한국전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집 1997.

광섬유접속용 V-groove 제작 및 응용

V-groove fabrication and application for optical component connection

최영복 한국통신.선로기술연구소

Young-Bok Choi Outside Plant Technology Research Laboratory, Korea Telecom

Abstract

광부품, 광섬유 상호접속을 위한 각 재료의 V-groove 가공방법과 그 응용에 대하여 조사하고 직접 V-groove를 제작하였다. 각 재료의 V-groove가공에는 장단점이 있다. 따라서 광부품 또는 광섬유 접속시 각 재료의 사용환경에 의하여 가공방법을 결정해야한다. 본 논문은 광부품 상호접속을 위한 현존하는 여러 재료에 따른 V-groove 가공 방법과 그 응용에 대하여 고찰하였다.

[서론]

광섬유는 대용량의 정보를 전달할 수 있는 장점만 있는 것은 아니다. 광섬유는 그 특유의 물리적 특성에 기인한 단점도 가지고 있다. 그 중에 가장 취약적인 문제가 광섬유 또는 광부품 상호접속의 문제인 것이다. 광섬유 또는 광부품 상호접속의 문제는 동선과 다르게 광섬유 상호 정밀한 접촉에 의하여서만 행하여 질 수 있기 때문에 고도의 기계적, 물리적 기술이 필요하다.

광섬유 또는 광부품 상호 접속에 있어서 가장 중요한 점은 손실을 최소화하는 것이다. 이 손실은 광섬유의 단면상태, 광섬유의 정렬상태, 광섬유 축의 각도, 광섬유 코아의 축에 따라 변화의 폭이 클 수 있다. 대부분의 경우 광부품 접속은 상기 각 조건들 중에 광섬유의 정렬이 매우 중요하다. 단일 모드 광섬유에서 광섬유 코아의 직경은 8 μm 정도로 0.1dB의 손실을 갖기 위해서는 1μm이내의 정렬오차가 필수적이다. 본 논문은 광부품 상호접속을 위한 현존하는 여러 재료에 따른 V-groove 가공방법과 그 응용에 대하여 고찰하였다.

[본론]

광부품 접속을 위한 재료의 선택은 매우 중요한 문제로 재료의 특성, 가공성, 내구성, 사용환경, 경제성등 여러 가지 요인들을 종합적으로 평가하여 이루어져야 한다. 이러한 여러 인자를 모두 최상으로 만족하는 재료를 찾는다는 것은 매우 어려운 일이며, 그 중에서 인자의 중요도에 따라 적절한 타협을 이루어 응용에 제일 적합한 재료를 찾는 것이 중요하다. 한 예로 온도차가 빈번하게 발생하는 분위기의 광섬유접속인 경우 열팽창계수 차이에 의한 파단, 피로파괴 등을 고려하여야 한다. 또한 간과해서는 안되는 중요한 인자는 경제성이다. 설령 좋은 재료일지라도 제작에 많은 비용이 든다면 선택될 수 없다. 그러나 광부품 접속용 V-groove의 기판으로 사용될 여러 재료의

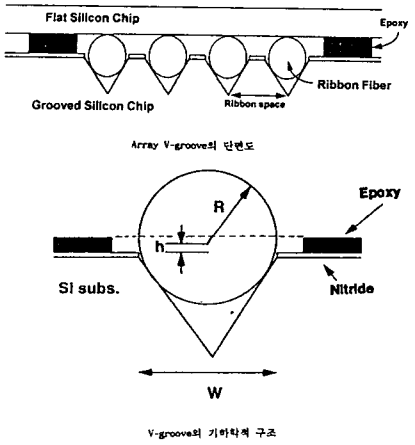


그림 1 광섬유와 V-groove의 정렬 구조

선택에서 가장 중요하다고 생각되는 점은 우선 광섬유의 정렬이 가능한 V-groove의 제작이 가능해야 한다. 그림 1은 광섬유와 광부품 접속의 한 예로 리본

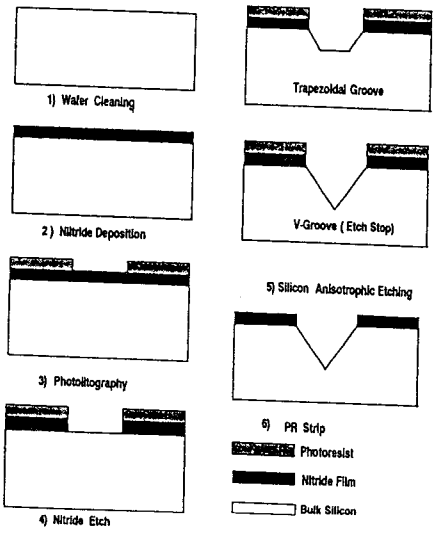
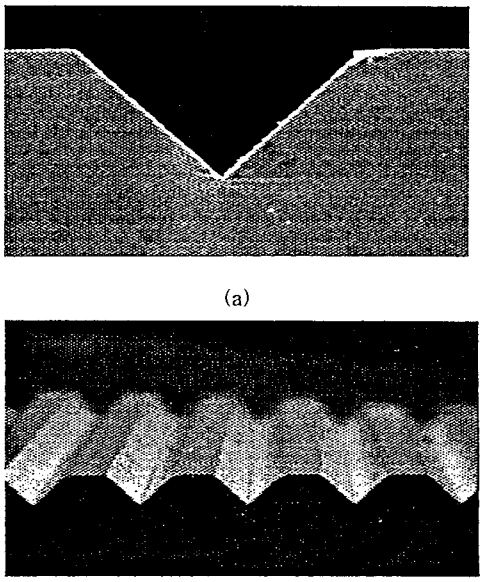


그림 2 실리콘 미세구조 제작 공정

광섬유의 Array된 단면 모습과 광섬유 코아의 V-groove 위에서 정렬 과정을 묘사한 기하학 구조를 나타낸 것이다. 이제 각 재료별로 가공 방법을 나누어 기술하고자 한다.

1 . 실리콘을 기판으로한 Wet Etching 방법

이 방법은 KOH 등의 용액에 의한 실리콘 단결정의 방향성 습식식각과 이를 이용한 미세가공 방법이다. 이 기술은 기판위에 정밀한 V-groove를 파고 그 groove에 따라 광섬유를 정렬하여 광신호 손실을 줄이기에 적합하게 되어있다. 생산성에 있어서는 4-8인치의 실리콘 웨이퍼에 같은 패턴을 동시에 여러개 넣어서 제작하므로 대량생산에 적합하다. 단점으로는 실리콘이 취성(brittleness)이 있기 때문에 깨지기 쉽다는 단점이 있다. V-groove 제작은 그림 2처럼 실리콘 가공공정을 거쳐 40%, 70℃의 KOH수용액에서 V-groove의 식각을 실행하였다. 식각율은 약 0.5μ



(a)

(b)

그림 3 a) 실리콘 V-groove의 단면 b) 실리콘 multi V-groove의 단면

m/min이고 240분을 식각한 결과가 그림 3(b는 리본 광섬유 접속에 이용)에 나타나 있다. 매우 양호한 V-groove를 얻을 수 있었다. 응용 분야는 평면광도파로(Planer Lightwave Curcit), 레이저-광섬유 접속, 광접속자등 매우 다양한 것으로 판단된다.

2. Ceramic 을 기판으로하는 V-groove 가공법

대표적인 세라믹재료 기판으로는 alumina (Al_2O_3), zirconia (ZrO_2)등이 있다. 제조방법으로는 산화물 분말제조, 판상으로 압축성형, 그리고 고온 소결(sintering)을 거친다. 이 방법은 고온소결 과정중에 groove의 모양이 변하기 쉬운 단점이 있다. V-groove 제작은 ZrO_2 세라믹을 성형한 후 소결 상태를 거치고

그림 4 세라믹 V-groove 단면

정밀 연마기를 사용하여 연마하여 V-groove를 제작하였다. 이 방법 역시 그림 4 처럼 양호한 V-groove를 얻을 수 있었다. 응용 분야는 $LiNbO_3$을 이용한 광변조기와 광섬유의 접속, 광접속자, 광커넥터등이 있다.

3. Aluminum을 기판으로한 Chasing방법

V-groove를 파기 위해서는 정밀 기계가공을 하여야 하므로 제작의 생산성에서 뒤떨어진다. 또한 이 재료가 힘에 약한 특징이 있어 변형이 쉽게 발생할 수 있다. 그러나 이 변형이 단점으로만 작용하는 것이 아니다. 이 변형을 이용하여 광섬유 접속 방법도 있다. TiO_2와 같은 이차 코팅을 증착법을 사용하여 하여 주면 단단한 V-groove제작도 가능하다. 그림 5는 이 방법으로 형성된 V-groove 모양이다. 응용 분야는

그림 5 알루미늄 V-groove 단면

광접속자에 가능하다.

4 . 에폭시 기판으로한 V-groove 가공법

실리콘에 비해 인성이 커서 충격에 강하며, 정밀 사출 기술로 제조하므로 대량생산이 가능해 제조 단가가 낮다. 방법은 크게 진공주형공법과 압축성형공법이 있다. 따라서 미세 가공에 의한 실리콘 V-groove의 정밀도를 갖는 정밀사출 기술이 있는 한 제일 경제성이 있는 재료라 하겠다. 응용분자는 고분자 광소자 재료의 기판, 광접속자가 있다

한편 각 재료의 열팽창계수는 Si과 A1의 경우 광섬유(10^{-7}범위)에 비해서 10배 정도 크고 (10^{-6}범위), 에폭시인 경우 100배 정도 크다 (10^{-5}범위) 이러한 열팽창에 의하여 소자에는 영향을 주지는 않으나 이런 열변형 때문에 광코아의 접속이 흐트러져 광손실을 일으킬 수 있다.

[결론]

여러 재료 모두 V-groove를 만들 수 있는 재료이었다. 세라믹의 V-groove기술은 광변조기 재료인 $LiNbO_3$ 와 광섬유간의 접속과 광커넥터의 페룰의 재료로 가장 유망하다. 알루미늄의 chasing 가공법은 groove를 파기 위해서는 정밀 기계가공이 우선되어야 하고 변형을 이용한 광접속자에 사용할 수 있다. 에폭시 V-groove는 현재 국내 소재합성 및 가공 기술 측면을 볼 때 어려운 점이 있으나 접속자에 적합한 재료의 개발과 이에 합당한 정밀 사출기술이 확보된다면 경제성, 생산성 면에서 유리하며, 현재 외국의 기술동향 측면을 볼 때도 유망한 재질이라 생각된다. 실리콘은 광섬유와 가장 유사한 재질이며 열팽창계수가 낮고, 현재 가공기술 측면에서 습식식각에 의한 정밀 가공기술이 있는 상태이므로 가장 가깝게 접근할 수 있는 우수한 재질이다. 또한 OEIC등 여러 소자와 한 칩 상에서 구현할 수 있고 손쉽게 리본 광섬유와의 접속도 가능하다. 그러나 이 실리콘도 취성(brittleness)에 등의 문제가 없는 것은 아니다. 따라서 광부품 또는 광섬유 접속시 각각 사용환경과 조건 등에 의하여 결정하여야 한다.

[참고문헌]

1. Generic Requirements for Optical Fiber Connectors And Connectorised Jumper Cables,Bellcore Technical Reference TR-NWT-000329, Issue 2, March 1991.
2. Test Methods Of Connectors For Optical fiber Cords, JIS C 5961,1990
3. Lightwave Splicing and Connector Technolgy, AT&T Technical journal, vol. 66, pp. 45-64, January / February 1987.
4. Single-Mode Ribbon Cable and Array splicing, conferance on optical fiber communication, san diego, technical digest, paper no. WJ2, p. 106, February. 1985