저 출력 측정 결과	
b) 양 파장 레이저 합치 결과	
c) AOM 주파수 변조 결과	
• • •	
n. 참고자료	xx
n+1. 불임	xx

※ 보고서 목차 및 내용은 필요에 따라 협의 후 변경 가능함.

붙임 4 : 시스템 개발 완료 보고서

	KSTAR 개발운영사업	개정번호: 0
	시스템 개발 완료 보고서 (SDR) System Development Report	발행일자: . . 페이지: 1 /

제 목 : ○○○○○ 시스템 개발 완료 보고서

개정 이력

개정번호	개정일자	개 정 사 유
0	. . .	○○○○○을 위한 최초발행

관련부서 검토

소속/직책	성 명	서 명	일 자

작성, 검토 및 승인

구 분	소속/직책	성 명	서 명	일 자
작 성	담 당			
검 토	팀장 or 검토자			
승 인	부서장 or 승인자			

목 차

1. 목적	3
2. 범위	3
3. 기능 및 설계 사양	3
각 파트별 목적 및 기능에 따른 중점 제작 방안 및 최종 설계 요약본	
4. 상세 개발 내용	3
각 파트별 설계 사항에 따른 실제 제작 과정	
5. 성능 시험 결과	3
SDD의 시험 계획에 기준한 시험 결과	
시스템 통합 성능 시험	
n. 참고자료	xx
n+1. 붙임 1. CAD 도면	xx
n+2. 붙임 2. Ray Tracing 결과	xx
n+3. 붙임 3. CVI 특성 시험 결과.....	xx
n+4. 붙임 4. 운전 Check List	xx

※ 보고서 목차 및 내용은 필요에 따라 협의 후 변경 가능함.

붙임 5 : 검사 및 시험계획서 표지

Total ○○ Sheets

(with cover sheet)

품질 검사 및 시험계획서(ITP)

			
Document status			
<input type="checkbox"/> Approved. <input type="checkbox"/> Approved with comments. Work may proceed subject to comments noted. <input type="checkbox"/> Revise and resubmit. Work may not proceed.			
<u>Note</u>			
Approval or review hereunder shall not be construed to relieve Contractor of his responsibilities and liability under the Contract.			
Date	Approved	Approved	Approved

OWNER'S NAME : National Fusion Research Institute

PROJECT NAME : ○○○○○○○○○○○○○○○

DOC. NO. :

		- SAMPLE -			
0	...				
Rev. No.	Date	Descriptions	Prepared by	Reviewed by	Approved by

붙임 6 : 검사 및 시험계획서

<div style="text-align: center;"> <p>○○○○○ 개발</p> <p>검사 및 시험계획서</p> </div>			공 급 자 :				ITP No.		
			과 제 명 : (필요 항목으로 변경기재 가능)				개정번호 No.		
			조립단계 : (필요 항목으로 변경기재 가능)				Page of		
번호	공정	검사 및 시험종류	적용 규격 및 절차	검사주관				검사보고서 번호	비고
				시공업체		주관기관			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

주1) 검사주관에 검사점 기입 H : Hold Point, W : Witness Point, R : Review Point