

Si V-groove를 이용한 광다이오드(PD)와 광섬유의

병렬연결에 관한 연구

이 옥°, 유봉안, 김성철, 이병호
서울대학교 전기공학부

A Study on Parallel Interconnection between Photodiodes and Fibers
using Si V-groove

W. Lee, B.A. You, S.C. Kim, B.H. Lee

School of Electrical Engineering, Seoul National University

Abstract

A simple coupling method between APD(avalanche photodiode) arrays and SMF(single mode fiber) arrays on a Silicon carrier composed of V-grooves is proposed and carried out. Jacketed fibers embedded in V-grooves are used as alignment marks instead of patterned pedestals or solder bumps and a optical receiver module are packaged.

I. 서론

광섬유 어레이와 광다이오드(PD) 어레이를 결합하는 방법에는 광섬유의 단면을 PD 표면에 직접 결합하거나, Si V-groove와 광섬유를 함께 45°도로 연마한 후 광섬유의 연마된 면을 반사 코팅하고 이를 PD 위에 고정하는 방법[1] 등이 있다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 <100> 실리콘 웨이퍼를 KOH로 비등방성 식각하여 V-groove들을 형성하고 한 면을 Au로 반사 코팅하여 광섬유로부터 나오는 광신호가 이 반사면을 통해 PD 어레이에 입사하는 구조로 공정하였다. 이 방법은 기존의 butt 결합방법에 비해 패키징이 용이하고 전치증폭기(pre-amplifier)를 포함한 광수신회로 및 전기적 회로들과의 평면적 결합에 유리하다[2]. 그리고, 광섬유를 결합 마크로 사용하여 광섬유와 PD의 결합에 이용하여 4-채널의 병렬 광수신단을 제작하였다.

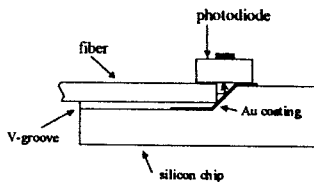


그림 1. 광섬유/PD 결합

II. V-grooved 실리콘 캐리어의 제작

실리콘은 제작 공정상의 용이성과 구조물 형태의 다양성 등의 많은 장점들 때문에 MEMS(Micro-Electro-Mechanical

Systems) 분야에서 구조물로 자주 이용되고 있다. KOH 용액에 대해 실리콘의 <100>면과 <111>면의 식각비가 400:1 정도이므로, 이를 이용하면 <100> 실리콘 웨이퍼에 직선형으로 마스크 패턴을 만든 후 습식 식각을 함으로써 54.74°의 경사면을 갖는 V-groove를 제작할 수 있게 된다. 보통 습식 식각의 보호막으로는 열산화 공정으로 제작된 산화막(SiO₂)이 사용되는데, 이는 막이 치밀하여 식각에 대한 보호력이 좋기 때문이다. 그러나, 낮은 온도에서 공정할 필요가 있거나, 두꺼운 산화막이 필요할 때는 CVD를 이용하여 산화막을 형성한다. CVD에는 APCVD(Atmospheric-Pressure CVD), PECVD(Plasma Enhanced CVD), LPCVD(Low-Pressure CVD)등의 공정이 있는데, APCVD는 빠른 증착 속도를 갖는 장점이 있지만, particulate 오염과 step coverage가 나쁜 단점이 있다. PECVD는 APCVD보다 step coverage가 좋으며, LPCVD는 증착률이 느리다. 그런데, 식각중에 KOH는 보호막인 산화막도 식각하기 때문에 넓은 폭의 V 홈을 제작하기 위해서는 두꺼운 산화막을 형성시켜야 한다는 제약이 있다. 따라서, 본 연구에서는 KOH에 대한 보호막으로 산화막보다 식각에 대한 내성이 좋은 Si₃N₄막을 사용하였다. V-grooved 실리콘 캐리어의 공정 순서는 표 1과 같다.

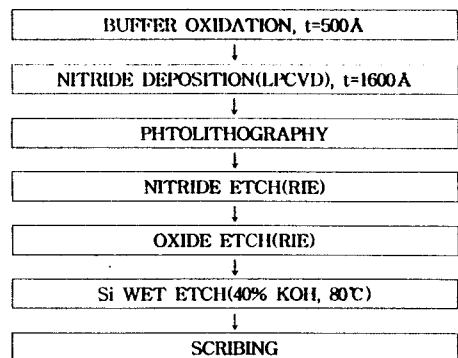


표 1. 공정 순서도

III. PD 어레이와 광섬유 어레이의 결합

본 논문에서 제작한 광수신단은 그림 2와 같다. 제작된 V-groove 기판은 4 채널용 광섬유 어레이를 엮기 위한 것과 V-groove 기판 위에서 광다이오드를 정렬하기 위해 사용하는 광섬유를 고정시키기 위한 것으로 구성되어 있다. 채널용 V-groove 어레이는 APD의 간격에 따라 750 μm 간격으로 제작되었고, 광섬유에서 나온 광신호가 V-groove의 경사면에서 반사하여 APD의 밑면을 통해 입사하므로 광섬유가 실리콘 표면에서 전부 다 잠기게 하기 위해 V-groove의 폭을 260 μm 로 하였다. APD 정렬용 V-groove는 200 μm 폭으로 제작하여 거기에 자켓을 벗기지 않은 광섬유의 중심이 실리콘 기판 위에 위치하게 하였다. 여기에서 사용한 광섬유는 단일모드 광섬유로 클래딩까지의 지름이 125 μm 이고 자켓을 포함한 지름이 250 μm 이다. 한편, 채널용 V-groove에서 반사면으로 사용하는 경사면들에 스피터링으로 Au를 코팅(coating)하여 반사율의 증대를 기하였다.

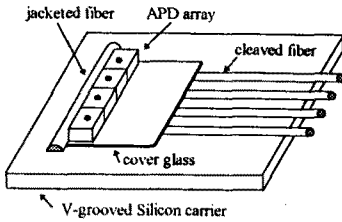
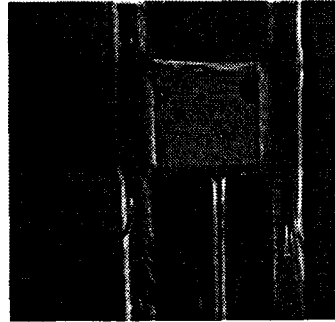


그림 2. 광수신단의 제작

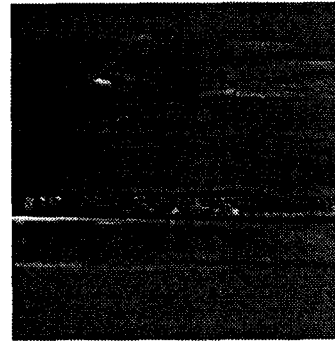
실리콘 V-groove 기판에 먼저 코팅을 벗기지 않은 광섬유를 고정하고 얇은 유리판 위에 제작된 APD 어레이를 여기에 밀어 맞추어 원하는 위치에 정렬하여 에폭시로 고정한 후 4개의 광섬유 어레이를 다시 유리판과 채널용 V-groove 사이에 밀어 넣어 고정시킨다. 사용한 UV-에폭시(epoxy)는 무색의 액체 photo-polymer로 장파장 영역에서 투과율이 매우 좋고, 350~380nm 영역의 자외선을 받으면 고형화하게 되는 성질을 가진다.

기존에는 광섬유를 레이저 다이오드(LD)나 광다이오드(PD)와 결합할 때 LD나 PD의 정렬 위치를 캐리어 기판 위에 마스크로 패턴링한 후 증착막을 형성하여 수동적으로 정렬하거나, solder bump에 의한 자기정렬 방법을 사용되었다. 그러나 증착막의 스트레스 등으로 인해 수 μm 이상 막을 증착하기가 어려워 정렬하는 소자가 클 경우 정렬마크로 사용하기가 어렵다. 광섬유를 정렬마크로 사용하면 증착막의 사진 식각 공정과정이 필요없게 되어 마스크가 한 장 줄어들고 정렬마크의 높이가 100 μm 이상이 되게 할 수 있어 한 광소자에 대한 정렬이 비교적 쉬워지게 된다. 그리고, 광소자의 정렬 오차가 결합효율에 큰 영향을 미치므로 기존의 방법은 정렬마크를 만들 때 세심한 photo-align 작업이 요구된다. 본 논문에서는 정렬용 V-groove

를 채널용 V-groove와 함께 KOH로 식각하는데 V-groove들 간의 폭이 틀리서 식각 종료시간이 각각 달라진다. 정렬용 V-groove에서 시간당 수 μm 이내로 overetch가 되지만 정렬용 V-groove의 폭이 광섬유의 중심이 캐리어 기판 위에만 나오게 하면 되므로 광소자의 정렬에 문제가 되지 않는다. 광섬유를 정렬 마크로 사용해서 광다이오드를 결합한 SEM 사진이 그림 3에 나와 있다. 그림 3 (a)는 APD를 세로방향의 정렬용 광섬유를 사용해 광섬유와 결합한 것이고, 그림 3 (b)는 4개의 APD 어레이를 가로방향의 정렬용 광섬유를 사용해 결합한 사진이다.



(a)



(b)

그림 3. 실리콘 반사면위에 정렬된 APD의 SEM 사진

(a) 한 개의 APD (b) APD 어레이

IV. 결론

본 논문에서는 PD 어레이와 광섬유 어레이를 결합하는 방법으로서 Si V-groove의 경사면을 반사면으로 사용하여 평면적으로 광결합하는 구조를 많이 주고 있다. 또한 광섬유를 정렬마크로 사용하여 비교적 간단한 공정으로 정렬이 가능함을 보여주고 있다.

※ 본 논문은 한국과학재단의 지원을 받은 것임
(과제번호 : 93-0100.10.31-3).

참고 문헌

- [1] Jackson, K. P., A. J. Moll, E. B. Flint, and M. F. Cina,
SPIE Pro., vol. 994, 1988, p. 40
- [2] B. Hillerich, A. Geyer, "Self-aligned flat-pack fibre-
photodiode coupling", *Electronics Letters*, Vol. 24, No. 15,
July 1988, pp. 918-919