

바이오칩 제작을 위한 DNA 시료 조작 정밀 로봇 시스템 개발 (V)

- DNA 시료의 실리콘 웨이퍼에의 점착 성능에 관한 연구 -

Development of Precise Robot System Operating DNA Sample for Manufacturing Bio chips (V)

- A Study of Performance Test for DNA Sample Spotting
on Silicon Wafer -

엄기남*	김찬수**	이영규*	김기대*
정회원	정회원	정회원	정회원
K. N. Eom	C. S. Kim	Y. K. Lee	K. D. Kim

1. 서론

바이오산업은 연구 및 생산물질의 획득을 위해서는 대량생산 체계를 갖추어야 한다. 그에 따라 생산과정에 자동화 시스템을 도입해야 한다. 이러한 생명공학 관련 자동화 시스템은 기계공학, 전자공학 및 생명공학 분야의 기술을 융합하여 하나의 시스템을 형성해야 하기 때문에 학제간의 융합기술이 필요하다.

본 연구에서는 바이오칩 제작을 위한 DNA 시료를 Silicon Wafer에 점착하고 그 성능에 관한 연구를 하는데 목적을 두었으며, 그 구체적인 방법은 다음과 같다.

- 1) 실리콘 웨이퍼 고정부를 설계·제작한다.
- 2) DNA 시료를 농도별로 실리콘 웨이퍼에 점착 성능 실험을 실시하고,
- 3) 실리콘 웨이퍼에의 점착 성능을 평가한다.

2. 재료 및 방법

가. 하드웨어 설계

1) 로봇 본체

본 연구에서는 엄(2005)등이 제작한 450×470×115mm의 3축 직교 좌표형 로봇 시스템을 이용하였다. 그림 1에 본 연구에 사용된 로봇 시스템을 나타내었다. 그리고 직경이 200mm인 실리콘 웨이퍼를 고정하기 위하여 그림 2와 같이 실리콘 웨이퍼 고정부를 설계·제작하였다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초사업의 연구과제의 일부분으로 수행되었음.

* 충남대학교 농생대 생물자원공학부 생물산업기계전공

** 충남대학교 농업과학연구소

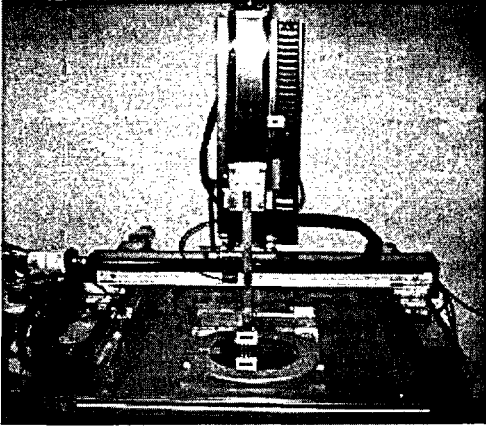


Fig. 1 The photo of the robot system for DNA spotting.

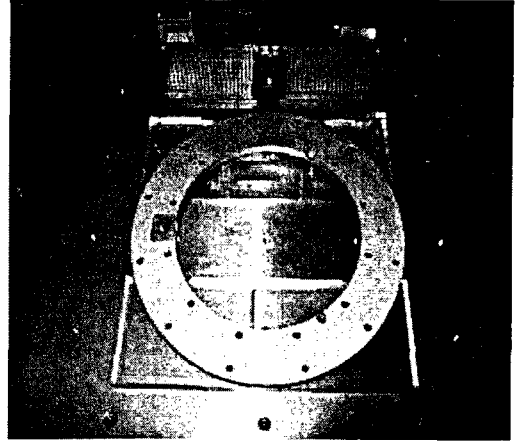


Fig. 2 The photo of plate for fixing Silicon Wafer.

2) DNA 점착 헤드

DNA 점착헤드는 시료에 녹아 있는 DNA를 핀에 묻혀 실리콘 웨이퍼에 점착하기 위한 장치로 윗 덮개부, 윗 자석 받침대, 자석, 핀 지그 그리고 핀 부로 구성되어 있다. 본 장치는 핀 부에 DNA 시료를 묻힌 후 실리콘 웨이퍼에 DNA를 점착할 때 일정한 힘으로 누를 수 있도록 자석의 반발력을 이용하였다. 그림 3에 DNA 점착헤드(엔드-이펙터)를 나타내었고, 그림 4는 실리콘 웨이퍼에 DNA를 점착하는 사진이다.

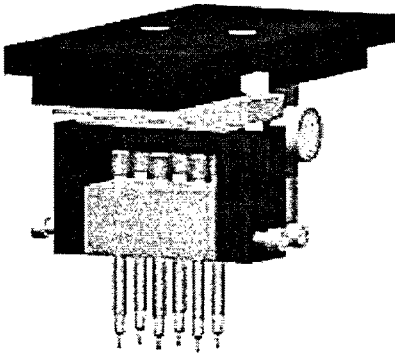


Fig. 3 The schematic diagram of end-effector.

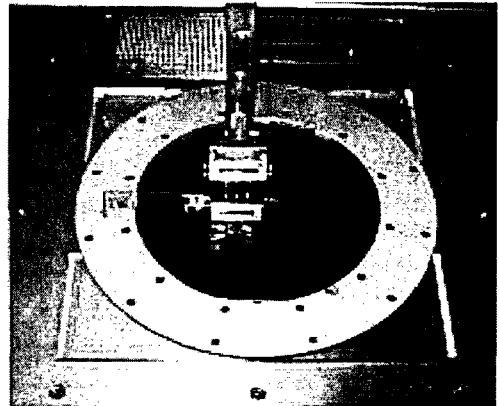


Fig. 4 The photo of spotting DNA on silicon wafer.

3) 공시재료

본 연구에서 DNA 시료 점착 실험에는 동·식물 바이러스에 대하여 세균 바이러스인 박테리오파지균을 점착 실험에 사용하였다. DNA 점착 헤드에는 6개의 핀 부가 있어 1회 점착 시 6개의 DNA 스팟을 생성할 수 있다. 그림 5는 384웰 플레이트에서 DNA시료를 핀 부에 묻히는 과정을 나타내었다.

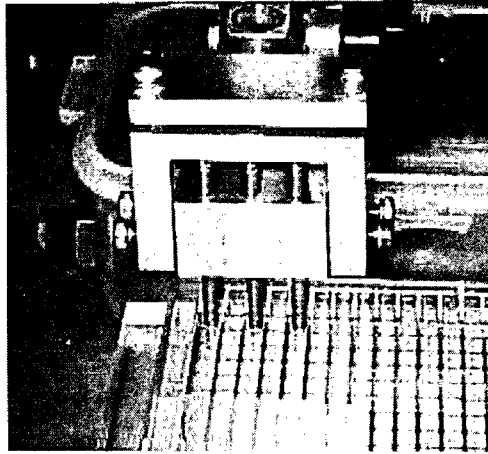


Fig. 5 The photo of sucking DNA in well-plate.

다. 성능실험

본 연구에서는 실리콘 웨이퍼에 DNA 시료를 점착하는 실험을 하기에 앞서 슬라이드 글라스에 DNA 시료를 점착하는 성능 실험을 실시하였고 그 결과는 그림 6과 같다.

DNA를 실리콘 웨이퍼에 점착하는 성능을 확인하기 위하여 DNA 시료의 농도별로 점착 성능실험을 실시하였다. DNA 시료의 점착 성능을 실험하기 위해서 3축 직교 좌표형 로봇 시스템을 이용하였으며, 시스템 구동 시 X축, Y축의 구동은 30mm/s, Z축 구동은 20mm/s로 설정하였다. X, Y축은 DNA 시료의 점착과는 직접적으로 무관하기에 작업 시간을 단축하기 위하여 30mm/s로 설정하였고, Z축은 DNA 시료를 점착할 때 실리콘 웨이퍼에 무리한 힘을 가하지 않게 하기 위해서 20mm/s로 설정하여 DNA를 점착하도록 하였다. 각각의 DNA 시료의 농도는 10ng, 50ng, 100ng의 박테리오파지균을 이용하여 점착 성능실험을 실시하였다. DNA 점착헤드는 핀 사이의 거리가 각각 9mm 간격으로 제작되어 있고, 384 웰 플레이트에서 한 웰 중심 간의 간격은 4.5mm이다. 따라서 점착헤드의 핀 부가 DNA 시료를 묻히는 웰은 A1, A3, A5, C1, C3, C5이고 본 실험에서는 위에 언급한 웰에만 DNA 시료를 담았고, 그 웰에서만 DNA 시료를 핀 부에 묻혀 실리콘 웨이퍼에 점착하도록 프로그래밍 하였다.

DNA 시료가 들어있는 웰 플레이트에 핀 부를 1초간 머물게 하여 핀이 DNA 시료를 머금 수 있도록 하였으며 핀이 실리콘 웨이퍼에 DNA 시료를 점착할 때 핀과 실리콘 웨이퍼

의 점착 시간을 1초로 설정하여 실시하였다. 또한 가로 세로 스팟의 간격을 0.7mm로 설정하였으며, 실리콘 웨이퍼 위에 DNA를 점착하도록 하였다.

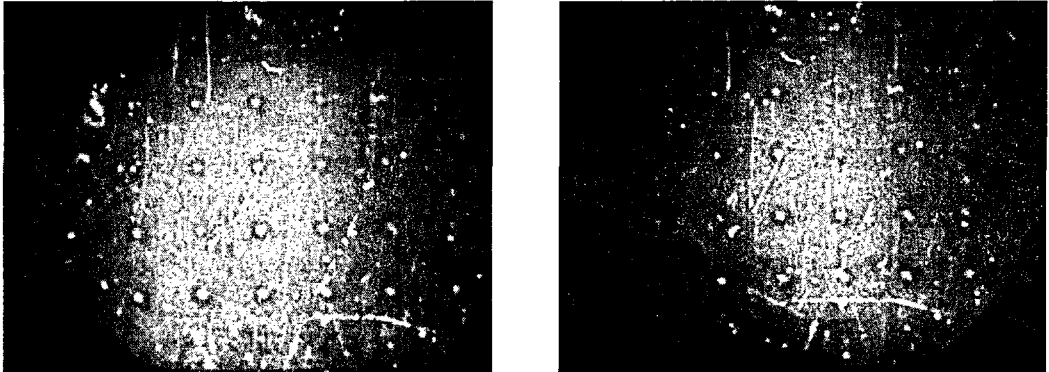


Fig. 6 The result of test spotting DNA on slide glass.

3. 결과 및 고찰

가. 성능실험 결과

본 시스템에 사용된 제어프로그램에서는 실리콘 웨이퍼에 DNA를 점착할 때 웰에서 DNA를 묻히는 시간을 1초로 설정하고 실리콘 웨이퍼에 DNA를 머금을 때도 1초간 DNA를 점착할 수 있도록 설정하였으며, DNA 스팟 간의 간격은 0.7mm로 설정하였다. 본 실험에서는 총 1536개의 DNA 스팟을 실리콘 웨이퍼에 점착하였고 소요시간은 2시간 21분 48초가 소요되었다. 그림 7에 본 시스템에서 사용된 프로그램을 나타내었다.

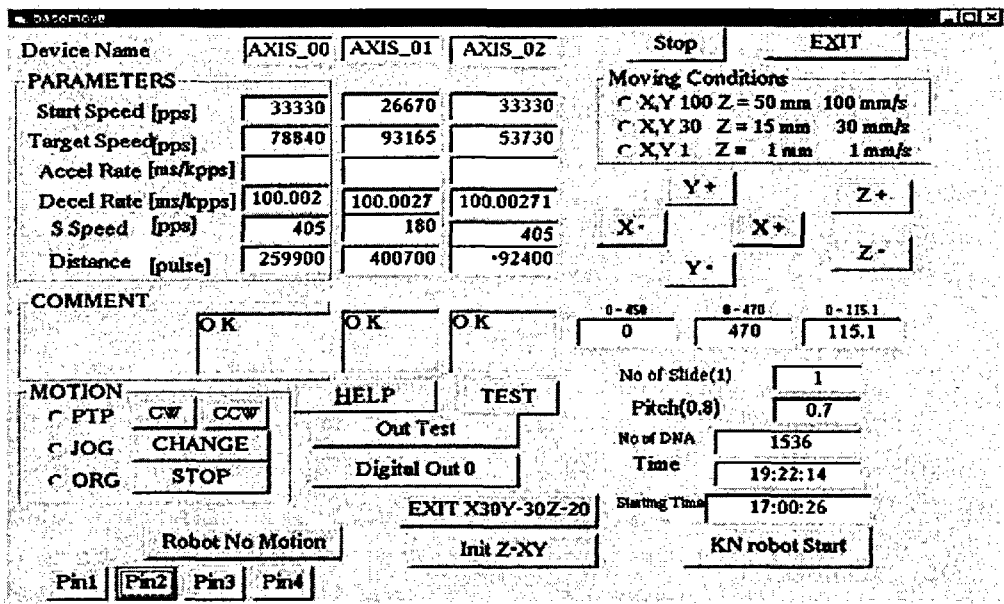


Fig. 7 The control software for operating robot system.

그림 6은 슬라이드 글라스에 DNA를 점착한 결과를 나타내었는데 초기 설정대로 DNA 스팟 간의 거리가 일정하게 점착되었으며 한 점도 빠짐없이 DNA가 슬라이드 글라스 위에 점착되었다.

실리콘 웨이퍼에 박테리오파지균을 각각 10ng, 50ng, 100ng의 농도로 점착 성능실험을 한 결과 DNA 시료의 농도와는 무관하게 점착이 고르게 되었다. 그림 8과 같이 스팟 간의 거리가 일정하고 한 점도 빠짐없이 DNA가 실리콘 웨이퍼에 점착되었다. 본 실험에서는 총 1200개의 DNA 스팟을 만들었으며 총 소요 시간은 1시간 49분 40초가 소요되었다.

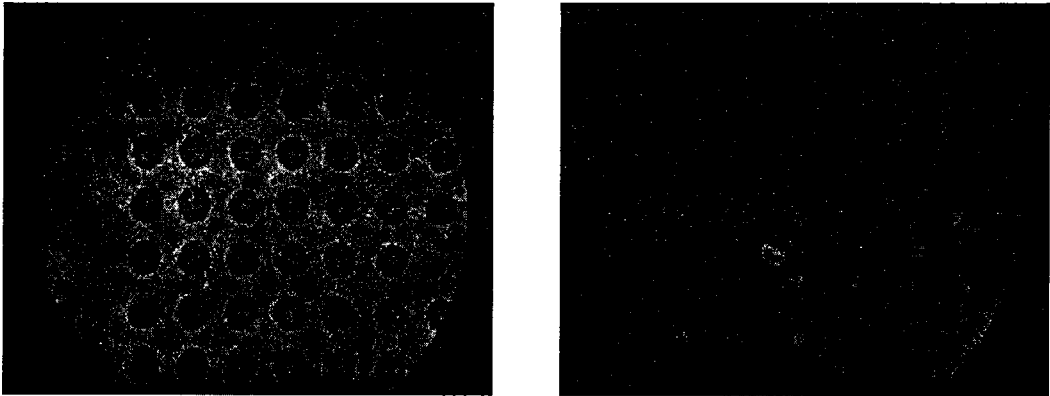


Fig. 8 The result of test spotting DNA on silicon wafer.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 바이오칩 제작을 위한 DNA 시료를 Silicon Wafer에 점착하고 그 성능에 관한 연구를 하는데 목적을 두었으며, 그 구체적인 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서는 바이오칩을 제작하기 위하여 엄(2005) 등이 제작한 로봇 시스템을 사용하였고, 점착헤드는 이(2003)등이 개발한 핀을 이용하여 점착헤드를 구성하였다.
- 2) 실리콘 웨이퍼에 DNA를 점착하기 위하여 직경 200mm의 실리콘 웨이퍼를 고정할 수 있는 실리콘 웨이퍼 고정부를 설계·제작하였다.
- 3) 박테리오파지균을 각각 10ng, 50ng, 100ng의 농도로 실리콘 웨이퍼에 점착 성능실험을 한 결과 DNA 시료의 농도와는 무관하게 실리콘 웨이퍼에 점착되었다.
- 4) DNA 시료가 들어있는 웰 플레이트에 핀 부를 1초간 머물게 하여 핀이 DNA 시료를 머금을 수 있도록 하였으며 핀이 실리콘 웨이퍼에 DNA 시료를 점착할 때 핀과 실리콘 웨이퍼의 점착 시간을 1초로 설정하여 성능실험을 실시한 결과, 6개의 핀 부로 구성된 점착헤드로 1536개의 DNA 스팟을 점착하였고, 소요시간은 2시간 21분 48초가 소요되었다. 또, 1200개의 DNA 스팟을 점착하였고 1시간 49분 40초가 소요되었다.

5. 참고문헌

1. Yoon, S. H., J. G. Choi and S. Y. Lee. 2000. Development of DNA Chip Microarrayer. J. Microbiology and Biotechnology. Vol.10(1) : 21-26
2. 나건영, 김기대, 이현동, 이영규, 김찬수. 2004. 바이오칩 제작을 위한 DNA 시료 조작 정밀 로봇 시스템 개발(Ⅲ). 한국농업기계학회 학술대회논문집 Vol.9(1) : 437-444
3. 엄기남, 이영규, 이현동, 임용표, 김찬수, 김기대. 2005. 바이오칩 제작을 위한 DNA 시료 조작 정밀 로봇 시스템 개발(Ⅳ). 한국농업기계학회 학술대회논문집 Vol.10(1) : 361-368
4. 이현동, 김기대, 나건영, 임용표. 2003. DNA 칩 제작을 위한 로봇 시스템 개발. 한국농업기계학회지 Vol.28(5) : 429-438
5. 이현동, 김기대, 나건영, 이영규. 2003. 콜로니 픽킹 로봇 시스템 개발(Ⅱ) -로봇 시스템의 성능실험-. 한국농업기계학회지 Vol.28(5) : 449-456
6. 이현동, 김기대, 김찬수, 이영규. 2004. 바이오칩 제작을 위한 DNA 시료 조작 정밀 로봇 시스템 개발(Ⅰ). 한국농업기계학회 학술대회논문집 Vol.9(1) : 431-436