

Photonic Crystal Fiber

세계 정보통신시장은 향후 수년간 광통신 및 광신호 처리 분야를 중심으로 폭발적인 수요가 늘어나 수천억 달러의 시장이 형성될 것으로 예상하고 있으며 각 선진국은 광섬유 소자 개발에 앞 다투어 뛰어 들 것으로 보인다. 국내적으로도 연간 1조원 이상의 광통신 관련 수요가 있을 것으로 전망되며 국내 전송용 광섬유시장 또한 2005년 이후 전 세계시장의 10%수준으로 성장할 것이 예상되고 있다. 이에 따라 기존에 DCF관련으로 삼성전자를 비롯하여 국내 중소 광섬유 제조업체들이 중심으로 개발에 뛰어 들고 있으나 특허문제로 생산에 차질을 빚고 있는 문제와 결부하여 현실적에서 중단하지 않고 장기적인 응용 가능성을 고려한 지속적인 연구가 요망된다.

편집자 주

I. PCF(photonic crystal fiber)의 기술개요

2. PCF구조

1. PCF(photonic crystal fiber)의 정의

포토닉 크리스탈은 일정한 결정구조를 이용하여 포토닉 밴드갭을 만들어낸 구조체이다. 반도체 영역에서는 전자가 일정 에너지 이상을 갖게 되면 balance band에서 conduction band로 이동(jump)하게 되는데 이때 두 band사이에는 밴드 갭이 존재하게 된다. 이처럼 일정한 주기성을 갖는 결정구조에서 특정 파장 범위의 빛이 결정을 투과하지 못하고 반사되거나 소실되는 영역이 존재하는데 이런 영역이 포토닉 밴드 갭으로 작용하게 되고 이런 광결정을 이용하여 광섬유를 제조하게 된다.

PC(photonic crystal)는 구조의 주기성에 따라 세 가지 형태를 갖는데 1차, 2차, 3차 구조의 결정 구조를 갖으며 크게 세 가지 응용성이 있다. 첫째는 일정 포토닉 밴드 갭내의 주파수를 갖는 빛을 반사시키는 반사거울로서의 역할을 하는 것. 둘째는 포토닉 크리스탈내에 동공을 만드는데 이것은 일종의 waveguide의 역할을 하게 되는 것이다. 셋째는 포토닉 크리스탈의 표면 상태를 이용하여 표면에서 외기로 나가거나 내부로 빛이 진행하지 못하도록 하여 결정체 표면에 빛을 가두는 역할을 하도록 한 포토닉 크리스탈의 특성을 이용하여 각종 광섬유 제조에 적용할 수 있다.

2.1 photonic crystal의 구조

2.2 PCF(photonic crystal fiber)구조

일반적인 광섬유는 단일모드 섬유와 다중모드 섬유로

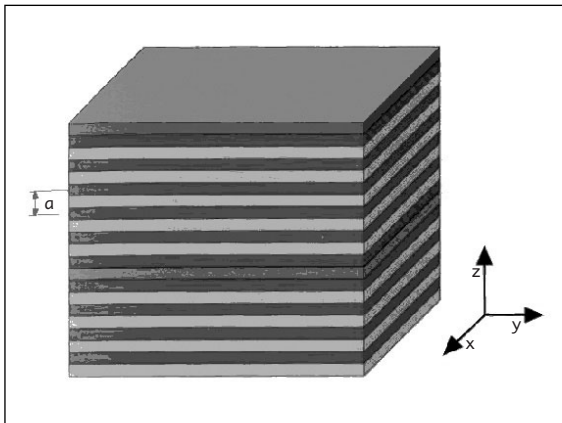


그림 1. 전형적인 1차 포토닉 크리스탈 구조

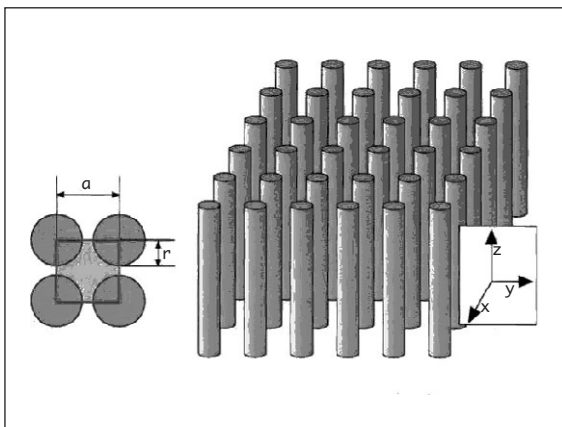


그림 2. 전형적인 2차 포토닉 크리스탈 구조

분류된다. 단일모드 광섬유는 하나의 빛의 전파 모드를 전파하도록 하므로 광 펄스가 서로 근접하게 놓여지고 광섬유에서 분사에 의한 영향을 덜 받기 때문에 더 높은 대역폭을 제공할 수 있다. 또한 큰 코어 직경을 갖는 다중모드 광섬유는 다수개의 빛 전파모드가 서로 다른 속도로 전파된다. 이와 같은 광섬유의 두 가지 형태는 섬유 코어를 따라 광자를 유도하는 TIR(Total Internal Reflection)에 따라 결정된다. 광자결정은 광도파관 구조를 통해 광자를 유도할 수 있는 또 다른 방법으로 TIR을 사용하여 광자를 유도하는 것보다 브래그 산란에 의존하여 빛을 유도하게 된다. PCF는 광섬유의 길이를 따라 hole 어레이가 내장된 투명 재료로 만들어진 클래딩을 포함한다. hole을 주기적

인 어레이로 횡으로 배열하고 클래드보다 낮은 굴절률을 갖는 재료로 충전되고 광섬유의 코어는 클래딩 주기성을 단절하는 투명한 영역을 포함한다. 통상적으로 코어 및 클래딩 양쪽은 퓨즈 실리카로 만들어지고 hole은 공기로 채워진다. 코어 직경은 약 $5\mu\text{m}$ 이고 hole은 약 $2\sim 3\mu\text{m}$ 의 간격을 갖는다. 광섬유의 공기 hole 직경이 hole 사이에서 충분히 작은 부분의 피치 또는 간격이면, 광섬유 코어는 단일 모드에서 광을 유도한다. 이것은 유전체의 굴절률이 일정한 격자상수를 갖고 주기적으로 바뀌도록 만든 구조에서 나타나며 주로 포토닉 크리스탈 광섬유는 2차원 포토닉 밴드 갭 구조를 이용한다. 그림 3은 2차원 포토닉 밴드 갭 구조로 형성된 광섬유를 개략적으로 도시한 것으로 광섬유의 코어 주위에 2차원 포토닉밴드갭 구조를 갖도록 제작했다. 주로 공기와 실리카의 굴절률차를 이용하고, 다양한 2차원 격자구조를 광섬유 모재에 형성하여 광섬유를 제작한다. 상기 2차원 포토닉 밴드 갭에서 해당하는 파장의 빛이 수평 입사된 어느 방향이든지 통과하지 못하고 반사되는 현상이 일어나게 되므로 마이크로 cavity로 응용하여 레이저 발진 또는 광도파로로서 가능하다. 또한 입사되는 모드에 따라서도 밴드 갭구조가 다르게 되어 편광기로서 응용할 수 있다. 따라서 현재 PCF는 광섬유 모재에 2차원 포토닉밴드 구조를 형성하여 섬유로 입사된 빛이 코어외부에 형성된 2차원 포토닉밴드갭으로 인하여 외부로 전파되지 못하도록 유도하고 장거리 전송 중에도 에너지 손실을 줄이는 동시에 광섬유의 bending으로 인한 손실방지에도 효과를 나타낸다.

2.3 PCF 특징

기존 광섬유는 내부 전반사를 이용하여 광을 도파하므

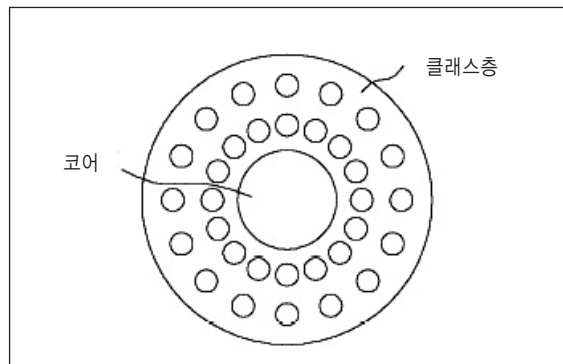


그림 3. 2차원 PCF

로 항상 손실이 있어 보통 60~80 km마다 광 증폭기가 필요하다. 하지만 광결정 광섬유는 전반사의 원인이 되는 코어와 클래딩의 굴절률 차이가 아닌 광자파 간격을 이용하여 광을 도파하므로 전반적인 특성이 다르다. 상기 그림에서 본 바와 같이 2차원 광결정으로 된 주변부분이 광자파 간격으로 인해 클래딩 역할을 하고 중앙부분이 코어 역할을 해 기존의 광섬유에서 발생하는 도파 손실을 획기적으로 줄인다. 또한 설계에 따라 색분산의 조절이 가능하고 도파모드의 도파 단면적을 조절할 수 있어 의학용 레이저에 적용 가능하며 비선형 효과가 매우 작아 장거리 광통신에 유용하다.

II. 분석기준

1. 분석대상 및 기간

본 보고서는 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 대한 한국·일본·미국 3개국의 1980년에서 2005년까지 출원 또는 등록된 특허를 그 분석대상으로 하였다(한국과 일본의 경우에는 1980 ~ 2004년까지의 출원, 미국의 경우에는 1980 ~ 2004년까지의 등록된 특허를 기준으로 함.).

2. 분석방법

본 보고서에서는 3개국의 특허에 대한 연도별, 연구주체별, 출원인별 특허량 비교를 통해 기술적인 점유율과 출원/등록 동향을 분석했다.

3. 분석건 수

본 보고서에서 대상으로 한 한국, 일본, 미국의 특허 건 수는 다음의 표1과 같다.

III. 특허동향

표 1. PCF의 기준연도에 따른 국가별 전체 특허건

국가	연도	특허량(건)	비고
한국	1980 ~ 2004년	38	출원
일본	1980 ~ 2004년	119	출원
미국	1980 ~ 2005년	118	등록

한국

1. 연도별 특허동향

아래 그림 4는 포토닉 크리스탈 파이버에 관한 연도별

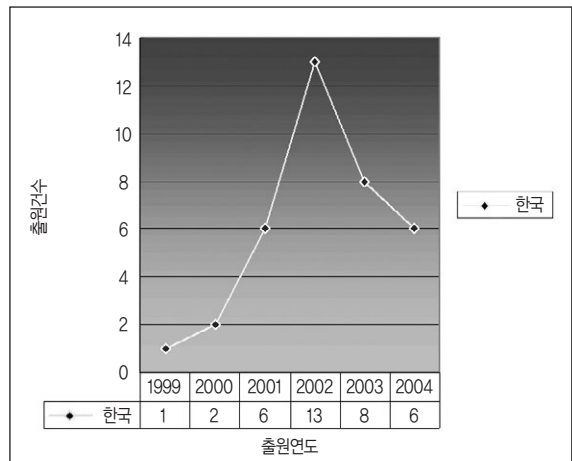


그림 4. 한국 연도별 출원량

특허 출원 동향을 나타내고 있다. 장거리용 실리카 광섬유나 단거리용 플라스틱 광섬유를 거쳐 저손실, 고용량 고속 정보전송을 위한 21세기에는 특수 광섬유에 대한 관심이 더욱 증폭되고 있다. 이에 국내에서도 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)관련 출원이 증가하고 있으나 전체적으로 출원량은 미약하다.

1990년대 중반부터 광자결정을 이용한 각종 소자 개발이 시작되면서 1998년에는 초고속 인터넷 서비스가 보급되고 2002년에는 가입자 수가 1,000만 명이 넘는 폭발적인 증가 추세를 보이면서 초고속망 확충 및 속도 개선을 위한 각종 통신 소자와 광섬유 관련 장비 개발을 지향함에 따라 광자결정 광섬유 관련 출원도 함께 증가하는 추세를 나타내는 것으로 보인다.

반면, 2000년대 중반에 들어서면서 랩탑이나 PDA와 같은 휴대용 컴퓨터 장비의 성장과 별도의 유선 연결 작업 없이 지속적으로 랜에 접속하고자 하는 소비자들의 욕구에 따라 랜에 대한 무선액세스 수요가 증가했다. 정부는 2.4GHz대역의 무선랜 통신서비스 시장을 인정할 영향 때문에 유선기반 기술에 대한 수요가 상대적으로 감소한 듯 하나 무선 랜의 보안상 문제나 초도비용 등의 단점을 보완하는 시기 동안이나 당분간은 기간망 확충을 위한 광섬유 관련 기술개발 및 새로운 특수 광섬유

개발은 지속적으로 이루어질 것으로 생각된다.

2. 국가별 특허 점유율

아래 그림 5는 PCF(광자결정 광섬유)에 대한 국내에서

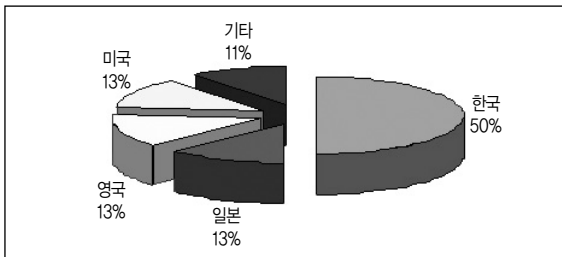


그림 5. 한국 국가별 출원비율

의 각국의 출원량과 그 비율을 나타내고 있다. 위에서 보듯이 국내 자국 출원량이 50%로 가장 높은 비율을 차지하고 있고 미국, 영국, 일본이 13%로 비슷한 수준을 유지하고 있으며, 11%인 기타부분은 대부분이 유럽 국가로 국내 전체 외국출원은 50%로 자국 출원량과 동등한 수준을 나타낸다.

산자부 광섬유 로드맵 자료(2001)에서 발췌한 표 2에서

표 2. 광통신 관련 국내 시장 전망

년	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
광전송장치(억원)	5,473	7,122	7,993	7,842	5,767	6,200	7,600
광선로(억원)	2,661	6,500	18,000	18,000	20,000	22,000	41,600

보이는 것처럼 국내 전송용 광섬유 시장은 국내 인터넷 수요 증가에 따른 과수요를 뛰어넘어 2002년 이후 꾸준히 증가하여 2005년 이후 전 세계시장의 10%대로 시장이 성장할 것으로 분석하고 있다.

3. 기업별 특허동향

아래 그림 6은 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한

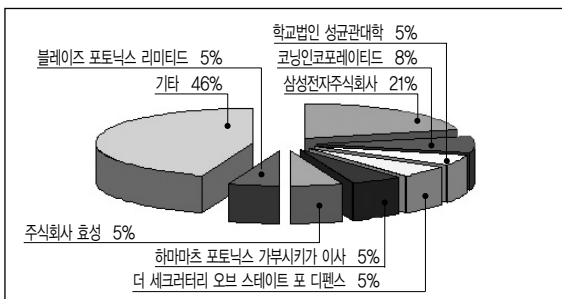


그림 6. 한국 기업별 출원비율

국내 기업별 출원비율을 나타낸 것이다. 국내에 출원된 기업별 출원량을 보면 삼성전자가 21%로 가장 출원량이 많고 그 외에는 코닝을 비롯한 다수의 외국계 기업과 국내 대학 및 연구소의 출원이 일정비율을 차지하고 있다. 현재에는 삼성전자가 2002~2003년에 걸쳐 집중적으로 광자결정 관련 출원을 보이지만 국내 PCF 관련 출원건수가 작고 다수의 외국계 기업의 국내 출원이 존재하고 있는 가운데 개별 출원건수는 작으나 전체 대비 외국계 기업의 출원분포가 많은 부분을 차지하고 있다. 아직 진출하지 않은 국외의 광섬유 제조 기업체의 특수 광섬유에 관련하여 지속적인 국내 진출 가능성도 배제할 수 없으므로 향후 국내 광섬유 생산 시장의 동향과 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)의 생산과 연계성을 주시할 필요가 있음을 예측해 볼 수 있다.

미국

1. 연도별 특허동향

아래 그림 7은 미국의 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에

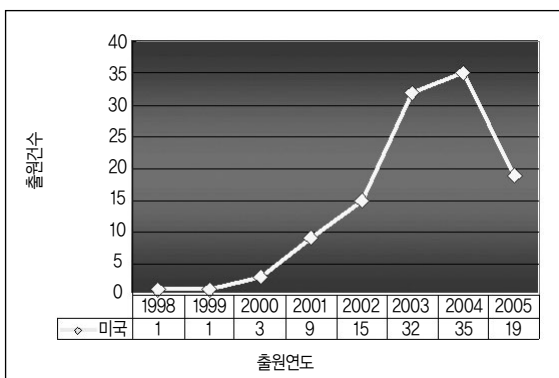


그림 7. 미국 연도별 등록량

관한 연도별 특허 등록 동향을 나타내고 있다. 미국의 광섬유 산업 또한 1998년 포토닉 분자에 관한 연구와 포토닉 분자로부터 포토닉 밴드 갭을 갖는 결정을 만들 수 있다는 연구결과 이후에 포토닉 밴드 갭을 이용한 특수 광섬유 개발에 투자하기 시작한 것으로 보인다. RHK자료에 의하면 광통신 시장에서 미국은 2003년 이후 해마다 25%이상의 성장률을 보일 것으로 예측하고 있으므로 앞으로도 지속적인 투자와 기술개발에 의한 전반적인 상승곡선을 나타낼 것으로 판단된다.

2. 국가별 특허 점유율

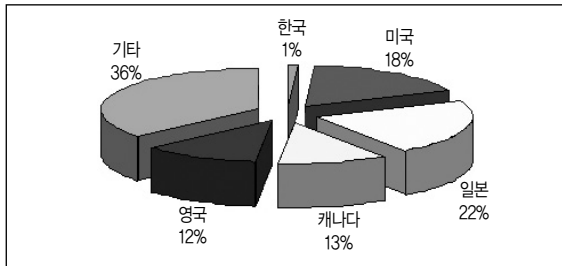


그림 8. 미국 국가별 출원비율

그림 8은 미국에 특허 등록된 국가들에 대한 비율을 나타낸 것이다. 위에서 보이듯이 미국 내에서 특허 등록은 미국과 일본의 등록량이 18%, 22%로 유사하고 영국과 캐나다의 등록량도 높은 것으로 나타났다. 따라서 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 대한 미국 내에서 외국계 기업 및 개인의 특허활동이 활발한 편이며 출원량도 꾸준히 증가하고 있어 미국 내 자국기업의 특허 점유율은 높지 않은 것으로 나타난다.

3. 기업별 특허동향

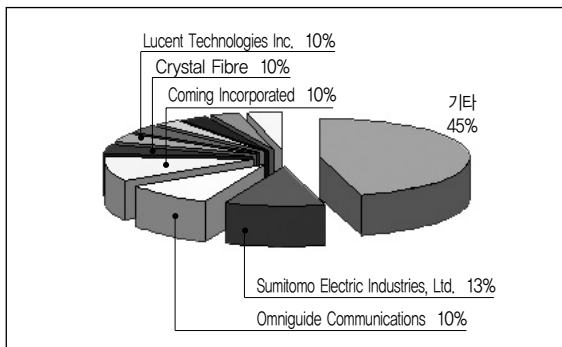


그림 9. 미국 기업별 등록비율

그림 9는 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 미국 기업별 등록비율을 상위 5개사와 기타그룹에 대하여 순서대로 나타낸 것이다. 미국의 기업별 등록비율을 살펴보면 Sumitomo가 11%로 가장 높고 Omniguidе Communications와 Corning이 10%, Lucent Technolоge와 Crystal fiber 및 Gazillion Bits가 4%를 나타내고 있으며 나머지 74%가 기타에 각 기업과 대학출원이 포함된다. 미국 내 출원을 보면 특별히 높은 특허 등록 점유율을 가진 특정 기업은 없지만 광통신 통신부품 생산업체와 광소자 제품 관련 기업체의 출

원이 주로 분포되고 있다.

일본

1. 연도별 특허동향

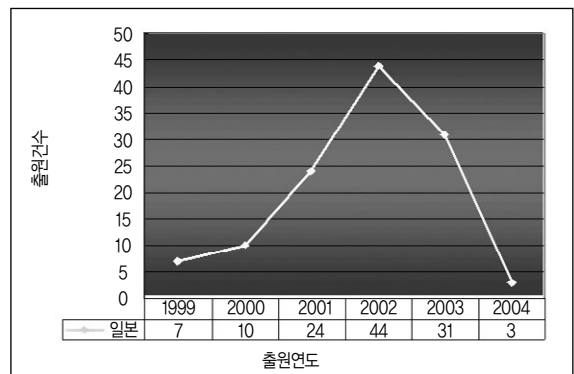


그림 10. 일본 연도별 출원량

그림 10은 일본의 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 연도별 특허 출원 동향을 나타내고 있다. 일본의 출원량도 한국, 미국과 추이가 유사하여 1999년부터 증가하여 2001년에서 2003년에 걸쳐 상승곡선을 나타내고 있다. 이것은 전반적인 세계 광섬유 시장을 포함한 통신시장의 흐름과 어느 정도 유사한 방향으로 가고 있는 것으로 판단된다. 일본 역시 2005년 현재 광통신 가입자가 30만 명을 돌파하는 등 관련시장의 확대가 예측된다.

2. 국가별 특허 점유율

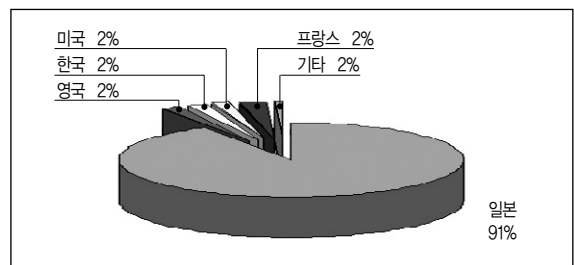


그림 11. 일본 국가별 출원비율

그림 11은 일본에 출원된 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 국가별 출원비율을 나타낸다. 일본 내 출원 비율은 자국내 기업의 출원이 91%로 가장 높고 외국계 출원은 각각 유사한 출원량을 보인다. 이는 한국, 미국 내 출원중 외국계 기업의 분포가 높은 반면 일본 내 출

원 중 외국기업에 의한 특허 출원량이 적은 것은 여러 가지 요인이 있겠지만 앞으로도 외국기업에 의한 일본 내 진출의 여지가 많아 주목할 만 하다.

3. 기업별 특허동향

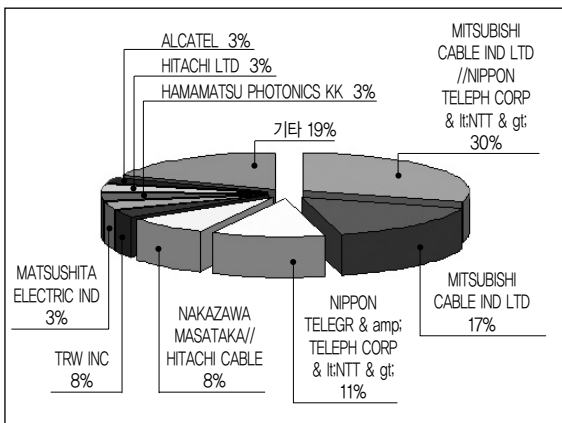


그림 12. 일본 기업별 특허출원비율

그림 12는 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 일본 기업별 특허출원비율을 나타낸 것이다. 일본의 기업별 특허출원비율을 보면 외국기업의 분포가 적은편이며 자국내 기업 중에는 MITSUBISHI CABLE과 NIPPON TELEGR 및 TELEPH CORP로 이어지는 공동연구 성과가 특허출원량으로 보면 가장 높게 나타난다. 이외에도 MITSUBISHI CABLE의 단독 출원이나 NAKAZAWA MASATAKA와 HITACHI CABLE 및 NIPPON TELEGR와 TELEPH CORP의 공동연구에 의한 특허출원량이 각각 8%, 11%로 나타난다. 이것은 일본 내 광섬유 시장에서 자본과 기술적인 협력에 의한 기술개발을 추진하고 있는 특징적인 면으로 생각해 볼 수 있다.

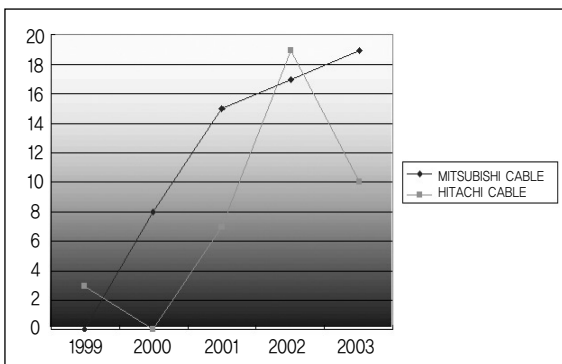


그림 13. MITSUBISHI CABLE과 HITACHI CABLE의 연도별 특허출원량 비교

그림 13에서 보면 일본내 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)의 다출원사인 MITSUBISHI CABLE과 HITACHI CABLE의 연도별 특허출원량에 있어서 양사가 1999년 이후 특허출원량이 전반적인 증가추세에 있고 다른 기업과의 활발한 공동연구를 통해 2000년대 중반 이후까지도 지속적으로 증가한 것으로 보인다.

IV. 전체 특허동향 및 분석

1. 전체 특허동향

1.1 연도별 전체 특허동향

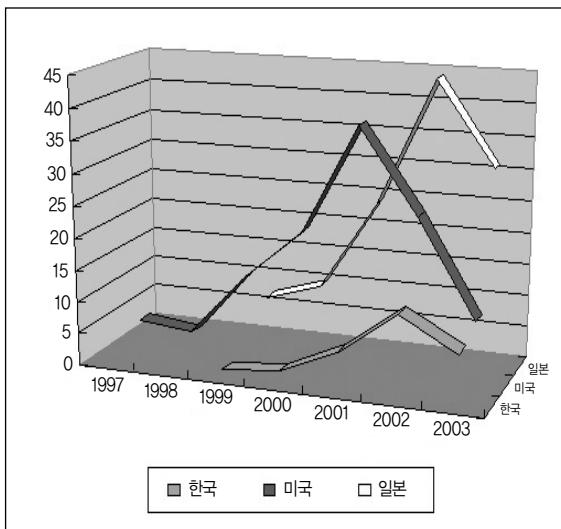


그림 14. 한·미·일 3국의 연도별 특허출원 동향

그림 14는 1980년에서 2003년까지 미국의 경우 등록 연도에서 2년 앞당긴 1978년에서 2003년까지의 특허출원 데이터로 바뀌게 되므로 3개국에 공통적으로 데이터가 존재하는 1980년에서 2003년까지의 구간을 분석구간으로 적용했다.

위 그림 14는 한·미·일 3국의 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 연도별 특허출원 동향을 나타낸 것이다. 여기에서 다른 국가와의 비교를 위해 미국 특허의 경우에는 등록연도에서 2년을 앞당긴 연도를 특허출원연도로 가정 특허출원 후 통상적인 심사기간을 2~3년으로 보고, 본 보고서에서는 미국 등록연도에서 2년을 앞당긴 연도를 미국 특허출원연도로 가정했다. 따라서 다른 국가와 함께 표시했다.

2. 분석

그림 14에서 알 수 있듯이 3개국 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 특허 출원은 1999년 이후 전반적으로 증가하는 추이를 보이고 있고, 전체적인 출원건수가 많지 않으므로 각국의 출원경향을 분석하기에 어려움이 있지만 미국과 일본의 출원 건이 2000년에서 2002년을 중심으로 상승하는 추세를 나타낸다. 전체적으로 봤을 때 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 특허 출원량은 한국과 미국 및 일본 전체에 있어서 전반적으로 유사한 분포를 나타내고 있다. 이것은 한·미·일의 고속 광통신 시장의 흐름과 성장과정이 유사하고 이에 따른 광통신 소자의 개발방향 및 과정도 유사하기 때문인 것으로 연관지어 볼 수가 있다.

각 국가별로 보면 미국 내에서는 외국계 기업의 출원율이 자국내 기업의 출원율과 유사한 것으로 미국 통신시장에의 진출 가능성을 가늠해 볼 수 있다. 일본 내 출원에서 외국계 출원 비율이 낮은 것은 데이터 특성상 자국내 출원을 제외한 국제출원을 통한 출원 데이터가 제외된 것에 따른 영향이 있는 것으로 판단되며, 자국 출원중 자국내 기업의 공동연구 비율이 높은 것은 주목할 만 하다.

V. 결 어

이상으로 한국, 일본, 미국의 PCF(포토닉 크리스탈 광섬유)에 관한 특허 출원/등록 동향을 살펴보았다. 세계 정보 통신 시장은 향후 수년간 광통신 및 광신호 처리 분야를 중심으로 폭발적인 수요가 늘어나 수천억 달러의 시장이 형성될 것으로 예상하고 있으며 각 선진국은 광섬유 소자 개발에 앞 다투어 뛰어 들 것으로 내다보고 있다. 국내적으로도 연간 1조원 이상의 광통신 관련 수요가 있을 것으로 전망하고 있으며 국내 전송용 광섬유 시장 또한 2005년 이후 전 세계시장의 10%수준으로 성장할 것으로 예상하고 있다. 이에 따라 기존에 DCF 관련하여 삼성전자를 비롯하여 국내 중소 광섬유 제조 업체들을 중심으로 개발을 하고 있으나 특허문제로 생산에 차질을 빚고 있는 문제와 결부되어 현시점에서 중단하지 않고 장기적인 응용 가능성을 고려한 지속적인 연구가 요망된다. 이와같이 PCF와 같은 나노 광결정 기술을 이용한 소자 개발은 차세대 전략과제로 미래 정보화 사회를 이끌어갈 원동력이 될 것으로 믿는다.



최재욱

한국특허정보원
조사분석3팀

한국특허정보원

본 보고서는 한국특허정보원 FORX 서비스 홈페이지(<http://www.forx.org>)에서 열람할 수 있습니다. 본 보고서는 한국특허정보원의 연구 결과물입니다. 본 보고서의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으며, 불법적으로 이용하면 법적인 제재를 받을 수 있습니다. 본 보고서에 대한 상세특허정보DB 또는 유사기술에 대한 특허동향보고서 신청 및 보고서 이용에 관한 문의는 한국특허정보원으로 연락하여 주시기 바랍니다.

주소 : 135-980 서울 강남구 역삼동 647-9 한국지식재산센터

전화 : 02) 3452-8144 (내선532)

팩스 : 02) 3453-2966

홈페이지 : 한국특허정보원 <http://www.kipi.or.kr>

특허정보조사서비스 <http://www.forx.org>