



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士學位論文

투명 플렉시블 RF 소자에 응용을 위한
ITO/PES 저온 공정기법에 관한 연구

A study on low temperature process technique of ITO/PES for application to
transparent flexible RF components

指導教授 尹 榮



2014 年 2 月

韓國海洋大學校 大學院

電波工學科

韓盛朝

本 論文을 韓盛朝의
工學碩士 學位論文으로 認准함.

委員長 姜 仁 鎬



委 員 尹 榮



委 員 金 泓 承



2014 年 2 月

韓國海洋大學校 大學院

電波工學科

韓盛朝

목 차

목차	i
그림 목차	ii
표 목차	iii
Abstract	iv
제 1 장 서론	1
제 2 장 이론적 배경	2
2.1 PES와 ITO의 물질 특성	2
2.1.1 PES의 물질 특성	2
2.1.2 ITO의 물질 특성	4
제 3 장 실험 방법	5
3.1 RF Sputtering system	5
3.2 포토리소그래피 (photolithography)	8
3.1.1 Positive photolithography and Negative photolithography	9
3.1.2 Reverse photolithography	10
제 4 장 실험 결과 및 고찰	12
4.1 Growth time 변화에 따른 ITO박막의 특성	12
4.2 RF소자의 응용을 위한 Positive photolithography 공정	14
4.3 RF소자의 응용을 위한 Reverse photolithography 공정	16
제 5 장 결론	18
참고 문헌	19

그림 목 차

- Fig. 1. Chemistry structure of PES (PolyEther Sulfone)
- Fig. 2. The heat characteristic of various flexible substrates
- Fig. 3. Crystal structure of ITO(Indium Tin Oxide)
- Fig. 4. The Schematic of chamber in co-sputtering system
- Fig. 5. (a) Grown ITO on Si wafer with RF power 100 W using sputter
(b) Grown ITO on Si wafer with RF power 150 W using sputter
(c) Grown ITO on Si wafer with RF power 200 W using sputter
- Fig. 6. The Schematic of Positive photoresist and Negative photoresist
- Fig. 7. The flowchart of photolithography process
- Fig. 8. The flowchart of Reverse photolithography process
- Fig. 9. (a) The Grown ITO on PES with time change 300 min using sputter
(b) The Grown ITO on PES with time change 600 min using sputter
(c) The Grown ITO on PES with time change 900 min using sputter
- Fig. 10. The photolithography mask
- Fig. 11. (a) The positive photolithography using thickness 500 nm ITO on PES
(b) The positive photolithography using thickness 1000 nm ITO on PES
(c) The positive photolithography using thickness 1500 nm ITO on PES
- Fig. 12. The Schematic of grown ITO on PES
- Fig. 13. The Reverse photolithography using thickness 1500 nm ITO on PES

표 목 차

- Table 1. The Schematic of chamber in co-sputtering system
- Table 2. The thickness of ITO thin films as power
- Table 3. The growth condition of ITO thin films as time



A study on low temperature process technique of ITO/PES structure for application to transparent flexible RF components

Sung-Jo HAN

*Department of Radio Communication Engineering
Graduate School of Korea Maritime University*

Abstract

Flexible electronics has drawn significant attention owing to its variety of applications such as flexible displays, smart tags, and wearable product. Especially, for a development of transparent flexible display with a mobile communication function, RF devices should be integrated into transparent flexible substrate. Recently, PES (polyether sulfone) has drawn attention for application to transparent flexible display due to its good heat-resisting property, high transparency and good flexibility. For a realization of transparent device, ITO has been employed as an electrode due to its good transparency.

In this thesis, low temperature process technique of ITO/PES structure has been studied for application to transparent flexible RF components. Concretely, photolithography, lift-off process and low-temperature sputtering process were developed to obtain ITO/PES structure with good electrical and mechanical performances.

제 1 장 서 론

최근 고도의 정보화 시대로 발전함에 따라 각종 정보통신기기로부터 다양한 정보를 시각화 하여 사람들에게 전달하는 투명 플렉시블 display 산업의 중요성이 대두되고 있다. 이에 따라 고성능 투명 플렉시블 display 개발을 위해 학계 및 산업계에서 기술개발 및 제품개발을 활발히 진행하고 있다. 하지만, 투명 플렉시블 display 산업의 발전에도 불구하고 정보 통신 기기의 RF소자는 투명 플렉시블 기판상이 아닌 외부의 PCB 기판상에 제작되고 있는 실정이다.

PES(polyether sulfone)는 고투명도와 유연성, 높은 열저항성으로 인해 플렉시블 기판상에 RF소자의 응용이 가능하다는 점에서 각광받고 있다. PES의 Tg(연화점)의 온도는 230°C로서 상대적으로 높은 온도에서 RF소자 개발이 가능하며, 높은 온도에서 안정적인 전기적, 기계적 특성을 가진다. 따라서, 다른 플렉시블 기판인 PC(polycarbonate), PET(polyethyleneterephthalate)와는 달리 PES의 soldering과 bonding 과정이 보다 용이하다는 장점이 있다. 또한, 기판 두께가 100 μ m인 얇은 PES를 이용함으로써, RF소자의 소형화에 제작에 있어 매우 효과적이다. [1]

ITO(Indium tin oxide)는 산화 인듐(In_2O_3)과 산화 주석(SnO_2)이 섞여져 있으며, 일반적으로 90% In_2O_3 , 10% SnO_2 비중을 갖는다. ITO는 얇은 레이어에서는 투명하고 색이 없으나, 덩어리 상태에서는 노란회색을 띤다. ITO는 높은 전도도와 광학적 투명성을 가지므로 차세대 투명전극 물질로 대두되고 있다. 또한, ITO의 박막 증착은 일반적으로 전자빔 증착, 증기 증착, 스퍼터링을 이용하여 표면에 증착된다. 따라서, PES와 ITO를 이용한 RF용 플렉시블 소자 개발에 응용에 있어 적합하다고 판단할 수 있다.

본 연구에서는 상기의 문제점을 해결하기 위하여 투명 플렉시블 PES 기판상에 ITO를 이용한 RF소자 개발을 위한 저온 공정 기법을 제안한다. 또한, 본 연구에서 양호한 ITO/PES 구조를 얻기 위해 포토레지스터 공정 및 리프트 오프공정, 저온 스퍼터링 공정 기법을 개발하고, 이를 RF용 플렉시블 소자 개발에 응용 가능성을 연구하였다.

제 2 장 이론적 배경

2.1 PES와 ITO의 물질 특성

2.1.1 PES 물질 특성

PES(polyether sulfone)는 플라스틱 기반으로서 일본의 Sumitomo Bakelite사에 의해서 최초로 상업화된 PES는 다른 플라스틱 기판과 달리 두드러진 단점을 보이지 않는 기판으로 가장 활발히 적용이 검토되고 있다. 그러나 그림 1에서 보이는 바와 같이 Ketone계 용매에 대해서 내화학성이 취약하고 앞서 소개된 두 기판과 같이 유리에 비해 CTE가 높고, 최대 공정 온도가 낮다는 단점 이외에 흡습성이 비교적 큰 플라스틱으로서 물과 접촉하거나 공기 중에 장시간 방치했을 경우에는 탈수(dehydration)공정이 추가로 필요하다는 어려움이 있다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 PES의 Tg(연화점)의 온도는 230°C로서 상대적으로 높은 온도에서 RF소자 개발이 가능하며, 높은 온도에서 안정적인 전기적, 기계적 특성을 가진다. 따라서, 다른 플렉시블 기판인 PC(polycarbonate), PET(polyethylene terephthalate)와는 달리 PES의 soldering과 bonding 과정이 보다 용이하다는 장점이 있다. 또한 PES 기판 제조에 필요한 PES pellet을 제조하는 업체가 전 세계적으로 3곳(BASF, Sumitomo Bakelite, 솔베이)에 불과해서 기판 원료의 수급에 어려움이 있고, 이에 따라 PES 기판의 판매 가격이 현재 유리 가격에 비해서 월등히 높다는 문제도 안고 있다. [2], [3]

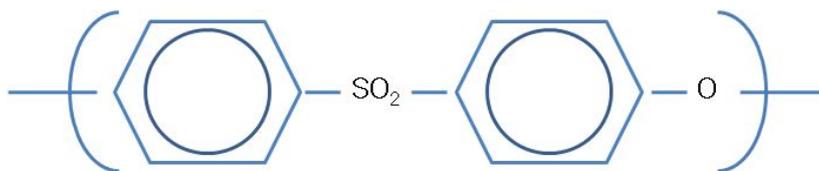


Fig. 1. Chemistry structure of PES (PolyEther Sulfone)

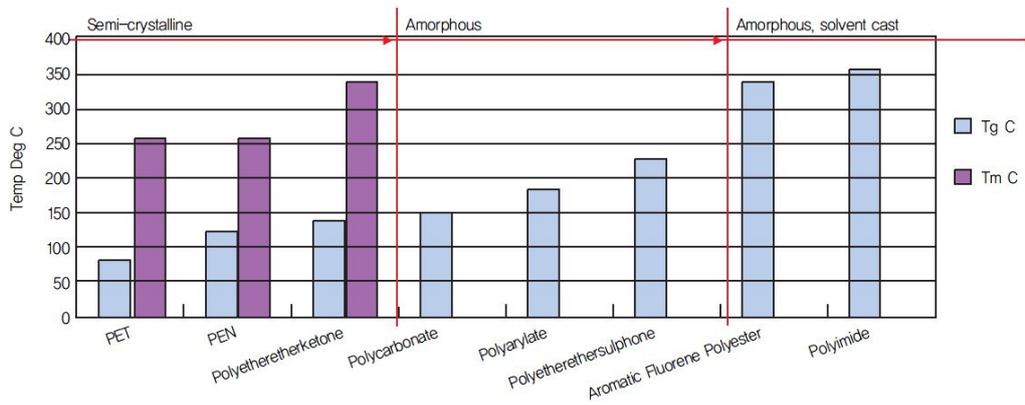


Fig. 2. The heat characteristic of various flexible substrates



2.2.2 ITO의 물질 특성

ITO는 Indium Tin Oxide(인-주석 산화물)의 줄인 말로 투명하면서 전기가 잘 통하고 In_2O_3 에 SnO_2 를 고용시켜 제조한 재료로서 가시광선 영역에서는 투광 특성이 뛰어나고, 적외선 영역에서는 반사 특성이 우수하며 그림 3에서 보이는 바와 같이 ITO의 구조적 특징으로 미루어 볼 때, 비교적 낮은 전기저항을 갖는 상온에서 안정한 산화물이다. ITO는 매트릭스 방식으로 구동되는 PDP, LCD 등의 얇고 편평한 디스플레이에 사용된다. ITO는 지금까지 개발된 재료 중에는 ITO가 가장 투명하면서 전기도 잘 통하고 생산성도 좋기 때문에 주로 투명전극의 재료로 사용한다. 투명전극은 비저항이 $1 \times 10^{-3} \Omega/\text{cm}$ 이하, 면저항이 $103 \Omega/\text{sq}$ 이하로 전기전도성이 우수하고 380에서 780nm의 가시광선 영역에서의 투과율이 80%이상이라는 두 가지 성질을 만족시킨다. ITO는 얇은 레이어에서는 투명하고 색이 없으나, 덩어리 상태에서는 노란회색을 띤다. ITO는 높은 전도도와 광학적 투명을 가지므로 차세대 투명전극 물질로 대두되고 있다. 또한, ITO의 박막 증착은 일반적으로 전자빔 증착, 증기 증착, 스퍼터링을 이용하여 표면에 증착된다.[8], [9]

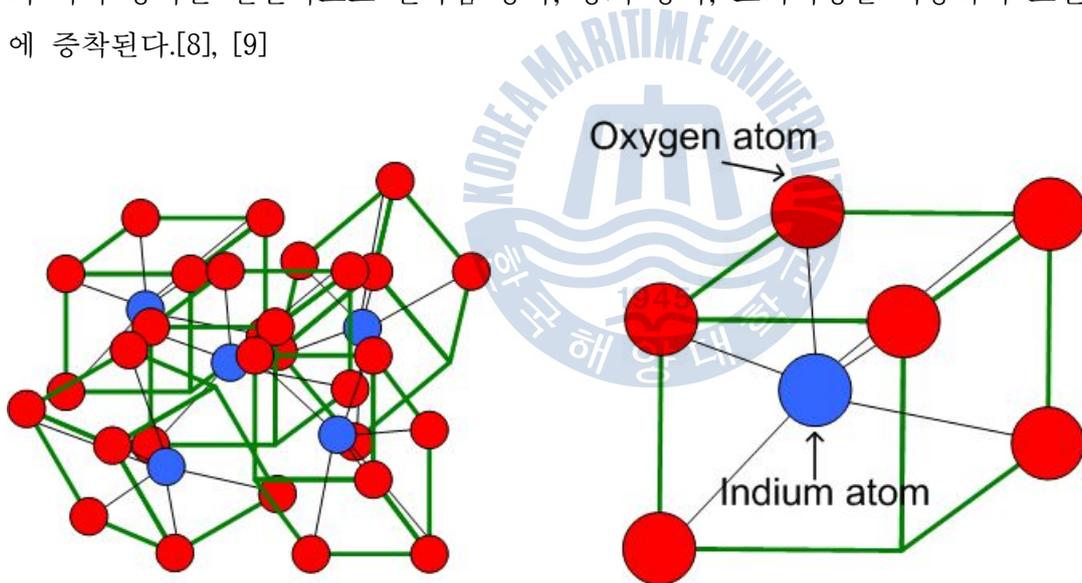


Fig. 3. Crystal structure of ITO(Indium Tin Oxide)

제 3 장 실험 방법

3.1 RF Sputtering System

연구에서 수행한 박막 증착에 사용된 RF 마그네트론 Sputter의 schematic을 Fig. 4에 나타내었으며 진공 펌프로는 저진공에서 로터리 펌프를 사용하였고, 중·고진공에서는 터보 분자 펌프(Turbo Molecular Pump, TMP)를 사용하였다. Sputtering에 사용되는 Plasma 생성 가스는 O_2 와 Ar을 사용할 수 있으며, 가스의 공급량을 제어하기 위해 가스유량 제어장치(Mass Flow Controller, MFC)를 사용하였다. 또 Sputtering을 위한 전력 공급을 위해 13.56 MHz RF power supply 2대와 1 kW DC power supply 1대가 연결되어 있다. Chamber에는 총 3개의 Cathode가 있어 복수의 타겟을 설치 가능하고, 장착 가능한 타겟의 크기는 4 inch 이다. Anode에는 온도 조절 장치가 설치되어 있으며 박막의 균일도를 증가시키기 위해 회전할 수 있도록 되어있다. 또 Cathode와 각 Anode와의 거리는 13 cm이다.

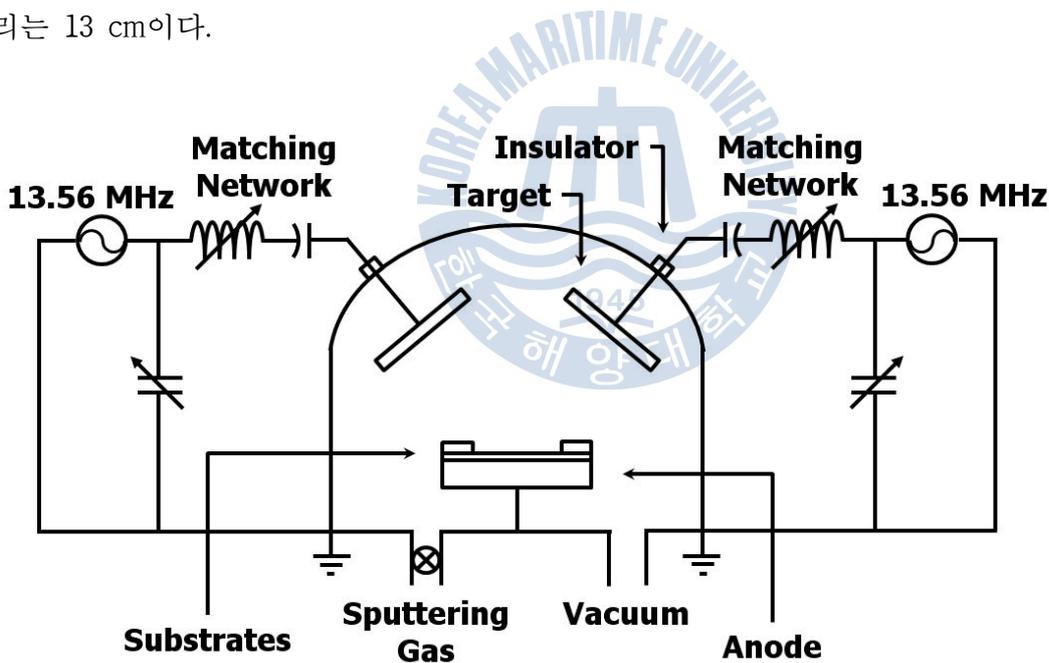


Fig. 4. The Schematic of chamber in co-sputtering system

ITO 박막의 증착에는 실리콘 웨이퍼(Silicon wafer)를 사용하였다. ITO 박막을 증착시키기 전에 실리콘 웨이퍼의 유기물 및 오염 물질을 제거하기 위하여 Acetone, Methanal과 DI Water 용액을 이용하여 초음파 세척을 각각 5 분간 진행하였다. 또한, ITO 박막은 ITO(4 inch, 90% In₂O₃, 10% SnO₂, 99.99%)타겟을 사용하여 Sputtering 법으로 성장 시켰으며 증착 전 Chamber 내의 압력을 약 2×10^{-6} Torr까지 유지 시켰다. 그리고 타겟 표면의 오염을 제거하기 위해 항상 10분 썩 pre-Sputtering을 한 뒤 셔터를 열고 박막 증착을 수행 하였다.

표 1에서 보이는 바와 같이 Sputtering 파워 변화에 따른 ITO 박막의 두께 특성을 알아보기 위해 ITO 타겟의 파워를 100, 150, 200 W로 변화시켰다. ITO 박막 증착시, Plasma 생성을 위해서는 20 SCCM(Standard Cubic Centimeter per Minute)의 고순도 Ar 가스를 사용하였고, 상온에서 증착된 박막의 특성을 알아보기 위해 인위적인 가열은 하지 않고 60분 동안 성장시켰다. 이때 Chamber의 증착 압력은 5 mTorr로 설정하였다.

Table 1. The growth condition of ITO thin films as power

증착 변수	범위
Substrate	Silcon wafer
Target	ITO
RF Power [W]	100,150, 200
Growth Time [min]	60
Working Pressure [mTorr]	5
Ar Gas [SCCM]	20
Temperature [°C]	Room Temperature



Type 1

Type 2

(a)



Type 1

Type 2

(b)



Type 1

Type 2

(c)

Fig. 5. (a) Grown ITO on Si wafer with RF power 100 W using sputter
(b) Grown ITO on Si wafer with RF power 150 W using sputter
(c) Grown ITO on Si wafer with RF power 200 W using sputter

그림 5에 보이는 바와 같이 ITO 박막을 ITO타겟의 RF power를 달리하여 실리콘 웨이퍼에 증착하였고, 각각의 ITO 박막이 증착된 두께를 측정하였다. 표 2에서 보이는 바와 같이 측정결과 100 W의 경우 75 ± 5 nm, 150 W의 경우 95 ± 5 nm, 200 W의 경우 115 ± 5 nm로 각각 측정되었다.

Table 2. The thickness of ITO thin films as power

ITO	RF power (W)					
	100		150		200	
Thickness (nm)	type 1	type 2	type 1	type 2	type 1	type 2
	72	78	97	93	113	118

3.2 포토리소그래피(Photolithography)

포토리소그래피(Photolithography)는 원하는 회로설계를 유리판 위에 금속패턴으로 만들어 놓은 마스크(mask)라는 원판에 빛을 쬐어 생기는 그림자를 웨이퍼 상에 전사시켜 복사하는 기술이며, 반도체의 제조 공정에서 설계된 패턴을 웨이퍼 상에 형성하는 가장 중요한 공정이다. Lithography는 라틴어의 lithos(돌)+graphy(그림, 글자)의 합성어인 석판화 기술로서 인쇄기술로 쓰이다가 현재는 반도체 노광공정 기술을 통칭하는 이름으로 쓰이고 있으며 반도체 미세화의 선도 기술이다.[5]

반도체 소자에 사용되는 물질들은 빛에 노출되어도 그 특성이 변화되지 않아, 노광공정을 통해 마스크 원판의 회로설계를 웨이퍼로 전사하기 위해서는 매개체가 필요한데 그 매개체를 감광제(photoresist, PR)라 한다. 감광제는 특정 파장의 빛을 받아 현상액에서의 용해도가 변하는 특성을 이용해 후속 현상처리 과정 중 빛을 받은 부분과 그렇지 않은 부분을 선택적으로 제거할 수 있는 물질을 말한다. 일반적으로 많이 사용되는 감광제는 현상액을 이용하여 빛에 의

하여 선택적으로 변화된 부분을 제거하게 되는데, 빛을 받은 부위가 현상액에 의해 잘 녹는 경우를 positive photoresist, 그 반대를 negative photoresist라고 한다. 그림 6은 positive photoresist와 negative photoresist를 비교하여 공정시 개략도를 나타내었다.

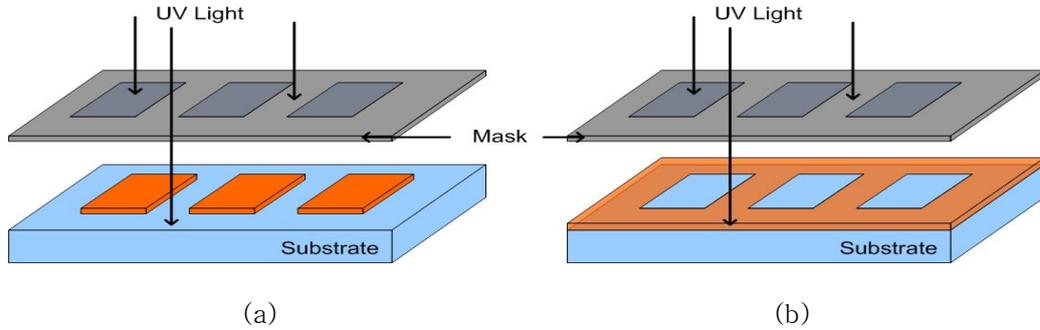


Fig. 6. The Schematic of Positive photoresist and Negative photoresist

3.2.1 Positive photolithography and Negative photolithography

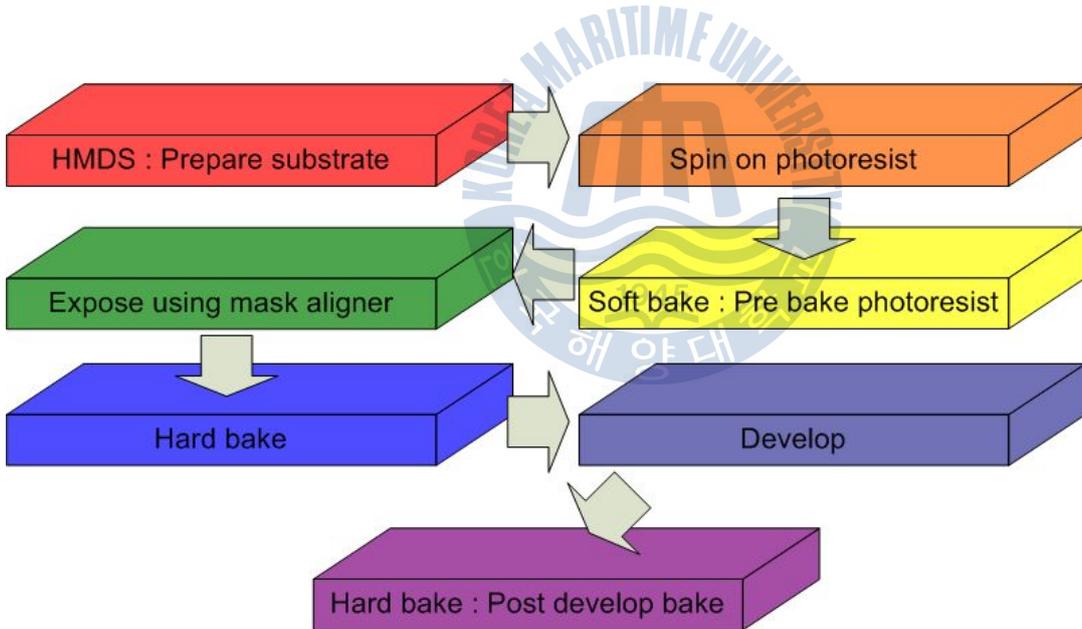


Fig. 7. The flowchart of photolithography process

그림 7은 photolithography의 공정과정을 나타낸 차트이다. Positive photolithography 와 Negative photolithography의 차이점은 spin coating과정에서 이용되는 감광제가 빛을 쬐 부분이 현상액에 녹아 나가면 positive, 빛을 받지 않은 부분이 녹아나가게 되면 negative라고 정의 하며 나머지 공정과정은 동일하다. 예를 들어, Positive photolithography의 공정과정을 설명해 보겠다.

Positive photolithography의 경우 총 7단계에 거쳐 진행하게 되는데 첫 단계로 기판의 표면에 HMDS 용액으로 화학처리를 한다. 기판과 감광제(photo)의 접착력을 향상시키기 위해 수행한다. 두 번째 단계로 spin coating방식을 이용하여 감광제를 코팅한다. 기판위에 감광제를 일정량 떨어뜨린 후 특정 회전수까지 고속회전을 시켜 감광제를 원하는 두께로 기판에 coating을 하게 된다. Coating 후 세 번째 단계에서 감광제에 남아있는 유기 용매를 제거하기 위해 90 ~ 110도 온도사이에서 5분에서 10분간 soft bake를 수행하게 된다. 네 번째 단계에서는 mask와 기판 사이를 정렬하고 UV light를 이용하여 노광 공정을 7초간 진행한다. 노광공정이 끝나면 다섯 번째 단계에서 또 한번 bake를 실시하는데, PEB(Post Exposure Bake)는 감광제의 확산을 통한 패턴 형성에 매우 중요한 과정이다. 여섯 번째 단계는 Develop 용액과 DI water를 이용하여 마치 사진현상과 같이 현상과정을 거치게 된다.

3.2.2 Reverse Photolithography

그림 8은 Reverse photolithography의 공정과정을 나타낸 차트이다. Reverse photolithography의 경우 총 9단계에 거쳐 진행하게 되는데 첫 단계에서 기판의 유기물 및 오염 물질을 제거하기 위하여 Acetone, Methanal과 DI Water 용액을 이용하여 초음파 세척을 한 후 Sputter를 이용한 원하는 두께만큼 메탈을 증착시킨다. ITO가 증착된 PES 기판을 이용하여 Positive photolithography 공정과 같이 네 번째인 Soft bake까지 진행한다. 네 번째 단계에서는 mask와 기판 사

이를 정렬하고 UV light를 이용하여 노광 공정을 2초간 진행한다. 다음으로 다섯 번째 과정에서 120 ~ 130도 온도에서 5분간 Hard Bake과정을 진행한다. Hard Bake 과정을 끝낸 후 마스크를 제거하고 UV light를 이용하여 20초간 노광 공정을 한다. 다음은 마지막 단계인 리프트 오프 공정과정으로 Develop 용액과 DI water, 불산을 이용하여 원하는 부분을 제외한 나머지 감광제와 메탈을 제거하게 된다.

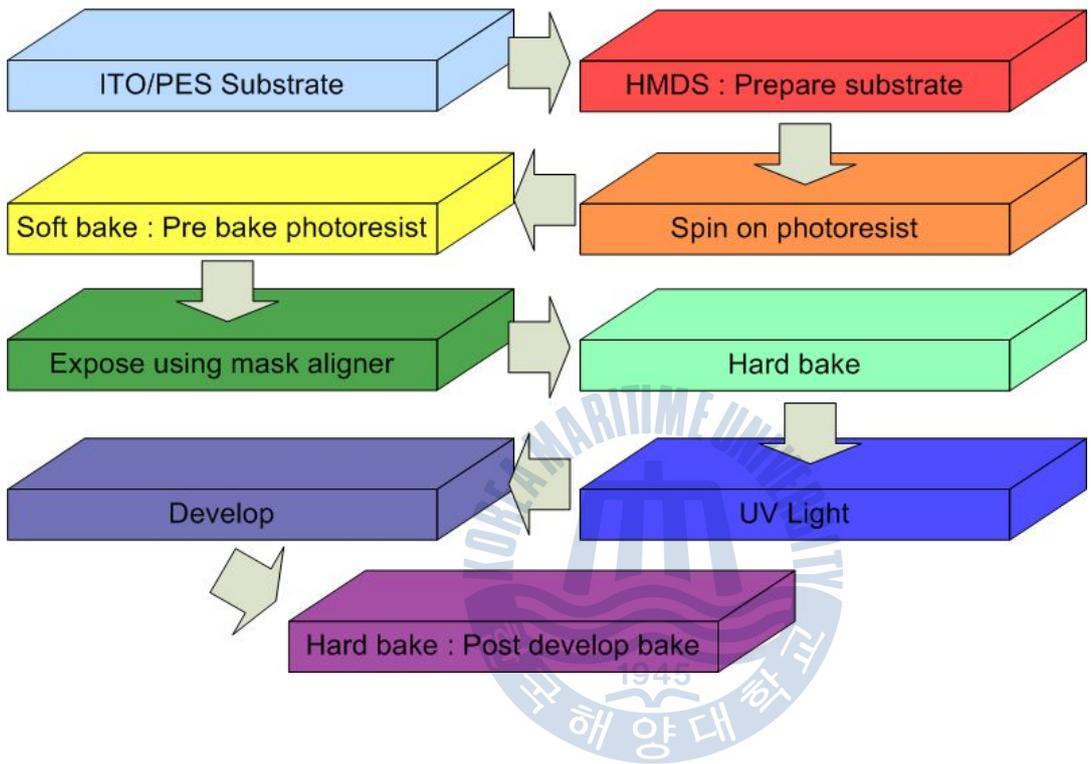


Fig. 8. The flowchart of Reverse photolithography process

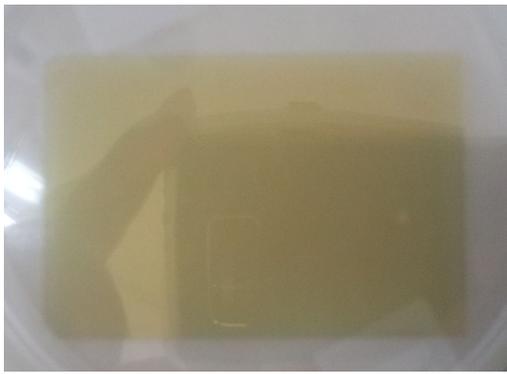
제 4 장 실험 결과 및 고찰

4.1 Growth time 변화에 따른 ITO박막의 특성

Sputtering power를 150W로 고정시키고 표 3과 같은 증착 조건으로 Growth time을 300, 600, 900 min으로 변화시키며 ITO박막을 PES기판 상에 증착시켜 보았다. 그 결과 그림 9와 같이 ITO 박막이 증착되었고, 두께에 따라 ITO 박막의 색깔이 상이하게 나타내었다. 증착이 시간이 길어짐에 따라 색깔이 연한 노란색, 짙은 노란색, 검색을 띄었고, 두께 측정 결과 각각 500, 1000, 1500 nm 측정되었다. PES 기판상에 ITO를 일반적인 반도체와 달리 두껍게 증착한 이유는 RF소자 개발에 있어 증착된 박막 두께가 두꺼워짐에 따라 손실 저항 값이 줄어들어 보다 좋은 전기적, 물리적 특성을 얻을 수 있다. 하지만 기판의 투과율이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

Table 3. The growth condition of ITO thin films as time

증착 변수	범위
Substrate	PES
Target	ITO
RF Power [W]	150
Growth Time [min]	300, 600, 900
Working Pressure [mTorr]	5
Ar Gas [SCCM]	20
Temperature [°C]	Room Temperature



(a)



(b)



(c)

Fig. 9. (a) The Grown ITO on PES with time change 300 min using sputter
(b) The Grown ITO on PES with time change 600 min using sputter
(c) The Grown ITO on PES with time change 900 min using sputter

4.2 RF소자의 응용을 위한 Positive photolithograpy 공정

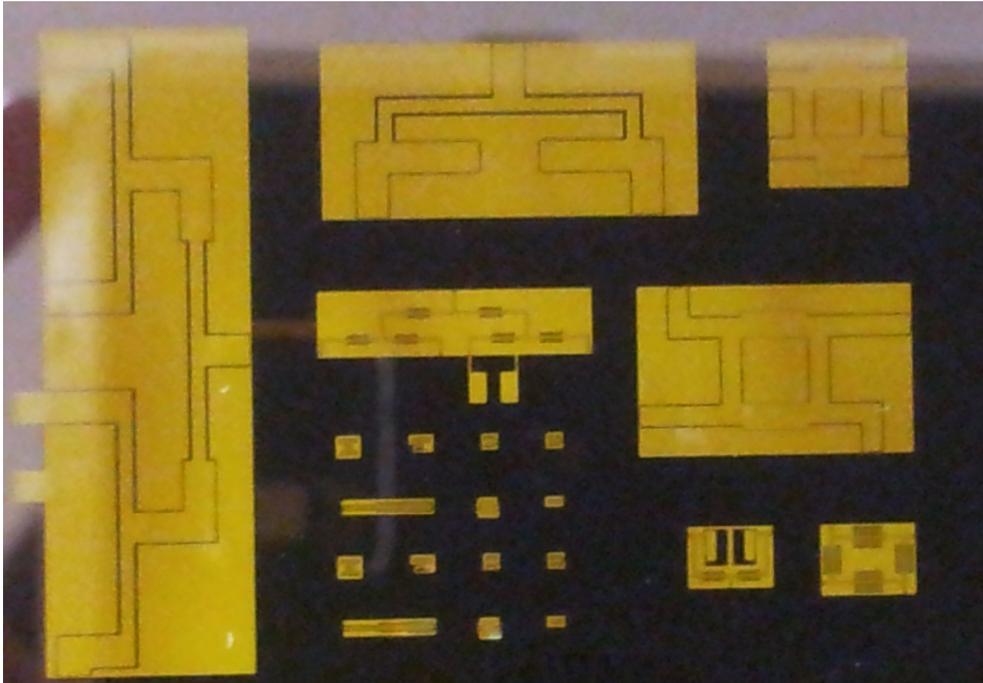


Fig. 10. The photolithography mask

본 연구에서는 RF소자의 응용을 위해 그림 10에서 보이는 바와 같이 photomask를 glass로 제작하였다. Photomask에는 coupler, 2-way divider, 4-way divider, 임피던스 변환기 등을 포함한 RF소자의 여러 가지 패턴 새겨져 있다. 그림 10의 photomask를 이용하여 Positive photolithography의 공정을 이용하여 RF소자 개발을 진행하였다.

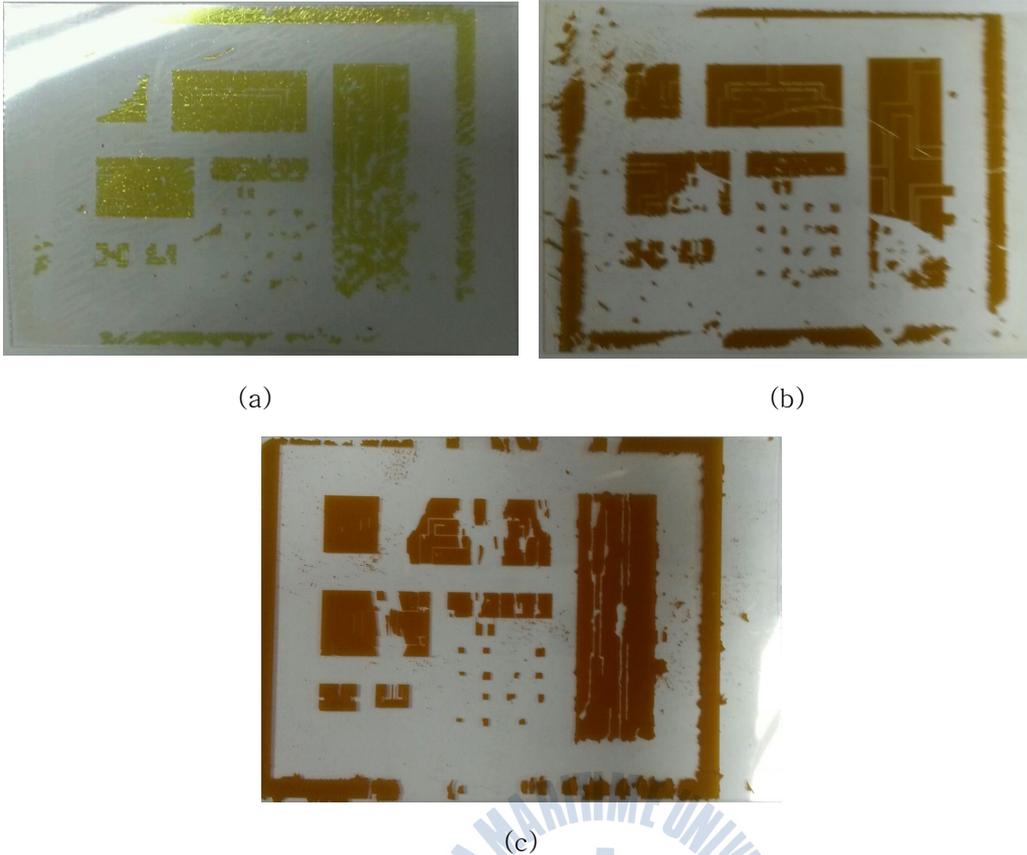


Fig. 11. (a) The positive photolithography using thickness 500 nm ITO on PES
 (b) The positive photolithography using thickness 1000 nm ITO on PES
 (c) The positive photolithography using thickness 1500 nm ITO on PES

그림 11은 RF소자 응용을 위해 positive photolithography 공정을 이용하여 각각 ITO를 500, 1000, 1500 nm를 증착시켜 리프트 오프를 한 것을 나타내고 있다. 리프트 오프 과정에서는 Acetone, Methanal과 DI Water를 이용하였고, 그림 11에서 보이는 바와 같이 ITO 박막의 결정이 깨어지거나 ITO박막이 제거되어야 할 부분이 제거되지 않고 그대로 남아있다. 그림 11-(a)를 보면 ITO박막의 투과율과 투명도가 뛰어나지만, ITO박막의 결정들이 깨어져서 나타나있다. 또한, 그림 11-(b),(c)는 ITO박막의 투과율, 투명도에서 떨어지지만 ITO박막의 결정이 깨어지지 않고 양질의 박막이 증착됨으로 인해 전기적, 물리적 특성 양호

할 것으로 판단된다. 하지만 그림11-(a), (b), (c)의 결과에서 알 수 있듯이 RF소자에 응용에 있어 mask를 이용하여 positive photolithography 공정으로 PES기판 상에 제작된 패턴이 ITO 박막으로 제대로 성장되어 있지 않다. 그 이유로는 그림 12와 같이 ITO 박막의 두께로 인해 photoresist로 제거 되어야 할 부분과 ITO 박이 남아 있어야 부분의 간격이 모호해짐에 따라 ITO의 박막 패턴이 형성되어지지 않는다고 판단되어 진다.

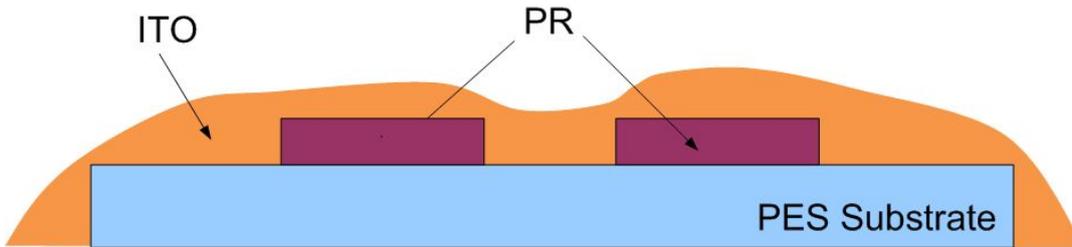


Fig. 12. The Schematic of grown ITO on PES

4.3 RF소자의 응용을 위한 Reverse photolithography 공정

그림 13은 RF소자 응용을 위해 PES기판 상에 Sputter를 ITO를 1500 nm 두께로 증착시켜 Reverse photolithography 공정을 진행한 것을 나타내고 있다. 리프트 오프 과정에서는 Develop용액과 DI Water, 불산을 이용하였고, 그림 13에서 보이는 바와 같이 ITO박막의 투과율, 투명도에서 떨어지지만 mask의 패턴이 미세한 부분까지 정확히 나타내고 있다. 또한, ITO박막의 결정이 깨어지지 않고 양질의 박막이 증착됨으로 인해 전기적, 물리적 특성 양호할 것으로 판단된다. 따라서 투명 플렉시블 RF소자 응용을 위한 ITO/PES 저온 공정기법으로 Reverse photolithography를 이용한 공정기법이 양호한 결과를 가져 올 것으로 판단된다.

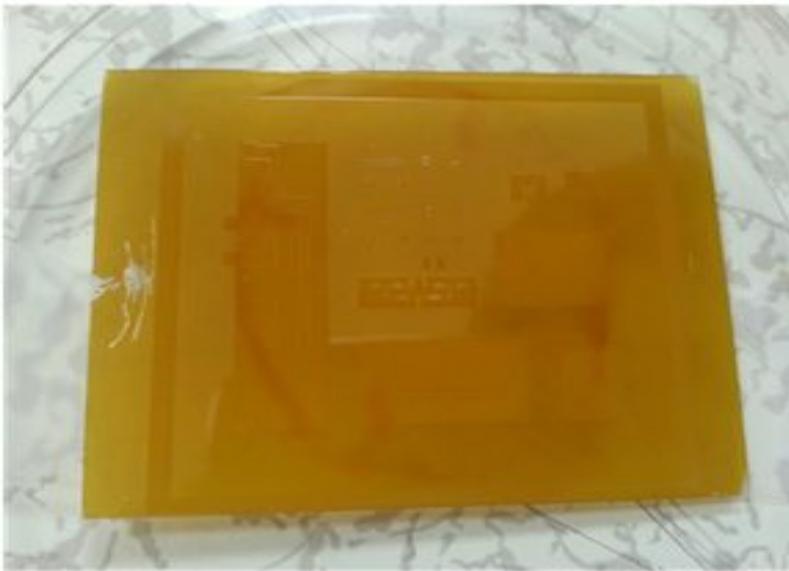


Fig. 13. The Reverse photolithography using thickness 1500 nm ITO on PES



제 5 장 결론

본 연구에서는 투명 플렉시블 RF소자 응용을 위한 ITO/PES 저온 공정기법을 연구하였으며, Positive photolithography의 공정과 Reverse photolithography 공정을 진행하였다. positive photolithography 공정을 이용하여 각각 ITO를 500, 1000, 1500 nm를 증착시켜 리프트 오프를 진행한 결과 ITO 박막의 결정이 깨어지거나 ITO박막이 제거되어야 할 부분이 제거되지 않고 그대로 남아있다. ITO 두께가 500 nm의 경우, ITO박막의 투과율과 투명도가 뛰어나지만, 박막의 결정들이 깨어져서 나타나있고, ITO의 박막두께가 1000 nm의 경우, 투과율, 투명도에서 떨어지지만 ITO박막의 결정이 깨어지지 않고 mask의 패턴들이 남아있다. 따라서, 양질의 박막이 증착됨으로 인해 전기적, 물리적 특성 양호할 것으로 판단된다. 하지만 positive photolithography 공정은 PES기판 상에 제작된 ITO 박막 패턴이 제대로 성장되어 있지 않다. Reverse photolithography 공정은 두께가 1500 nm ITO박막으로 인해 투과율, 투명도에서 떨어지지만 mask의 패턴이 미세한 부분까지 정확히 나타내고 있다. 또한, ITO박막의 결정이 깨어지지 않고 양질의 박막이 증착됨으로 인해 전기적, 물리적 특성 양호할 것으로 판단된다. 따라서 RF소자 응용을 위한 ITO/PES 저온 공정기법으로 Reverse photolithography를 이용한 공정기법이 양호한 결과를 가져 올 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] Y. YUN, J. H. JEONG, H. S. KIM and N. W. JANG, "RF Characteristic of Coplanar Waveguide Fabricated on Flexible PES", MICROWAVE JOURNAL, Vol. 56, no 2, pp. 90-100, Feb. 2013.
- [2] Y. Sun, and J. A. Rogers, "Inorganic Semiconductors for Flexible Electronics", Advanced Materials, Vol. 19, pp. 1987-1916, 2007.
- [3] Y. C. Chen, "IR Welding of Glass Filled Polyther Sulfone Composite", Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 4, No. 2, 2000, pp. 229-234
- [4] 김인선, 황희남, 이기호, "플렉서블 디스플레이 용 플라스틱 기판", 물리학과 첨단기술, 제 14권, 제 7/8호, pp. 2-8, 2005년 7/8월
- [5] 안진호, 이상설, "포토리소그래피의 기본원리", 물리학과 첨단기술, 제 20권, 제 1/2호, pp. 2-8, 2011년 1/2월
- [6] 김기현, 서경수 "디스플레이용 플라스틱 기판의 현황", 전자통신동향분석, 제 21권, 제 5호, pp. 129-140, 2006년 10월
- [7] Jay Lewis, "Materials Challenge for Flexible Organic Devices," Materialstoday, Vol.9, 2006, pp.38-45.
- [8] 김상모, 임유승, 조범진, 금민중, 김경환 "PES 기판상에 제작한 ITO 박막의 특성", 대한전기학회 전지물성·응용부분회 추계학술대회 논문집, pp. 69-70, 2006년 10월 27-28일
- [9] 이종우, 김철환, 윤현남 "Flexible Display용 유기 투명전극 필름", 물리학과 첨단기술, 제 14권, 제 7/8호, pp. 2-8, 2005년 7/8월
- [10] Jin Jang, "Displays Develop a New Flexibility," Materialstoday, Vol.9, 2006, pp.46-52.
- [11] R. Rajasekaran, M. Alagar and C. K. Chozhan, "Effect of Polyethersulfone and N, N'-bismaleimido-4, 4'-diphenyl Methane on the Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Systems", eXPRESS Polymer Letters, Vol. 2, No. 5, 2008, pp. 339-348

감사의 글

석사 2년 동안 참 많은 일이 있었는데 도움을 주신 모든분께 감사함 마음을 전해 드립니다. 먼저 2년 동안 저를 지도해 주신 윤영 교수님께 감사의 말씀을 전해 드리고 싶습니다. 무슨말이 필요없는 장현이형 석사 2년 동안 장현이형 덕분에 잘 버틸 수 있었던 것 같습니다. 평생감시다. 그리고 석사과정 시작단계에서 많은 도움을 준 정갑이형, 1년동안 같이 고생한 동기 의훈이 고맙습니다. 많이 부족한 형 밑에서 고생한 기준이, 이제 들어와서 많이 부족한 정훈이 고마워. 또 하늘나라에 계신 아버지, 어머니, 동주 우리 가족덕분에 무사히 석사과정 끝낼 수 있었습니다.

마지막으로 힘들 때나 즐거울 때 옆에 있어준 상민이, 두중이, 세운이, 종원이 다들 고맙다. 그리고 우리 까칠이 이민경 고마워요

정말로 많은 분들 덕분에 무사히 석사과정을 끝낼 수 있었습니다. 앞으로 항상 최선을 다하는 사람이 되겠습니다. 감사하다는 말 다시한번 더 전해 드립니다. 정말로 감사합니다

