

DU-도전학기 결과보고서

성 명		학 번	
단과대학	공과대학	학과(전공)	화학공학과
도전학기 과제명	친환경 고분자 물질을 이용한 마이크로파 습도센서 제작 Making Microwave Humidity Sensors Using Eco-Friendly Polymer Materials		
지도교수 의견	DU-도전학기 과제의 주제는 RH(상대습도)의 비율 변화에 따른 마이크로파 센서의 전달계수 특성의 공진주파수와 크기의 변화를 확인하고 PVA를 기반한 친환경 고분자 물질의 함량이 습도에 미치는 영향에 대해 고찰하는 것이다. 친환경 고분자 물질들의 문헌조사를 통하여 적용 가능 물질을 선정하였으며, 선정 재료의 필름 형성 실험 및 샘플 제작을 완료하였다. 2가지 종류의 gelatin 친환경 고분자를 적용한 시편에 대해 마이크로파 습도센서 측정 평가를 성공적으로 수행하였으며, 친환경 고분자의 종류 및 시편 두께에 따른 습도센서 특성에 대한 상관관계를 실험적으로 확인하였다. 지도교수 소속 : 화학공학과 지도교수 성명 :		

1. 도전 과제의 목표

- ◆ ICT융합학부와 고분자공학의 기술력을 융합하여 연구하고자 한다.
- ◆ 습도에 관련된 고분자 물질에 대한 지식을 학부 과정 중 이론적으로 배운 내용을 심도 있게 학습하고 적용한다.
- ◆ RH(상대습도)의 비율 변화에 따른 마이크로파 센서의 전달계수 특성의 공진주파수와 크기의 변화를 확인하고 PVA를 기반한 친환경 고분자 물질의 함량이 습도에 미치는 영향에 대해 고찰하고자 한다.

2. 도전 과제 내용

1) 정보 수집

• RF-301

습도센서의 종류에는 정전용량 센서(capacitive sensor)와 저항 센서(resistive sensor)가 있다. 저항 센서는 낮은 습도에서의 감지에 어려움이 있고 온도보정이 필요하다는 단점이 있지만, 정전용량 센서는 낮은 습도에서의 감지가 가능하고 온도보정이 필요 없다는 장점이 있다. 우리가 채택한 방식은 정전용량 센서이다. 본 연구에서는 무적재 조건에서 1.5GHz에서 공진하도록 0.76mm 두께의 RF-301 기판에 마이

크로스스트립 결합 접지 구조를 기반으로 한 고감도 마이크로파 센서를 설계 및 제작한 후 PVA와 친환경 고분자 물질의 혼합함량 변화에 따른 습도센서 감도를 비교조사 한다.

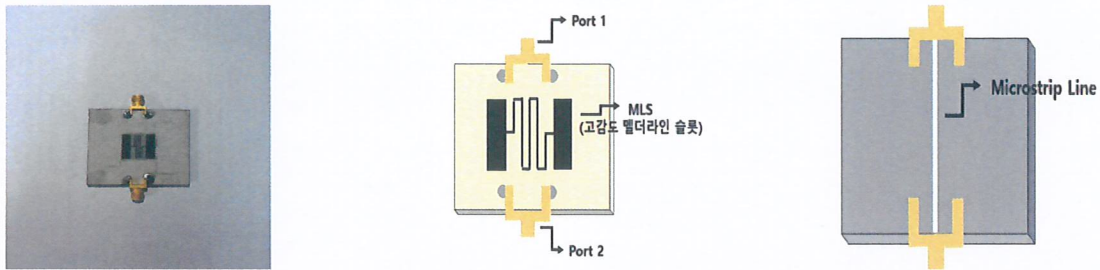


Fig. 1 RF-301 기판과 모식도

• Gelatin

Gelatin은 가죽, 연골, 힘줄 등에 구성된 천연 단백질을 분해하고 정제함으로써 얻어지게 된다. 젤라틴은 두 타입으로 나누어 볼 수 있는데, 산성 처리 공정으로 만든 Type A형과 염기성 처리 공정으로 만든 Type B형이 있다. 젤라틴은 하이드로 콜로이드 글리신, 프롤린, 하이드록시 프롤린이 풍부해 구조적 안정성을 부여하며 축합 반응을 통해 저분자 물질인 H₂O를 내어주며 결합을 하고 있다.

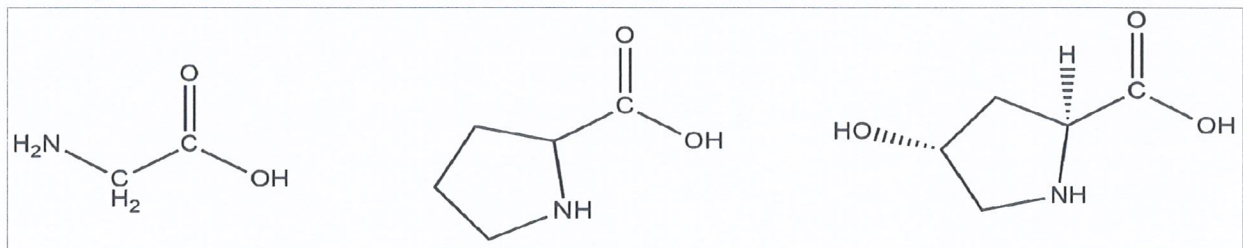


Fig. 2 (왼쪽부터) 하이드로 콜로이드 글리신, 프롤린, 하이드록시 프롤린의 구조식

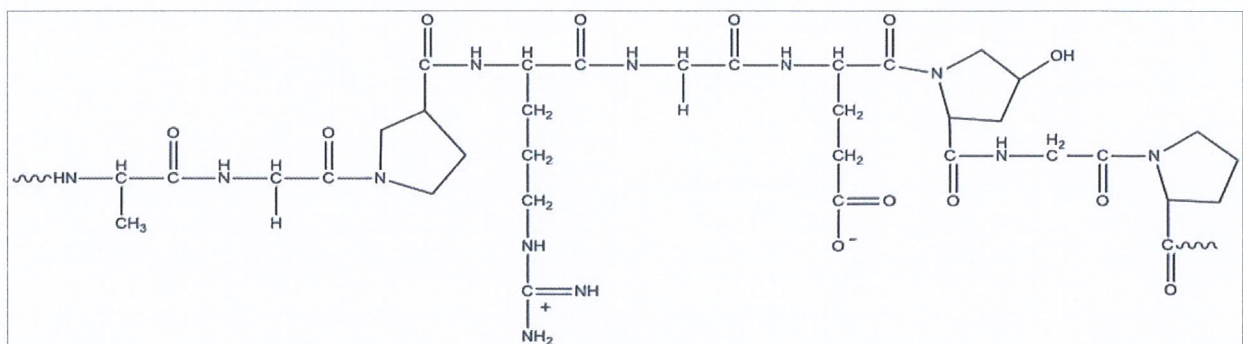


Fig. 3 Gelatin 구조식

• PVA

Poly vinyl alcohol (PVA)은 수용성 고분자로 수분을 잘 흡수하는 고분자 중 하나이다. 때문에 마이크로파 주파수 센서인 RH 센서의 고감도 소재로 사용 되어왔다. 전공 수업인 고분자공학 시간에 배운 PVA는 모노머가 존재하지 않기 때문에 PVAc를 가수분해하여 합성된다.

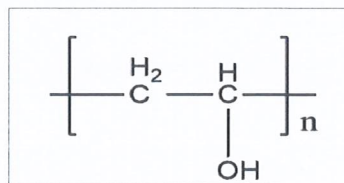


Fig. 4 PVA 구조식

2) 조건 잡기

• 비율설정

- 실험을 위한 비율로 0.5wt%, 1wt%, 3wt%, 5wt%를 선택하였다.

함량	0.5wt%	1wt%	3wt%	5wt%
Distilled water	4.975	4.95	4.85	4.75
PVA	0.025	0.05	0.15	0.25
총량	5	5	5	5

함량	0.5wt%	1wt%	3wt%	5wt%
Distilled water	4.975	4.95	4.85	4.75
Gelatin Type A	0.025	0.05	0.15	0.25
총량	5	5	5	5

함량	0.5wt%	1wt%	3wt%	5wt%
Distilled water	4.975	4.95	4.85	4.75
Gelatin Type B	0.025	0.05	0.15	0.25
총량	5	5	5	5

• 설정된 비율의 용액 준비

- 설정한 비율에 맞게 distilled water와 물질의 소수점 셋째 자리까지의 중량을 측정하여 용액을 만들기 위한 준비를 한다.

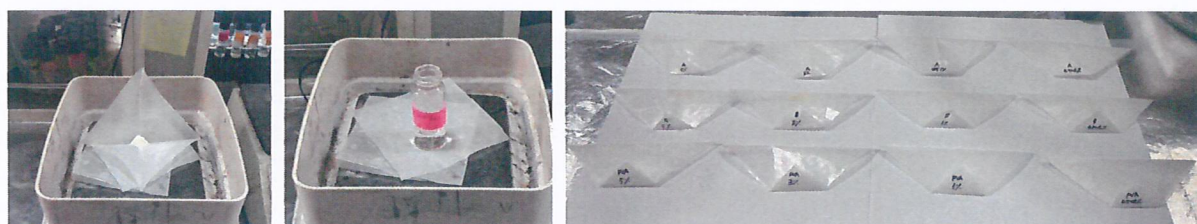


Fig. 5 용액을 만들기 위한 준비과정

- 용액을 stirring 시키기 위하여 Distilled water 속에 magnetic bar를 넣어 물질을 녹여준다.

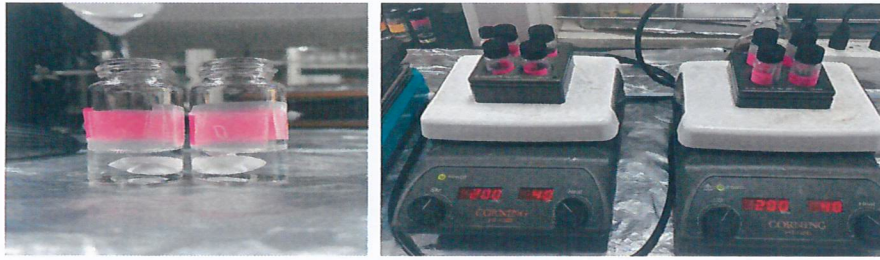


Fig. 6 stirring 과정

• 필름형성 테스트

- 기관에 바르기 전, 필름 형성에 대한 테스트를 실시한다.
- 실제 기관 위에 바르는 것과 똑같은 방법으로 55mg의 용액을 slide glass 위에 넓게 펴 바른 후 60℃ 오븐에서 용액의 수분을 모두 증발시켜 필름을 형성시킨다.

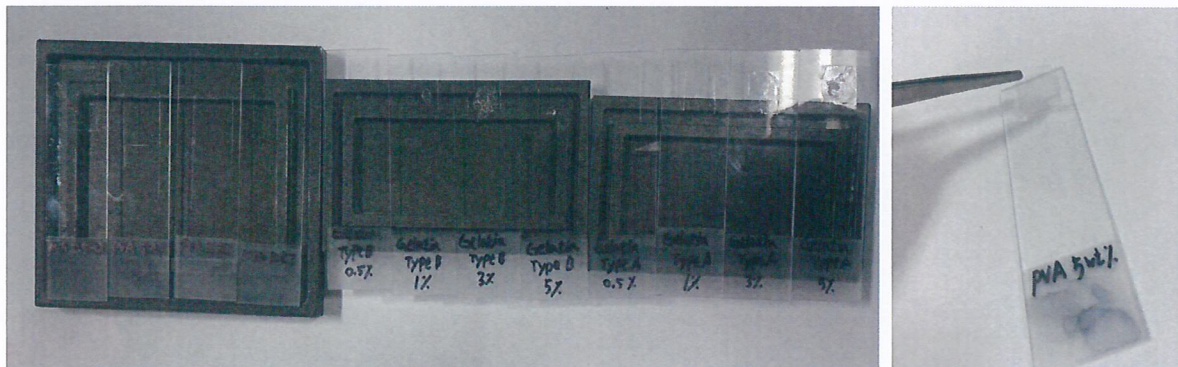


Fig. 7 필름형성 테스트

3) Sample 제작

- 필름형성 테스트를 한 후 테스트한 방법대로 RF-301 기관에 55mg의 용액을 넓게 펴 발라 60℃ 오븐에서 수분을 증발시켜 준 뒤, 80℃ vacuum 오븐에서 3일간 기관에 남아있는 수분을 모두 증발시켜 준다.



Fig. 8 Sample 제작 과정

3. 도전 과제와 성과

친환경 고분자 물질인 Gelatin은 축합 반응을 통해 저분자 물질인 H_2O 를 내어주며 결합을 하고 있다. 비교 물질인 PVA보다 단량체 내에 수분을 흡수하기 위한 더 많은 종류의 작용기를 갖고 있어, PVA보다 Gelatin이 더 고감도 소재로 사용될 수 있다고 예상하였다. 본 과제를 통하여 0.5%의 PVA와 Gelatin Type A,B의 sample을 제작한 후 0을 측정하여 비교하고자 하였다.



Fig 9. TH-500N



Fig 10. VNA



Fig 11. TH-500N 내부

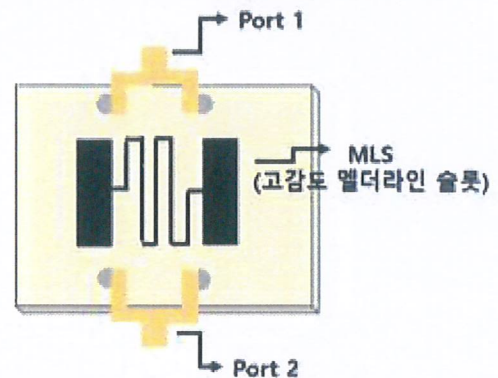


Fig 12. RF-301 모식도

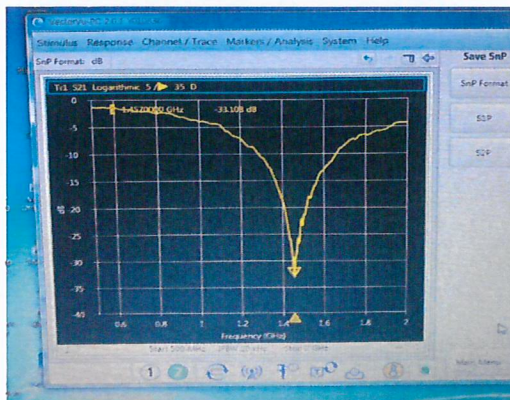


Fig 13. Vector Vu-PC

Fig 9.는 토목공학실험실에 있는 항온항습기의 사진이다. Fig 11.에 보이는 것 과 같이 측정을 하기 위하여 항온항습기내부에 RF-301 기판을 배치 한 뒤, 제작해둔 RF-301기판을 Fig. 10의 VNA(vector network analyser, TTR-500) 와 Fig. 12에 보이는 것 과 같이 기판의 port 1,2를 연결하여 측정을 준비한다. 측정을 진행하게 되면, VNA와 연결 되어 있는 PC(vector vu-pc) 를 통해 Fig 13. 과 같은 모습으로 주파수와 전달계수의 변화량을 확인 할 수 있다.

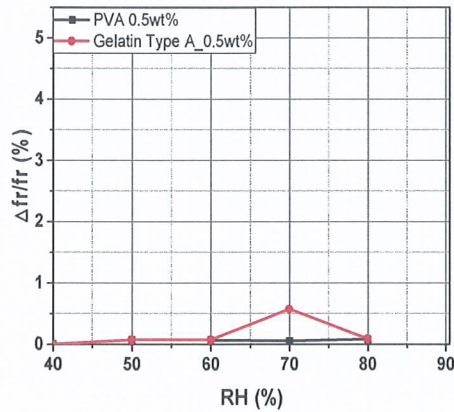


Fig 14. PVA vs Gelatin type A 0.5wt%
주파수 변화 그래프

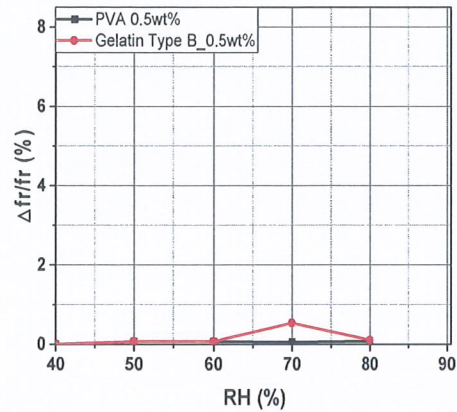


Fig 15. PVA vs Gelatin type B 0.5wt%
주파수 변화 그래프

0.5wt% 의 비율로 측정을 진행하였을 때, Fig 14,15 와 같이 비교를 할 수 없을 정도의 결과 데이터를 얻을 수 있었다. slide glass에서 필름 형성을 테스트를 진행 했을 때, 낮은 비율에서도 필름의 형성을 확인 하였기에 측정을 할 수 있을 것이라 판단을 했지만 측정을 할 수 없을 만큼 필름이 얇기 때문에 습도가 증가 할수록 주파수 값이 증가 할 것이라 기대 했던 결과 값은 얻을 수가 없었다.

다음으로 0.5wt% 보다 높은 비율인 5wt%의 측정을 진행하였고 아래와 같은 결과 데이터를 얻을 수가 있었다.

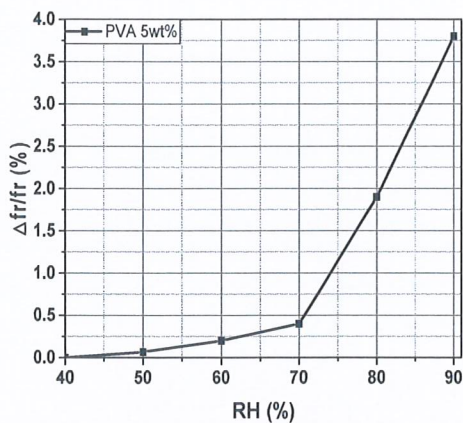


Fig 16. PVA 5wt%
주파수 변화 그래프

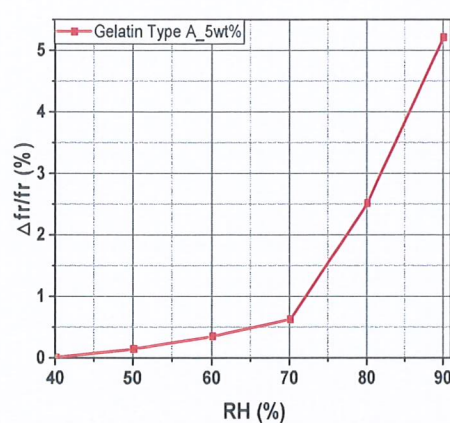


Fig 17. Gelatin type A 5wt%
주파수 변화 그래프

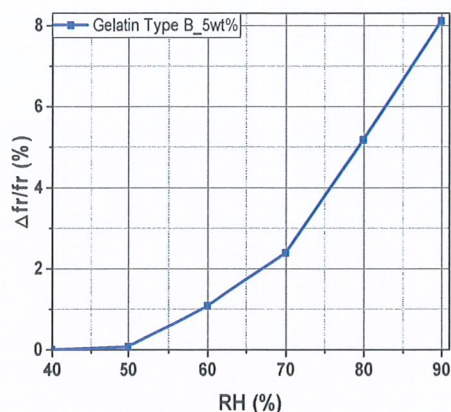


Fig 18. Gelatin type A 5wt%
주파수 변화 그래프

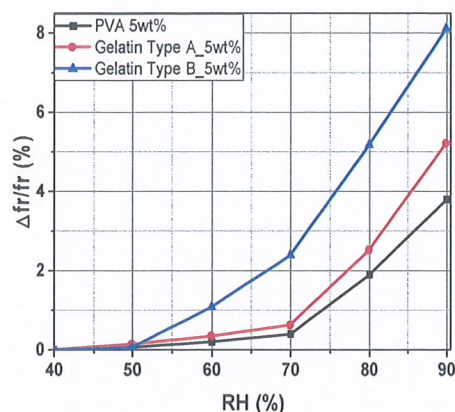


Fig 19. Gelatin type A,B vs PVA
주파수 변화 그래프

Fig 16~18. 의 결과를 보았을 때, 습도가 높아질수록 주파수가 증가하는 우 상향 그래프의 결과를 얻을 수 있었다. 0.5wt% 그래프와 비교를 통해 0.5wt% 결과가 좋지 못한 이유는 형성된 필름의 두께가 얇기 때문이라는 것을 알 수 있었다. 그리고 Fig 19.를 통해 5wt%로 측정을 진행한 Gelatin Type A,B와 PVA를 비교한 데이터를 볼 수 있다. 결과로 보았을 때 젤라틴이 PVA보다 상대습도가 증가할수록 변화율이 높아지는 것으로 보아 습도가 증가할수록 PVA보다 더 민감한 반응을 하고 있다는 것을 알 수 있었다.

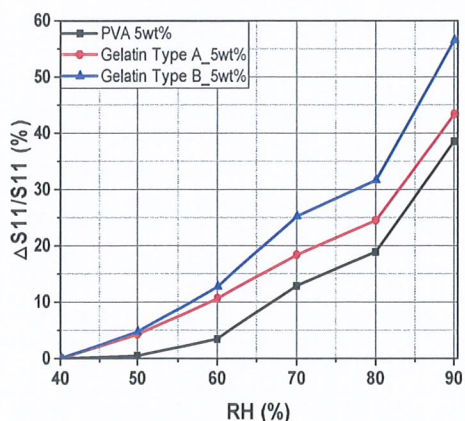


Fig 20. Gelatin type A,B, PVA 5wt%
전달계수 변화 그래프

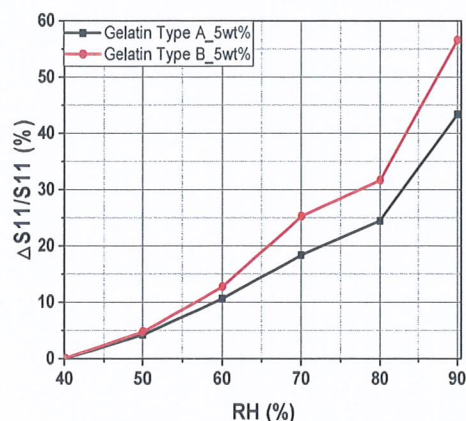


Fig 21. Gelatin type A,B 5wt%
전달계수 변화 그래프

전달계수란 한 계에서 다른 계로 물리량이 얼마나 잘 전달되는지를 표현하는 수이며 위 실험에서는 주파수와 전달계수의 변화를 측정하였고 Fig 20, 21은 전달계수 변화 그래프이다. 주파수 그래프와 마찬가지로 PVA보다 Gelatin이 상대습도가 증가할수록 더 높은 값의 결과를 나타내었다. 이 결과데이터로 Gelatin은 습도가 증가할수록 PVA보다 더 많은 양의 수분을 흡수하고 있다는 것을 알 수 있고, 습도가 증가할수록 변화율이 증가하는 것으로 보아 PVA보다 Gelatin의 민감도가 더 높다는 것을 알 수 있었다.

실험 결과들을 보았을 때 상대습도에 따른 민감도를 높일 수 있는 방법에는 물질의 변화도 있지만 필름 두께의 영향도 있는 것을 확인 할 수 있었다. 그래서 민감도를 더 높이기 위하여 필름 두께를 늘릴 수 있는 방법을 다음과 같이 연구하였다.



Fig 22. 필름 두께를 늘리기 위한 방법_1

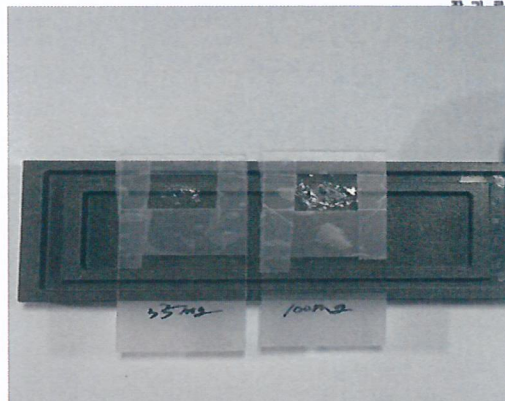


Fig 23. 필름 두께를 늘리기 위한 방법_2

Fig 22. 필름의 두께를 늘리기 위한 방법 첫 번째로는 용액을 casting 하기위한 공간 주변에 테이프로 독을 높게 쌓아올려 한 번에 많은 양의 용액을 casting 하는 방법이다. 그 결과, 용액이 테이프 사이로 스며들어 테이프가 접착력을 잃고, 높게 쌓은 독이 무너지는 문제점이 발생하였다. Fig 23. 두 번째 방법 으로는 55mg의 용액을 casting 후, 60℃ oven에서 2~30분간 수분을 증발 시키는 방법을 여러 번 반복 하는 것이다.

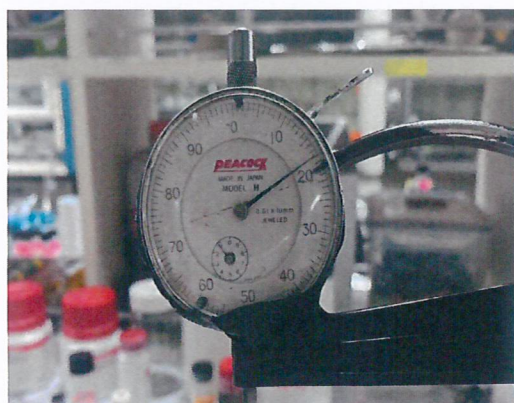


Fig 24. 55mg 1번 casting

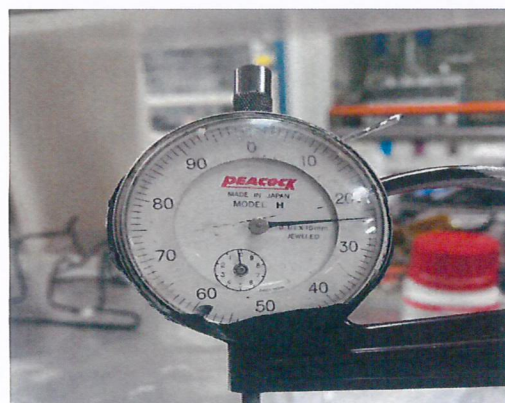


Fig 25. 55mg 2번 casting



Fig 26. RF-301 기판 위 필름 두께를 늘리는 과정_1



Fig 27. RF-301 기판 위 필름 두께를 늘리는 과정_2

그 결과, Fig 23.에서 진행하였던 방법을 Fig 24~25. 사진의 결과들을 통해 두께가 늘어난 것을 버니어 캘리퍼스를 통해 확인할 수 있었고, 위 방법을 선택하여 Fig 26~27. RF-301 기판위에 Gelatin type A,B 의 용액을 4번 덧발라 두께를 늘리는 실험을 진행 한 후, 위 실험과 같은 방법으로 측정을 진행하였다.

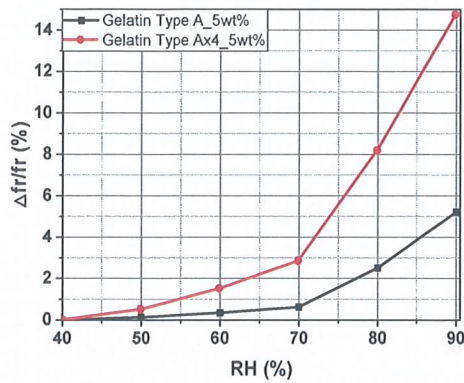


Fig 28. Gelatin type A 5wt%
필름 두께에 따른 주파수 비교 그래프

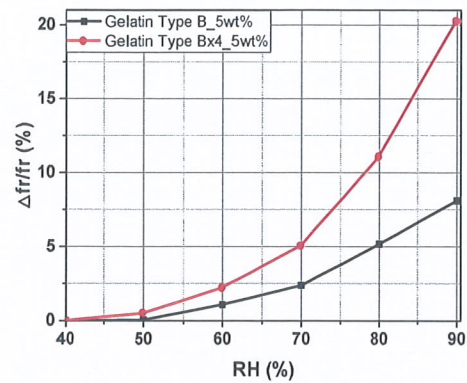


Fig 29. Gelatin type B 5wt%
필름 두께에 따른 주파수 비교 그래프

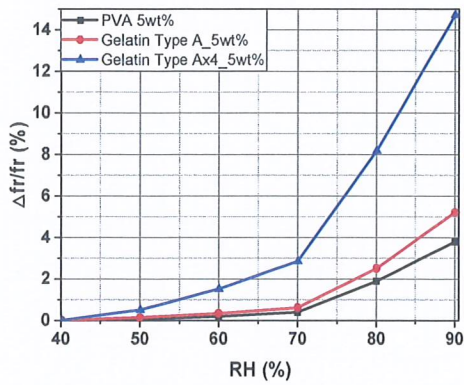


Fig 30. PVA vs Gelatin type A 5wt%
필름 두께에 따른 주파수 비교 그래프

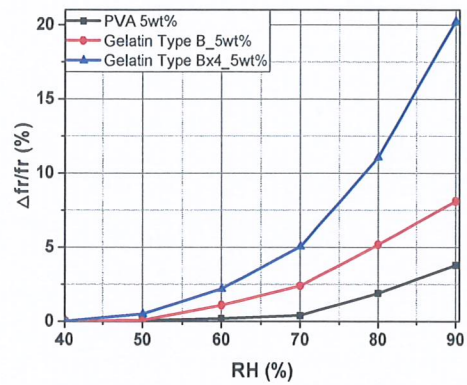


Fig 31. PVA vs Gelatin type B 5wt%
필름 두께에 따른 주파수 비교 그래프

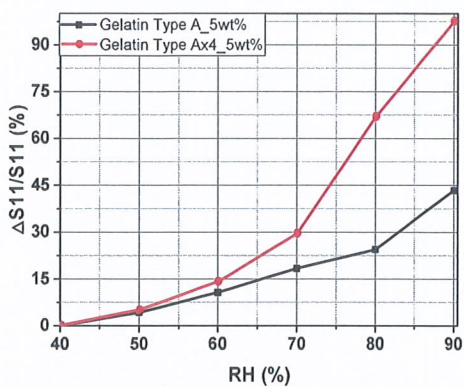


Fig 32. Gelatin type A 5wt%
필름 두께에 따른 전달계수 비교 그래프

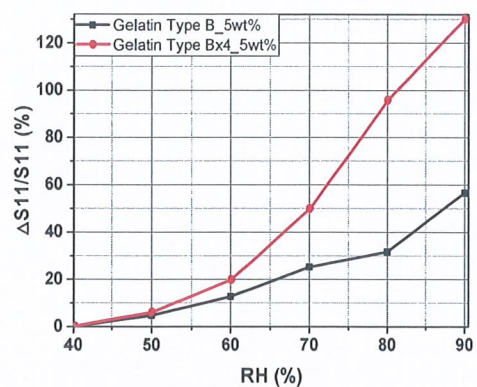


Fig 33. Gelatin type B 5wt%
필름 두께에 따른 전달계수 비교 그래프

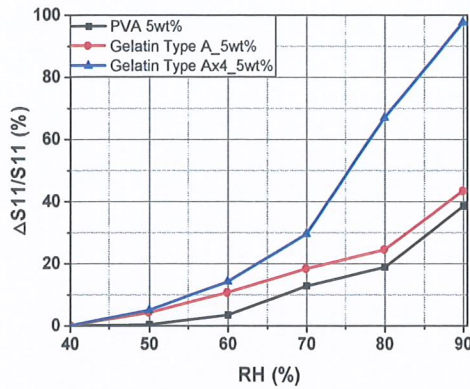


Fig 34. PVA vs Gelatin type A 5wt% 필름 두께에 따른 전달계수 비교 그래프

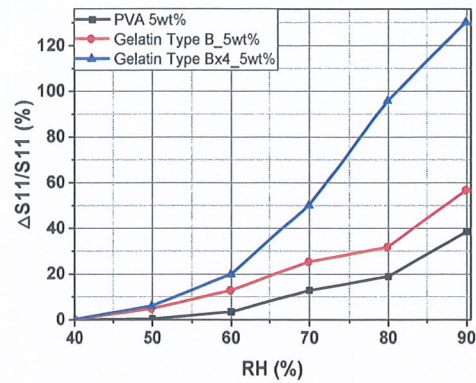


Fig 35. PVA vs Gelatin type B 5wt% 필름 두께에 따른 전달계수 비교 그래프

필름의 두께를 늘린 Gelatin type A,B 의 측정을 진행한 결과, 기존 Gelatin 의 결과보다 주파수의 변화량이 향상된 것을 볼 수 있었다. 결과로, 습도센서의 감도를 높이는 방법으로 필름 코팅 물질의 종류 변화뿐만 아니라 코팅된 필름의 두께 또한 민감도에 큰 관여를 한다는 것을 알 수 있었다.

4. 자기평가

- 계획에 차질이 생겼을 때, 어떻게 해야 할지 당황스러웠으나 여러 아이디어를 도출하여 문제를 해결해내어, 어떤 문제든지 해결할 수 있는 능력이 조금은 늘어난 것 같아 점점 성장하는 내 모습에 뿌듯함을 느꼈고, 앞으로 이런 일이 생긴다면 혹시 모를 대비를 해야겠다고 생각했다.
- 학기 중에 도전학기 과제를 수행하느라 도전학기 이외의 다른 수업 때문에 도전학기 과제에 온전히 집중을 하기 어려웠던 점이 아쉬웠지만 주어진 시간을 최대한 활용을 하여 달성하고자 하는 목표에 도달 할 수 있어서 도전학기 과제를 선택한 것에 대한 만족감을 느낀다.
- 처음 gelatin을 고감도 물질로 선택 하였을 때, 실험이 잘못되어 계획이 틀어질까봐 걱정 되었지만 이론적으로 예상했던 결과를 얻을 수 있어서 성취감을 느꼈다.

5. 최종 결과물

- RF-301 (PVA 5wt% 55mg)

RH	40%	50%	60%	70%	80%	90%
$\Delta f_r/f_r(\%)$	0	0.067	0.200	0.401	1.900	3.801
$\Delta \text{Mag}/\text{Mag}(\%)$	0	0.4508	3.4490	12.8716	18.8975	38.5491

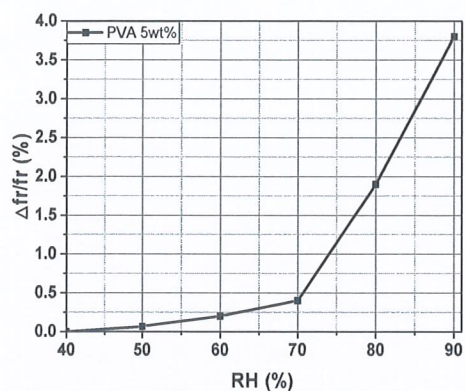


Fig 36. PVA 5wt%
주파수 변화 그래프

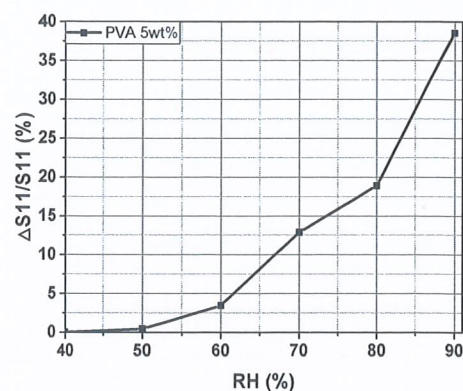


Fig 37. PVA 5wt%
전달계수 변화 그래프

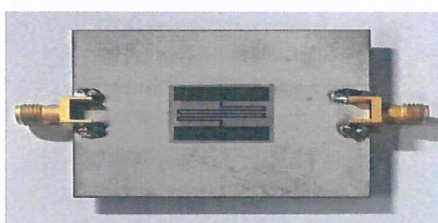


Fig 38. RF-301 (PVA 5wt% 55mg)

- RF-301 (Gelatin type A 5wt% 55mg)

RH	40%	50%	60%	70%	80%	90%
$\Delta f_r/f_r$ (%)	0	0.150	0.360	0.631	2.521	5.212
$\Delta \text{Mag}/\text{Mag}$ (%)	0	4.2040	11.2011	18.3440	24.4730	43.3650

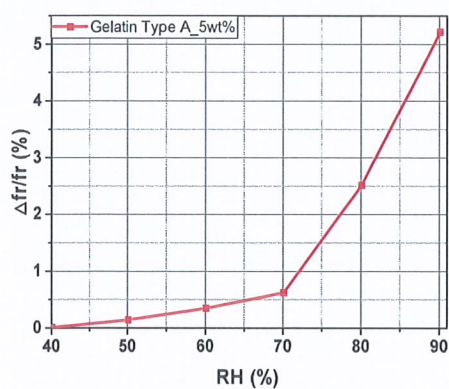


Fig 39. Gelatin type A 5wt%
주파수 변화 그래프

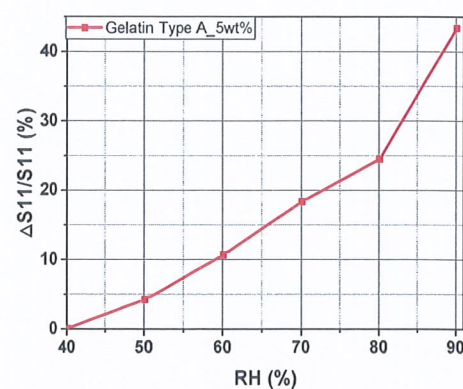


Fig 40. Gelatin type A 5wt%
전달계수 변화 그래프

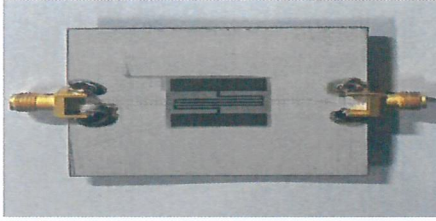


Fig 41. RF-301
(Gelatin type A 5wt% 55mg)

- RF-301 (Gelatin Type B 5wt% 55mg)

RH	40%	50%	60%	70%	80%	90%
$\Delta f_r/f_r(\%)$	0	0.070	1.080	2.386	5.177	8.111
$\Delta \text{Mag}/\text{Mag}(\%)$	0	4.7290	12.7330	25.2240	31.6480	56.5720

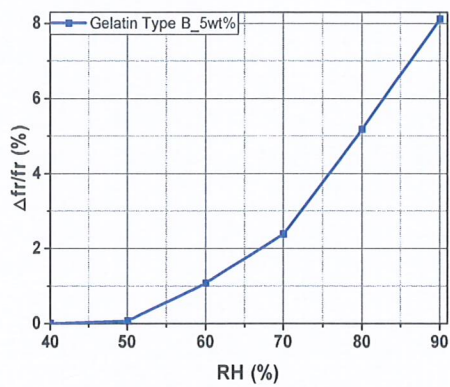


Fig 42. Gelatin type B 5wt%
주파수 변화 그래프

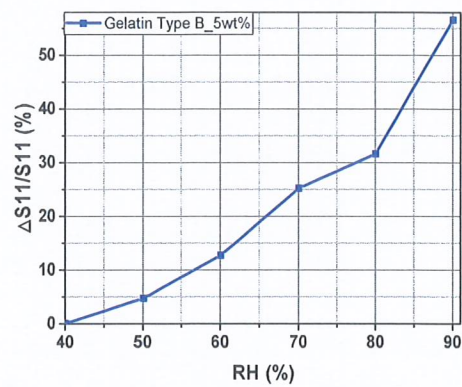


Fig 43. Gelatin type B 5wt%
전달계수 변화 그래프

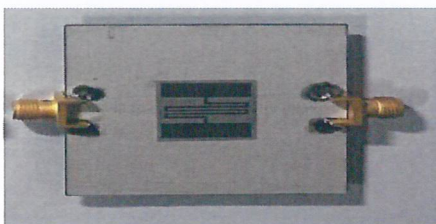


Fig 44. RF-301
(Gelatin type B 5wt% 55mg)

- RF-301 (Gelatin Type A 5wt% 55mg x4)

RH	40%	50%	60%	70%	80%	90%
$\Delta f_r/f_r(\%)$	0	0.502	1.521	2.860	8.180	14.730
$\Delta \text{Mag}/\text{Mag}(\%)$	0	4.9910	14.1690	29.5360	67.0170	97.6090

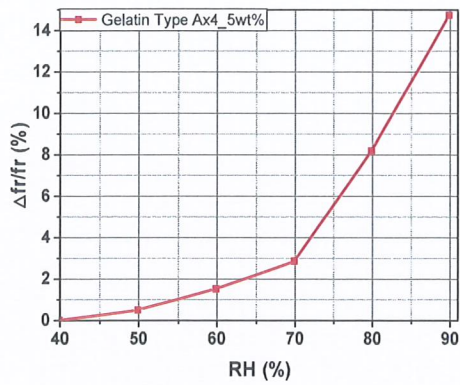


Fig 45. Gelatin type A 5wt% 55mg x4
주파수 변화 그래프

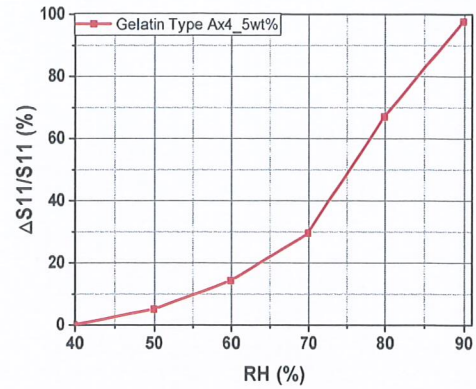


Fig 46. Gelatin type A 5wt% 55mg x4
전달계수 변화 그래프

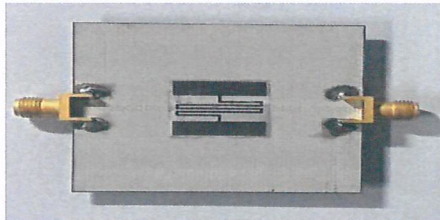


Fig 47. RF-301
(Gelatin type A 5wt% 55mg x4)

- RF-301 (Gelatin Type B 5wt% 55mg x4)

RH	40%	50%	60%	70%	80%	90%
$\Delta f/f_r$ (%)	0	0.522	1.560	5.048	11.068	20.232
$\Delta \text{Mag}/\text{Mag}$ (%)	0	5.2620	19.7910	49.8910	95.7510	130.1470

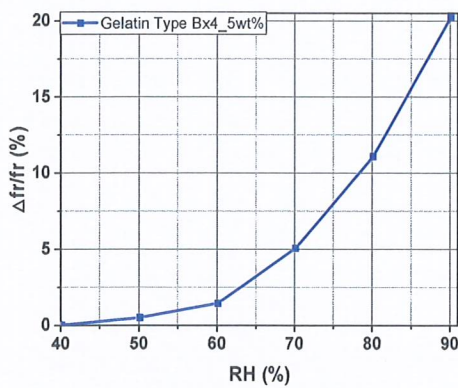


Fig 48. Gelatin type B 5wt% 55mg x4
주파수 변화 그래프

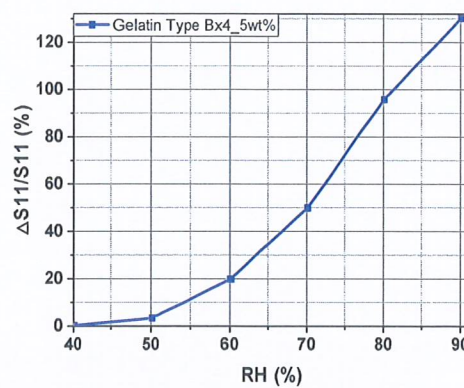


Fig 49. Gelatin type B 5wt% 55mg x4
전달계수 변화 그래프

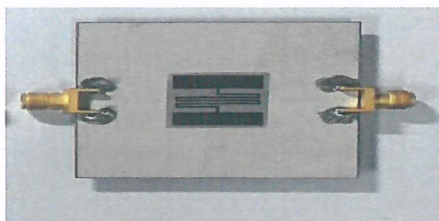


Fig 50. RF-301
(Gelatin type B 5wt% 55mg x4)