

공용매로 변형된 초임계 이산화탄소를 이용한 이온 주입 포토레지스트 세정

정인일 · 김주원 · 이상윤* · 김우식* · 유종훈 · 임교빈[†]

수원대학교 공과대학 화학생명공학과
445-743 경기도 화성시 봉담읍 와우리 산2-2
*연세대학교 공과대학 화학공학과
120-749 서울시 서대문구 신촌동 134
(2004년 11월 5일 접수, 2004년 12월 16일 채택)

Stripping of Ion-Implanted Photoresist Using Cosolvent-Modified Supercritical Carbon Dioxide

In-Il Jung, Ju-Won Kim, Sang-Yun Lee*, Woo-Sik Kim*, Jong-Hoon Ryu and Gio-Bin Lim[†]

Department of Chemical and Biochemical Engineering, The University of Suwon,
San 2-2, Wau-ri, Bongdam-up, Hwaseong, Gyeonggi 445-743, Korea

*Department of Chemical Engineering, Yonsei University, 134, Sinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Korea
(Received 5 November 2004; accepted 16 December 2004)

요 약

본 연구에서는 다양한 공용매로 변형된 초임계 이산화탄소를 이용하여 웨이퍼 표면에 존재하는 이온주입 포토레지스트(IIP, ion-implanted photoresist) 및 잔류 불순물의 제거 공정을 97, 148, 200 °C의 온도와 200, 300, 400 bar의 압력 조건에서 수행하였다. 이온주입 포토레지스트는 순수 초임계 이산화탄소에 의해 제거되지 않았으나 팽윤(swelling)되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 단일 공용매 및 비양성자성 용매들의 혼합 공용매로 변형된 초임계 이산화탄소 시스템은 이온주입 포토레지스트를 팽윤시키나, 제거에 효과적이지 못하였다. 그러나 DMSO에 DIW가 혼합된 혼합 공용매(5%, v/v)로 변형된 초임계 이산화탄소 시스템은 97 °C, 200 bar의 온도, 압력 조건에서 30분 동안 세정 실험을 수행한 결과 이온 주입 포토레지스트의 제거에 효과적이었다(약 80%). 본 연구에서 사용된 혼합 공용매로 변형된 초임계 이산화탄소 시스템은 플라즈마 애싱(ashing) 및 산과 용매가 기본이 되는 습식 세정 방법의 대안으로서 화학액의 사용과 폐수를 감소시킬 수 있다.

Abstract – We propose an effective and environmentally friendly dry stripping method using a supercritical carbon dioxide (SCCO₂) system modified by a single and multiple cosolvents to remove ion-implanted photoresist and residue from a wafer surface at three different temperatures (97, 148, 200 °C) and pressures (200, 300, 400 bar). After high dose of ion implantation the photoresist was not easily removed by using pure SCCO₂, but swollen. The SCCO₂ system modified by single cosolvents and multiple cosolvents mixed with aprotic solvents could not effectively remove the heavy organics, but swell them. However, the SCCO₂ system modified with multiple cosolvent (5%, v/v) composed of DMSO and DIW showed high removal efficiency for ion-implanted photoresists at 97 °C and 200 bar for 30 min (about 80%). In this study it has been shown that the dry stripping method using SCCO₂ system modified with multiple cosolvents could replace either plasma ashing or acid and solvent wet bench method and dramatically reduce accompanied chemical usage and disposal.

Key words: Supercritical Cleaning, Ion-implanted Photoresist, Dry Cleaning

1. 서 론

첨단 기술의 총집합체인 반도체 산업은 급속한 발전과 더불어 새로운 공정의 개발이 요구되고 있다. 디바이스(device)의 제조에서 DRAM

의 경우 계속적인 집적도 향상 요구에 의해 더욱 미세화되는 추세이며, 2010년에는 450 mm의 웨이퍼 크기와 45 nm의 회로선폭 그리고 26개의 마스크 공정이 필요할 것으로 예측되고 있다. 이러한 반도체 산업의 발전에 따른 저유전막, 구리배선, 450 mm 웨이퍼, 칩 패턴의 미세화 등 변화는 계속해서 관련되는 새로운 공정 개발을 요구하고 있다[1].

반도체 디바이스 제조 공정은 크게 증착(deposition), 사진 공정

[†]To whom correspondence should be addressed.
E-mail: gblim@suwon.ac.kr

*이 논문은 연세대학교 김우식 교수의 정년을 기념하여 투고되었습니다.

(photolithography) 그리고 식각(etching) 공정이 반복적으로 진행되는 데, 포토레지스트(photoresist, PR)는 사진 공정을 통해 회로 패턴의 다양한 미세구조 형성을 위해 사용되고 있다. 이러한 포토레지스트는 미세구조 형성 후 다음 공정 전에 반드시 제거가 되어야 하며 완벽한 제거가 이루어지지 않을 경우 불순물로 남게 되어 최종 제품의 성능저하 및 불량화의 원인이 된다. 반도체 디바이스 제조 공정 중 FEOL(front end of line) 공정 전체 단계에서 포토레지스트 제거를 위한 공정은 적어도 30회 이상이 요구되고 있다. 디바이스의 제조 중 이온주입 공정의 증가에 따라 이온 주입에 의해 변성된 포토레지스트의 제거 공정도 증가하는 실정이다[1].

포토레지스트는 유기 고분자 물질로서 일반적으로 산화반응에 의해 제거될 수 있지만 디바이스 제조공정 중 이온주입 등에 의해 경화된 경우 일반적인 습식세정 방식에 의한 산화/제거 공정으로 제거가 어려워 디바이스 상에 잔여 유기물이 존재하게 된다. 현재, 이러한 포토레지스트 제거 공정은 일반적으로 건식 세정과 습식 세정을 병행하고 있으나 플라즈마를 이용한 건식 세정 방법의 경우 포토레지스트를 완벽하게 제거하지 못하며, 특히 금속 등 무기 오염 물질들을 제거하지 못한다. 또한, 100 °C 이상의 고온 상태를 유지하는 산소 플라즈마를 이용한 건식 세정의 경우 디바이스의 저유전 물질의 유전율을 변화시키는 등 문제점이 있으며 이를 보완하기 위해 H_2/N_2 및 UV/O_3 등의 세정 방법이 제안되고 있다[2, 3].

현재 포토레지스트 및 오염물을 제거하기 위해 널리 적용되는 습식세정 방법은 일반적으로 황산과 과산화수소 혼합물을 사용하는 SPM이 사용되는데 금속을 부식시키는 단점이 있다. 이외에도 금속 공정이후에는 *N*-methyl-2-pyrrolidone (NMP), dimethylsulfoxide (DMSO) 등의 유기용매를 다량 사용하여 세정 과정을 수행하고 있다[4].

포토레지스트는 감광성 고분자 물질로서 패턴 이미지를 웨이퍼 위에 형상화하기 위해 사용되며, 특히, 디바이스의 전기적 특성 변화를 위해 불순물을 주입하는 이온주입 공정에서 포토레지스트는 원하지 않는 영역의 불순물 주입을 막기 위한 마스크로 사용된다. 이러한 이온 주입 공정에서 마스크로 사용된 포토레지스트의 표면에는 불순물 이온들에 의해 포토레지스트 내에 존재하는 수소, 산소 등의 원자가 방출되어 탄화층(crust layer or carbonized layer)이 형성된다[5]. 주로 포토레지스트의 상부와 측면 표면 위에 형성되는 탄화층은 비 다공성(nonprous) 구조를 지니게 되어 일반적으로 액상 용매의 침투가 용이하지 않아 용매에 의한 제거가 어렵다. 이러한 탄화층을 가지는 포토레지스트의 제거에 플라즈마 방법이 가장 널리 사용되고 있으나 플라즈마의 형성을 위한 고온의 주변 온도로 인하여 포토레지스트 내에 존재하는 용매나 저분자량의 휘발 물질들이 포토레지스트의 탄화층에 의해 쉽게 빠져나가지 못하고 포토레지스트의 부풀음 또는 파열을 일으킨다[6]. 이러한 파열 잔류물은 비교적 높은 수준의 파티클을 생성하고, 더 많은 횟수의 장비세정을 요구한다. 또한, 공정 장비에 잔류물이 축적될 경우 파티클들이 다른 웨이퍼에 재흡착 될 수 있다.

초임계 유체는 높은 용해성과 빠른 물질전달의 유체 특성에 의해 추출, 중합, 의약, 염색 등에서 응용돼 왔으며, 최근에는 반도체 제조공정에서 기존 세정 방법의 대안으로서 최근 미국, 일본, 프랑스 등을 중심으로 초임계 이산화탄소를 이용한 건식 세정 공정이 연구되고 있으며, 세정 공정뿐 아니라 현상(developing), 코팅, 건조, 금속 증착(metal deposition), 저유전율 필름 등에 응용되고 있다[7].

초임계 유체로는 비휘성, 안정성, 비 인화성 및 경제적 측면에서

장점을 지니는 이산화탄소가 널리 사용되고 있으며 이산화탄소를 사용하는 초임계 유체 공정의 경우 극성 물질 등에 대한 용해력의 증가를 위해 소량의 유기 용매를 첨가하여 사용하기도 한다. 이때 사용되는 유기 용매는 기존 방식에 비해 매우 소량을 첨가하여 사용함으로써 유독성 화학액 사용을 줄일 수 있으며, 사용된 이산화탄소와 공용매는 간단한 압력의 조절에 의해 쉽게 상분리가 되므로 재순환하여 사용할 수 있어 환경 친화적이고 경제적이다.

본 연구에서는 이온 주입 공정 후 탄화층을 지니고 있는 포토레지스트를 제거하기 위해 초임계 이산화탄소와 다양한 공용매를 이용한 초임계 유체 공정의 적용을 검토하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구에서 사용된 실리콘 웨이퍼는 P-type(100)의 결정 방향을 지니며 Novolak resin과 DNQ 성분으로 이루어진 포토레지스트를 1.2 μm 두께로 스핀코팅을 이용하여 형성시켰다. 포토레지스트를 형성한 후 포토레지스트가 도포된 실리콘 웨이퍼 표면에 이온 주입 공정을 수행하여 주입된 이온에 의해 포토레지스트 표면에 경화된 탄화 층을 지니도록 제작하였다. 이때, 이온주입은 arsenic ion을 20 KeV의 가속도와 3×10^{15} atoms/cm²의 농도로 주입하였다. 이러한 과정을 통하여 얻어진 실리콘 웨이퍼는 Fig. 1에서 제시된 바와 같이 약 1.2 μm 의 포토레지스트 층에 약 600 Å 정도의 탄화층이 형성 되었다. 제작된 웨이퍼는 1×1 cm²의 크기로 절단하여 사용하였다. 초임계 유체로 사용된 이산화탄소는 99.99%의 순도를 지니는 것으로 더 이상의 정제 없이 사용하였으며, 공용매로는 포토레지스트에 대해 용해성이 높고 이산화탄소와 혼화성이 있는 DMSO, NMP, DMPU(1,3-dimethyl-3,4,5,6-tetrahydro-2[1H]-pyrimidine), DIW(deionized water) 등을 단독 혹은 혼합하여 사용하였다.

2-1. 실험 장치

본 연구에서 사용한 실험 장치는 Fig. 2에 제시하였으며, 세정을 위한 반응기는 고압에서 실험을 수행할 수 있도록 설계되었으며, 반응기 내부에 시편을 고정할 수 있는 홀더(holder)를 가지도록 제작되었다.

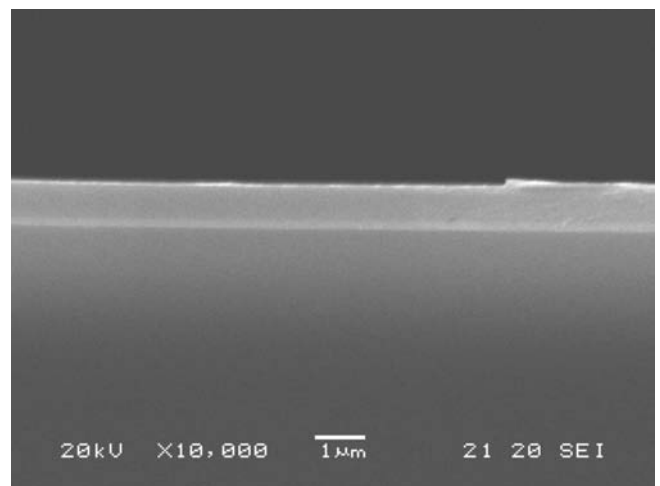


Fig. 1. SEM micrographs of the implant damaged photoresist coated wafer.

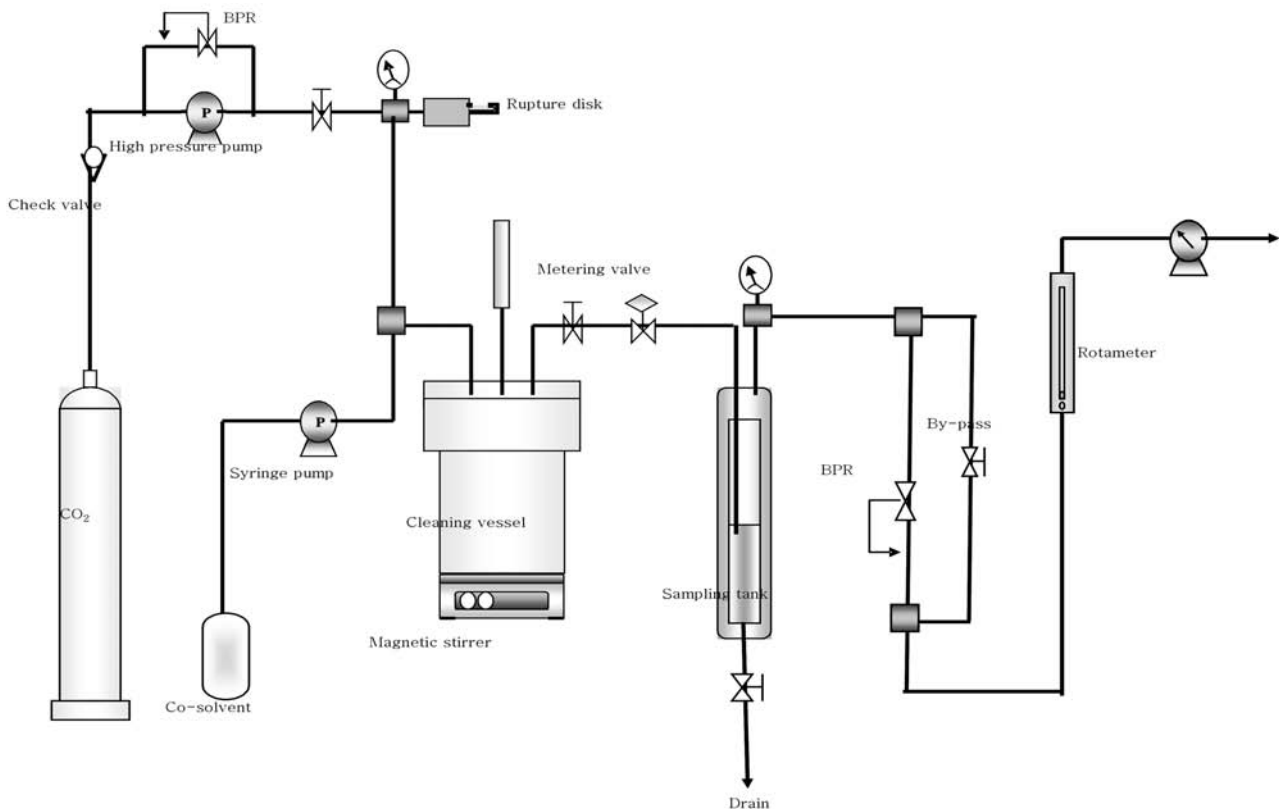


Fig. 2. Schematic diagram of the supercritical cleaning apparatus used in this study.

실험장치는 고압의 이산화탄소와 일정량의 공용매를 공급하는 공급부, 세정이 이루어지는 고압 반응기, 이산화탄소와 오염 용매를 분리하는 분리조로 구성된다. 용매 저장조로부터 나온 이산화탄소는 냉각되어 고압 정량 펌프(Teikoku, ELM-1, Japan)에 의해 가압된다. 가압된 이산화탄소는 후방압력조절기(back-pressure regulator, 26-1,700, accuracy: $\pm 1\%$, Tescom, U.S.A.)에 의해 원하는 압력으로 조절되며, 가압된 이산화탄소의 온도를 반응온도로 맞춰 주기 위하여 반응기 내부로 들어가기 전에 예열기를 설치하였다. 고압반응기 내부에 주입되는 공용매는 고압 정량주사 펌프(syringe pump, D series, Model 100D)를 이용하여 원하는 양을 주입할 수 있도록 하였다.

고압 반응기의 외부에는 band heater를 부착하였으며 PID 온도 조절기에 의해 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에서 조절되도록 하였다. 고압 반응기 내부에 주입된 초임계 이산화탄소와 공용매의 원활한 혼합을 위해 반응기 내부에 교반 막대를 넣고 외부에서 교반기를 사용하여 교반하였다. 세정 실험이 종료된 후에는 반응기 내부에 있는 포토레지스트를 포함한 공용매를 순수 초임계 이산화탄소를 일정한 연속적으로 흘려보내 주면서 반응기 내부에서 제거하였으며, 고압 반응기에서 배출된 혼합 유체는 감압 탱크에서 감압되어 이산화탄소와 공용매는 분리되며, 공용매가 제거된 이산화탄소는 로타미터와 dry gas meter(SINAGAWA, DC-2)를 거쳐 유량이 측정되고 외부로 방출되었다. 감압 탱크의 압력 또한 후방 압력 조절기를 통해 원하는 압력으로 조절되었다. 고압 반응기 내부에 잔류하는 잔여 잔류물을 제거하기 위해 고압 반응기 내부의 가압된 이산화탄소를 빠르게 외부로 방출하였다. 세정된 웨이퍼 시편은 광학 현미경을 이용하여 실리콘 웨이퍼 표면을 관찰하여 포토레지스트의 제거 정도를 확인 하였다.

2-2. 실험 방법

본 연구에서는 $1 \times 1 \text{ cm}^2$ 의 시편을 고압 반응기 내부의 홀더에 고정하고, 반응기를 봉입(sealing)한 후 고압 반응기의 온도를 실험 온도로 예열하였다. 고압 반응기의 온도가 일정하게 되면 고압 정량 펌프를 이용하여 초임계 이산화탄소를 고압 반응기 내부로 공급하였다. 이때 이산화탄소는 예열기를 거쳐 실험 온도로 예열되어 고압 반응기 내부로 가압된다. 이와 함께 일정량의 공용매를 고압 정량 주사 펌프를 사용하여 반응기 내부에 주입하게 된다. 이렇게 주입된 초임계 이산화탄소와 공용매는 교반 막대의 회전에 의해 서로 섞이게 되어 실리콘 웨이퍼 표면으로부터 포토레지스트를 제거하게 된다.

세정 공정 시간이 지난 후 오염물을 용해한 초임계 이산화탄소와 공용매는 감압 탱크로 이송되게 된다. 이송되는 동안 고압 반응기 내부로 순수 초임계 이산화탄소가 공정 압력으로 연속적으로 주입되며, 감압탱크로 이송된 오염물을 용해한 이산화탄소와 공용매는 감압에 의해 분리된다. 이때 분리된 이산화탄소는 로타미터와 dry gas meter를 통해 유량이 측정되고 외부로 배출된다. 순수 초임계 이산화탄소를 고압 반응기 내부에 계속 흘려보내줌으로써 고압 반응기 내부의 시편을 세척하였으며, 잔류하는 용매가 없도록 건조 공정을 수행한 후 시편을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

초임계 이산화탄소를 이용하여 실리콘 웨이퍼로부터 이온 주입 공정 후 탄화층을 갖는 포토레지스트 제거에 대한 영향을 알아보고 자 온도, 밀도, 다양한 공용매 등을 변화시키면서 실험을 수행하였다.

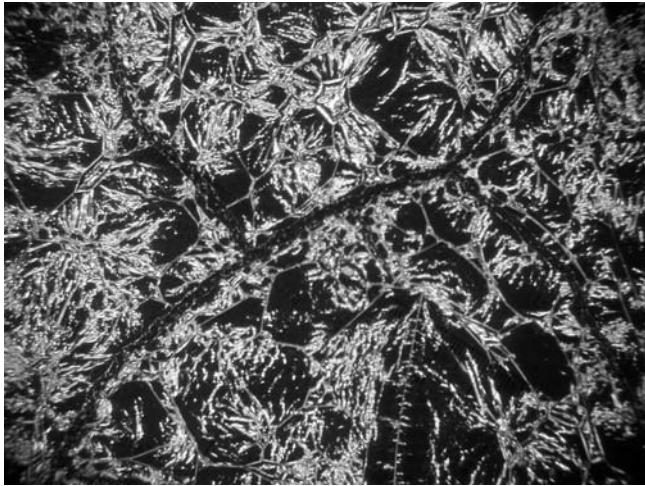


Fig. 3. Optical microscope images of photoresist stripped by SCCO_2 . The operating conditions were 97 °C, 200 bar and 60 min.

3-1. 초임계 이산화탄소 세정

순수 초임계 이산화탄소만을 사용하여 97 °C, 200 bar의 온도 압력 조건에서 60분 동안 포토레지스트에 대한 용해력을 검토한 결과 포토레지스트가 용해되는 것을 확인할 수 없었으며 일부 포토레지스트 층이 팽윤되는 것은 관찰할 수 있었다(Fig. 3). 이는 비극성 용매인 이산화탄소는 극성 물질이나 높은 분자량의 폴리머에 대하여 용매로서 효과적이지 못하나 큰 사중극자 모멘트를 가지고 있어 폴리머 구조를 팽윤(swelling) 시키는 것으로 사료된다.

3-2. 단일 공용매 첨가의 영향

비극성적인 초임계 이산화탄소의 극성 물질이나 높은 분자량의 물질에 대한 제한된 용해력을 증가시키기 위해서는 소량의 극성 유기 용매를 공용매로써 첨가하여 사용할 수 있다. 본 실험에서는 초기에 DMSO를 공용매로 사용하여 밀도를 일정하게 유지하면서 온도 증가에 영향을 관찰하기 위한 실험을 수행하였다. 동일한 이산화탄소 밀도(0.5 g/cm^3)를 지나는 조건의 97, 148, 200 °C의 온도와 200, 300, 400 bar 압력 조건에서 공용매 첨가량을 5%(v/v)로 고정하고 30분 동안 실험한 결과의 광학 현미경 사진을 Fig. 4에 나타내었다. 그림에서 보듯이 동일한 밀도에서 온도 증가에 따라 탄화층을 갖는 포토레지스트의 제거 경향이 차이를 보이지 않았으며, 전체적으로 제거되지는 않았지만 포토레지스트 층이 팽윤되거나 변성되었음을

확인할 수 있다.

DMSO 이외에 일반적으로 포토레지스트에 대해 우수한 용해능력을 지니는 NMP, DMPU, propylene carbonate(PC), ethyl glycol (mono) methylether acetate(EGMEA), diethylen glycol(mono) methylether (DGME), 1-methoxy-2-propanol들을 공용매로 5%(v/v) 사용하여 200 °C의 온도 조건에서 30분간 수행하여 공용매의 변화에 따른 영향성을 검토하였다. Fig. 5는 각각의 공용매에 대한 실험 결과의 광학 현미경 사진을 보여 주고 있다. 그림에서 보듯이 사용된 모든 공용매들은 포토레지스트를 팽윤 또는 변성시키는 역할을 보였으나 웨이퍼 표면위의 포토레지스트 대부분은 그대로 남아 있어 사용된 공용매들에 의해 포토레지스트의 제거가 되지 않음을 확인할 수 있다. 또한, 단일 공용매를 사용할 경우 동일 밀도의 공정 조건에서 온도의 증가에 의한 포토레지스트에 대한 용해력이 증가할 것을 기대하였으나 수행된 조건에서는 온도 증가에 따른 포토레지스트 제거 효율 결과를 확인할 수 없었다. 따라서 이후 실험에서는 비교적 낮은 온도 조건인 97 °C에서 선행된 실험에 사용된 공용매 중 습식 세정과 초임계 이산화탄소의 세정에서 사용되는 비양성자성 용매인 DMSO, NMP[4, 8-10]와 DMPU를 선택하여 밀도와 공용매량 변화에 따른 영향성을 검토하였다. 수행된 온도는 97 °C이며 이때 순수 이산화탄소의 밀도는 약 0.7 g/cm^3 을 지닌다. 공용매의 첨가량은 수행된 공정 조건에서의 이산화탄소 부피에 대해 10%(v/v)로 첨가하여 수행하였다. 수행된 결과는 Fig. 6에서 나타내었으며, Fig. 6에서 알 수 있듯이 5%(v/v)의 공용매를 사용한 경우보다 상대적으로 넓은 면적의 포토레지스트가 제거되는 것을 확인하였다. 이는 초임계 이산화탄소의 밀도 증가와 함께 공용매량이 증가함에 따라 포토레지스트가 더 많이 제거되는 것으로 추정된다. 그러나 제시된 광학 현미경 사진(Fig. 6)에서 알 수 있듯이 수행된 모든 경우 웨이퍼 표면의 약 20-30% 정도의 포토레지스트가 제거되었을 뿐 상당량의 포토레지스트가 제거되지 않고 그대로 남아 있어 단일 공용매를 이용한 방법으로는 효율적인 포토레지스트의 제거가 어려운 것으로 판단된다.

3-3. 혼합 공용매 첨가의 영향

다양한 공용매를 사용한 결과 이산화탄소-단일 공용매 공정은 포토레지스트의 제거에 효과적이지 못한 결론을 얻을 수 있었다. 이러한 실험을 바탕으로 공용매로 사용한 용매들을 혼합하여 상호보완적인 혼합용액을 공용매로서 적용하여 보았다[8, 9]. 초임계 공정 조건은 97 °C, 200 bar의 온도, 압력 조건에서 5%(v/v)의 공용매를

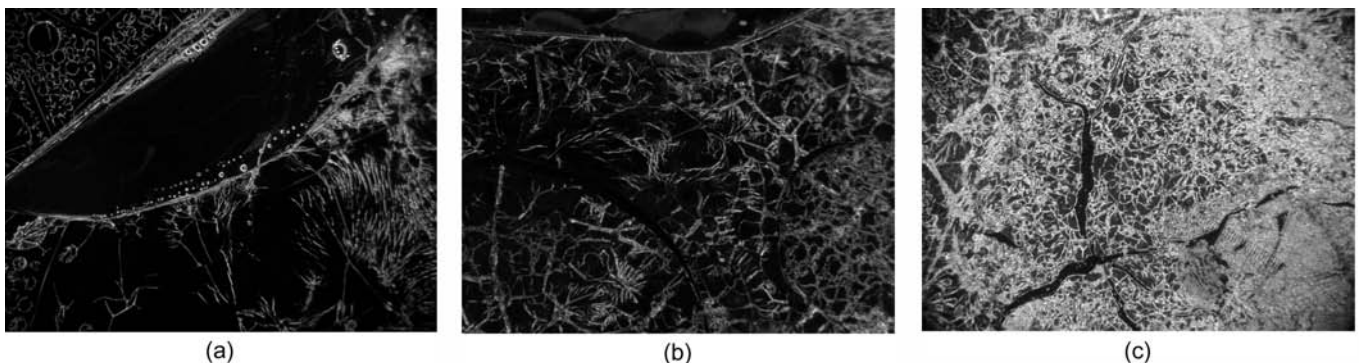


Fig. 4. Optical microscope images of photoresists stripped by SCCO_2 modified with 5%(v/v) DMSO at different temperatures and pressures for 30 min; (a) T=97 °C, P=200 bar, (b) T=148 °C, P=300 bar, (c) T=200 °C, P=400 bar.

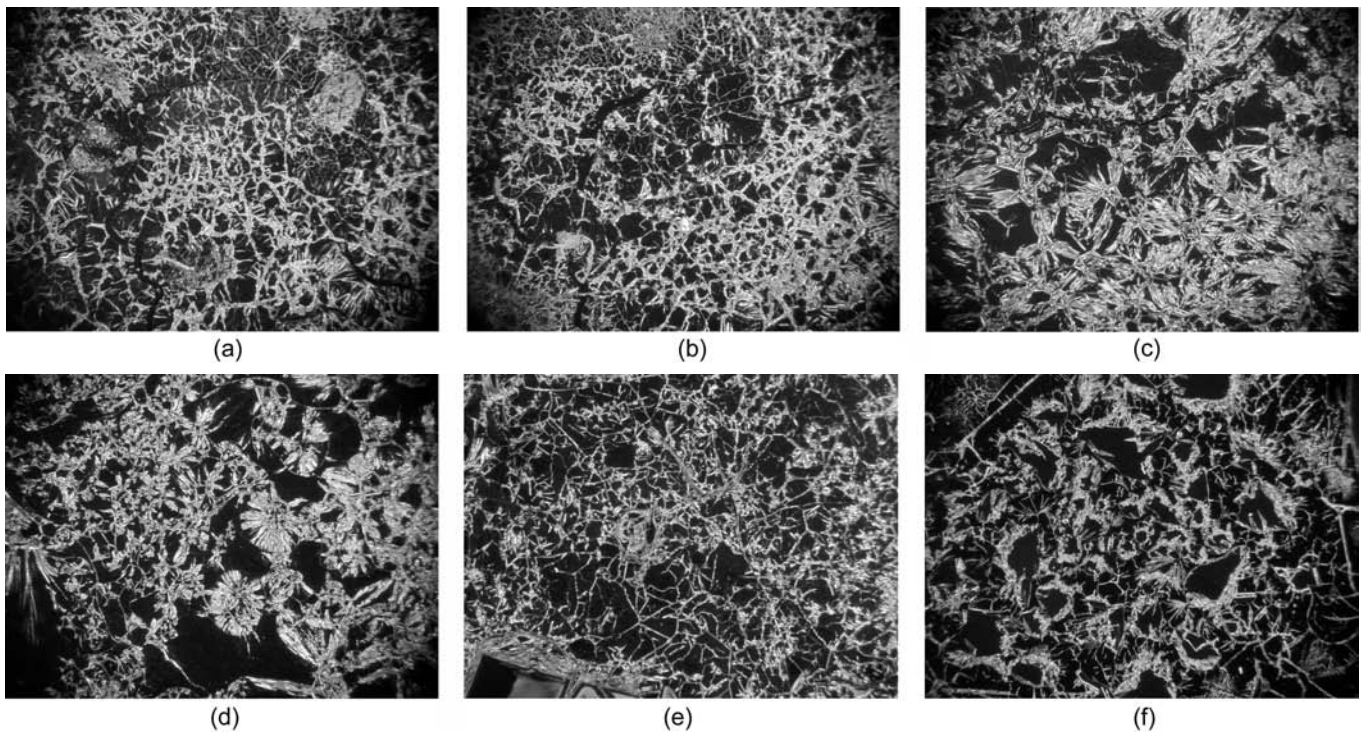


Fig. 5. The effect of various cosolvents of 5%(v/v) concentration on the photoresist stripping. The operating conditions were 97, 200 bar and 30 min; (a) NMP, (b) DMPU, (c) EGMEa, (d) DGME, (e) PC, (f) 1-methoxy-2-propanol.

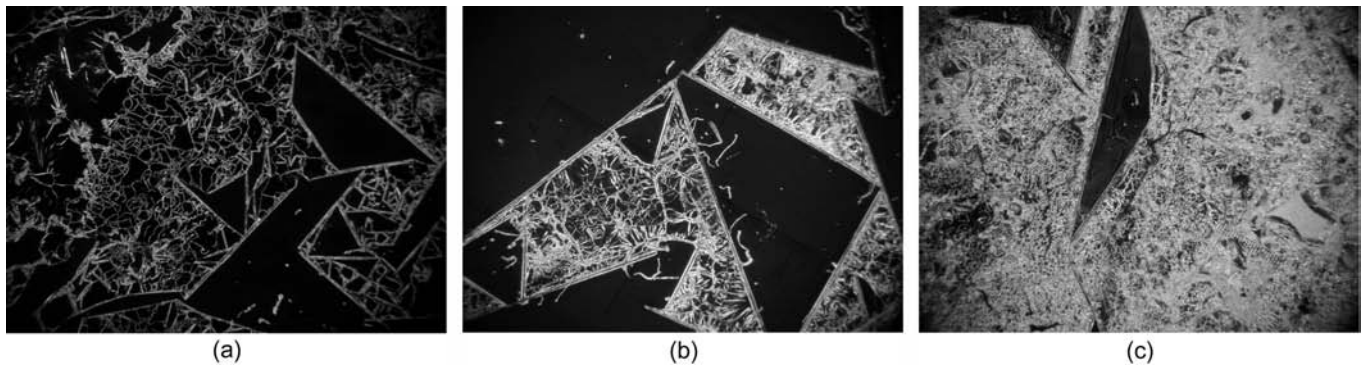


Fig. 6. The effect of various cosolvents of 10%(v/v) concentration on the photoresist stripping. The operating conditions were 97 °C, 323 bar and 30 min; (a) DMSO, (b) NMP, (c) DMPU.

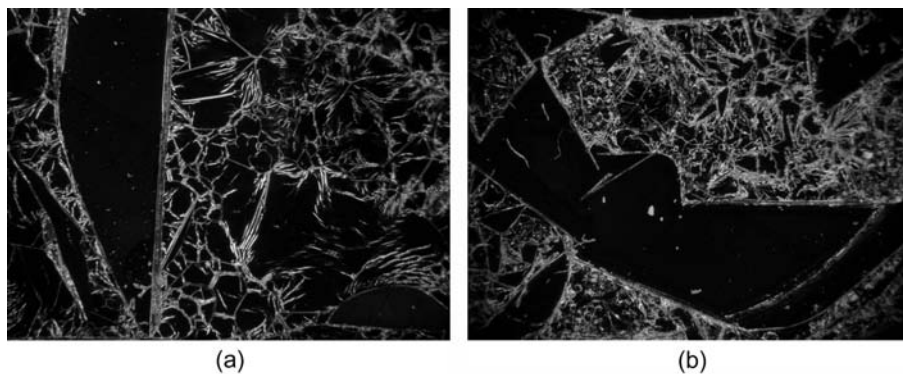


Fig. 7. The effect of various cosolvents of 5%(v/v) concentration on the photoresist stripping. The operating conditions were 97 °C, 200 bar and 30 min; (a) DMSO+NMP, (b) DMSO+DMPU.

사용하여 30분 동안 수행하였으며 이때 사용된 공용매는 DMSO+DMPU, DMSO+NMP 및 DMSO+DIW의 혼합 공용매를 사용하였다. 비양성자성 용매인 DMSO, NMP, DMPU에 대해서 DMSO에 NMP,

DMPU를 2:1의 비율로 혼합하여 5%(v/v)를 공용매로 사용한 결과를 Fig. 7에 나타내고 있는데, 그림에서 두 용매를 혼합한 공용매를 사용한 경우 또한 포토레지스트의 제거가 20-30% 정도 제거되었을

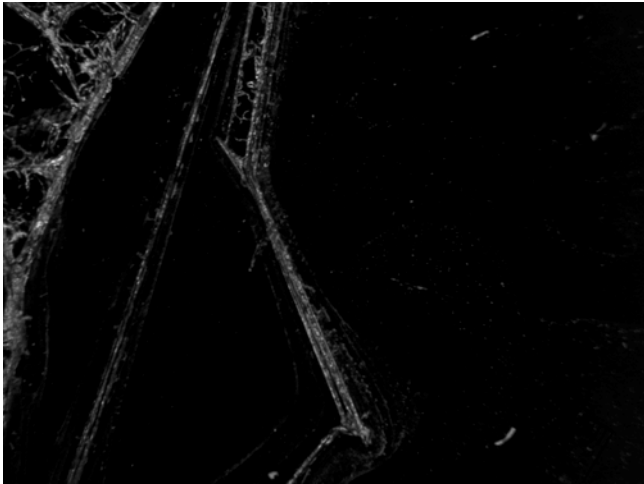


Fig. 8. The effect of DMSO+DIW of 5%(v/v) concentration on the photoresist stripping. The operating conditions were 97 °C, 200 bar and 30 min.

뿐 거의 제거되지 않고 그대로 남아 있었다.

Fig. 8에서는 비양성자성 용매인 DMSO에 DIW을 14:1의 비율로 혼합하여 97 °C, 200 bar의 온도, 압력 조건에서 5%(v/v)를 사용하여 30분 동안 초임계 유체 세정 공정을 수행한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 웨이퍼 표면의 포토레지스트 중 약 80% 정도가 제거된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 동일한 온도, 압력 조건에서 단일 및 비양성자성 용매들의 혼합 용액을 공용매로 사용하였을 경우와 비교했을 때 포토레지스트 제거율이 약 2.7-4배 만큼 증가한 결과를 보여주고 있다. 이러한 DIW의 첨가가 포토레지스트의 제거에 어떠한 영향 인자로 작용하였는가에 대한 정확한 메커니즘은 확인할 수 없었으나, DIW의 첨가가 이온 주입된 포토레지스트의 제거율을 증가시키는데 중요한 인자임을 확인할 수 있었으며, 더욱 체계적인 연구가 지속적으로 진행되어야 한다고 생각된다.

4. 결 론

본 논문에서는 초임계 이산화탄소를 웨이퍼 세정 공정 중 유기오염물의 제거에 대한 세정 용매로서의 영향을 검토하였다. 초임계 이산화탄소는 비극성 용매로서 이러한 비극성 특성을 개질하기 위해 공용매를 함께 사용하였다. 이러한 초임계 이산화탄소를 이용한 세정에서 초임계 이산화탄소의 저점도, 빠른 확산력은 포토레지스트의 용해력을 가지는 공용매를 함께 물질내로 빠르게 침투시켜 포토

레지스트를 빠르게 제거할 수 있도록 도와주는 매개체 역할과 높은 밀도를 가지는 초임계 이산화탄소가 높은 분자량의 고분자 물질을 용해시키지는 못하나 팽윤시킴으로서 포토레지스트의 용해를 빠르게 진행할 수 있도록 도와주는 역할이 동시에 작용하여 이루어진다. 이러한 세정 메커니즘은 웨이퍼 세정 공정에서 세정 시간을 단축할 수 있다. 또한, 세정 후 린스 및 건조 공정을 단일 공정화 함으로써 'dry-in, dry-out' 공정을 수행할 수 있기 때문에 그 응용 가능성이 매우 클 것으로 기대된다.

감 사

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 지정 수원대학교 환경청정기술연구센터의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. International Technology Roadmap for Semiconductors, Semiconductor Industry Association, San Jose, CA(2001).
2. Flamm, D. L., *Solid State Technology*, **35**, 37-41(1992).
3. Louis, D., Lajoinie, E., Pires, F., Lee, W. M. and Holmes, D., "Post Etch Cleaning of Low-k Dielectric Materials for Advanced Inter Connects," *Characterization and Process Optimization*, **41-42**, 415-418(1998).
4. Lee, W. M., "Aproven Sub-micron Photoresist Stripper Solution for Post Metal and via Hole Processes," EKC Technology, Inc. (1996).
5. Nagal, N., Imai, T., Terada, K., Seki, H., Okumura, H., Fujino, H., Yamamoto, T., Nishuyama, I. and Hatta, A., *Surf. Interface Anal.*, **34**, 545-551(2002).
6. Gillespie, P., Berry, I. and Sakthivel, P., "Semiconductor Operations, Fusion Systems Division, Rockville, MD., Wafer Temperature Control-a Critical Parameter for Dry Photoresist and Residue Removal," *Semiconductor International*(1999).
7. Weibel, G. L. and Ober, C. K., "An Overview of Supercritical CO₂ Applications in Microelectronics Processing," *Microelectronic Eng.*, **65**, 145-152(2003).
8. Mullee, W. H., "Removal of Photoresist and Residue from Substrate using Supercritical Carbon Dioxide Process," Kor. Patent No. 2003-0024873(2003).
9. Cotte, J. M., McCullough, K. J., Moreau, W. M., Pope, K. R., Simons, J. P. and Taft, C. J., "Process of Removing Ion-implanted Photoresist from a Workpiece," U.S. Patent No. 6,683,008 B1 (2004).