

高集積 半導體 微細加工用 레지스트

安 光 德

韓國科學技術院 化學工學部 高分子合成室 先任研究員(理博)

I. 序 言

高集積 半導體產業分野는 현대 첨단산업의 선두로 技術革新의 속도가 매우 빨라, 美國과 日本에서는 이미 1M비트의 大容量 초고집적 반도체가 개발되어 곧 상업생산되리라는 전망이다. 국가적인 半導體·電子產業의 국내에서도 금년부터 확장발전으로 64KDRAM의 VLSI 고집적 반도체의 제조공장이稼動되었고, 내년 부터는 256KDRAM도 생산되리라 하여 의욕적인 반도체 산업이 추진되고 있다.

반도체산업은 지난 10여년간에 폭발적인 生産性의 增大를 가져왔다. 半導體의 高密度化·高集積化로 信賴性의 증가와 함께 經濟性이 현저히 向上되었고, 따라서 微細化·高密度化는 반도체산업의 高生産性에 극히 중요하게 요청되고 있다. 그동안 반도체산업은 디바이스의 少型化와 回路의 改良에 힘입어 生産성과 性能(productivity and performance)의 向上에 큰 진전이 이루어졌다.

高集積 半導體(LSI, VLSI)의 生産性은 기본적으로 i) 디바이스의 構造와 回路의 改良(device feature and circuit innovation), ii) 微細加工技術(dimension), iii) 칩 크기의 大型化(chip size)라는 三分野의 技術發展으로부터 달성된다 하겠다. 生産성에 著大한 영향을 주는 이 세 가지 技術要素를 年度別로 技術발전 추세에 대비하여 그림 1에 보였다.¹⁾

지난 10여년간에 반도체의 量産化 生産性에 대한 이 세 기술요소의 기여를 보면 i>ii>iii 順으로 評價된다. 그림에서 보면 약 60% 成長이 回路技術의 改良에 의하여 달성되었고, 미세 패턴 가공기술에 의하여는 30% 정도의 기술기여가 있고, 약 10%는 칩 크기의 大型化에서 비롯되었다.

1980年代의 VLSI 반도체의 서브미크론(submicron) 미세 패턴 加工技術 時代에는 디바이스 구조와 회로개발, 칩 대형화에 의한 기술공헌은 限界에 도달하여 현

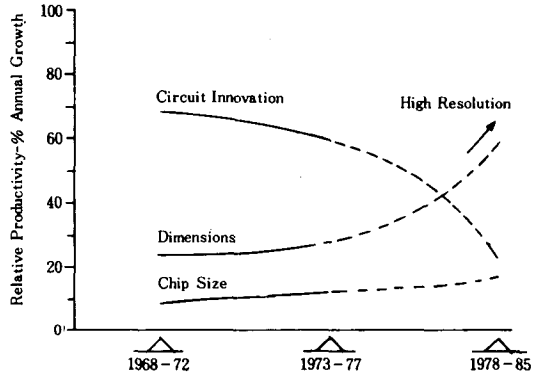


그림 1. 반도체 생산성에 영향을 주는 세 가지 기술분야의 년도별 발전 추세

수준에서 큰 변화가 없겠고, 微細加工技術에 의한 기여가 무엇보다도 지대하리라는 전망이다. 즉 超精密微細加工技術(超微細高像形成技術, microlithography)과 여기에 소요되는 高性能 레지스트(resist) 재료의 開發이 강력히 요청된다.

本原稿에서는 (超)微細加工技術에 있어서 가장 중요한 재료인 포토레지스트와 다른 레지스트에 대하여 살펴보고, 미세가공기술의 발전에 따라 요구되는 레지스트 개발동향에 관하여 化學的인 立場에서 기술하고자 한다.^{2)~9)}

II. 微細加工技術(Lithography)의 發展

그림 2에 년도에 따른 반도체 칩의 高密度化와 回路 最小線幅(minimum dimension), 오버레이(overlay) 精密度的 變化發展을 도시하였다.¹⁾ 칩당 메모리 容量은 증가하고 메모리 素子당 디바이스의 수가 감소하지만 회로 디자인의 개량발전은 어떤 한계에 이르고 있다. 1970년대 초 이후 공업적으로 1KRAM 칩 생산에서 1980년대 현재의 256KRAM 시대에 접어들어 메모리

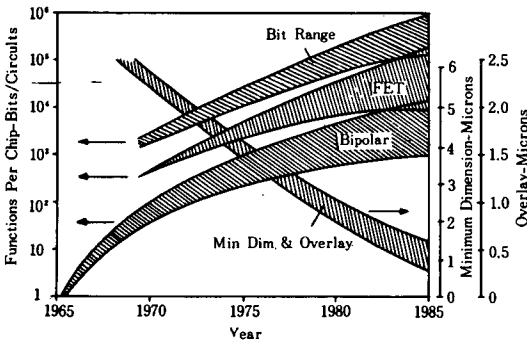


그림 2. 반도체 칩의 고밀도화와 회로 최소선폭, 오버레이의 년도에 따른 변화 발전

용량의 대폭증대와 함께 미세가공기술이 급격히 발전되었다.

회로선폭(dimensional line width)의 관점에서 보면 지난 10여년간(1970~1980) 6 μm 에서 2~3 μm 선폭으로 감소되었고, 여기에相應하여 오버레이 역시 2.5 μm 에서 0.8 μm 정도로 감소되었다. 앞으로 3~4년 이내에 선폭의 크기, 즉 解像力은 1 μm 이하로 微細化되고 오버레이 精密度는 0.5 μm 정도로 縮小될 것으로 예측된다. 이러한 微細加工技術의 발전으로 FET와 雙極回路(bipolar)技術에서 모두 메모리 용량이 대폭 증가될 것이 예상된다.

1M bit 용량의 반도체 칩 제조에는 1 μm 정도의 미세가공기술이 요구되지만 여기까지는 紫外線(UV, 波長 350~450nm) 포토레지스트(photoresists)를 사용하여 거의 가능하다고 고려된다. 그러나 더 이상의 高集積 半導體, 즉 4M bit 이상의 디바이스에서는 1 μm 이하의 서브마이크론 加工技術이 요구되어, 자외선 露光에 의한 미세가공기술로는 불가능하고 보다 發展된 미세가공기술과 새로운 레지스트 재료가 必要하게 된다. 그리하여 보통 UV 보다 短波長인 中間紫外線(mid UV, 파장 300~350nm)과 遠紫外線(deep UV, 파장 200~300nm), 또한 높은 에너지의 放射線으로 X-선(10~0.1nm), 電子線(electron beam, 0.2~0.01nm), 이온빔(ion beam)을 利用하는 超微細加工技術(microlithography)과 레지스트 재료가 현재 활발히 開發되고 있다.^[4, 12, 13, 15, 17, 18, 19]

1980년대에 있어서는 미세가공기술이 總體的인 시스템으로 간주되고 있다. 機器使用技術(tooling), 마스크 技術, 레지스트 材料, 新工程의 發展으로 未來의 미세가공기술을 위한 새로운 방법이 도입되고 있다. 우리가 말하는 線폭解像力(dimensions)이 工業적으로는

보통 “리토그래피”(미세가공기술)로서 통칭된다. 리토그래피는 다음의 다섯가지 基本要素로 이루어져 서로 밀접한 관계를 가지고 영향을 미치는 複雜한 技術이라고 하겠다.^[4, 6, 15]

- 1) 레지스트(resists) : 生産性和 이미지 패턴의 質에 관계
- 2) 露光裝置(exposure tools) : 解像力과 오버레이에 영향
- 3) 現像技術(developing techniques)) 이미지의 限界
- 4) 腐蝕技術(etching techniques) 와 프로파일에 관계
- 5) 測定技術(measuring techniques) : 工程制御에 관계

반도체 製造産業에서 리토그래피는 가장 큰 費用을 차지하므로 經費나 性能 및 生産性を 考慮하여 적절한 리토그래피 시스템을 선택하여야 한다.

III. 레지스트의 發展과 要求物性^[4, 6, 12, 13, 15, 17]

레지스트 物質은 半導體 製造의 여러 工程에서 被加工基質을 被覆保護하여 미세 패턴을 形成하는데 이용된다. 各種의 微細加工技術을 이용할 때 露光(혹은 露出)部分이 그렇지 않은 非露光部分과 溶解度 또는 플라즈마 蝕(腐蝕)速度的 差異로서 區別될 수 있도록 化學的 變換이 일어나는 것이 일반적인 레지스트의 特性이다.

照射되는 에너지에 感應하여 일어나는 化學變換에 따라 두 가지 形態의 레지스트로 분류된다. 照射部分이 非照射部分보다 상대적으로 溶解性이 증가되는 것이 포지티브 레지스트(positive resists)이고, 照射部分이 그렇지 않은 부분보다 溶解性이 減少되는 것이 네가티브 레지스트(negative resists)라 한다. 보통 레지스트 재료는 有機高分子(organic polymers) 물질로 照射(露光)에 의하여 分子量의 증가나 감소 또는 溶解抑制作用(solution inhibition)이란 特殊한 化學變化로 溶解度の 差異가 나타나게 된다.

레지스트의 開發은 전통적으로 化學結合의 開裂을 촉진하는 弱한 結合을 高分子 사슬에 導入하거나, 架橋結合을 촉진하는 光 및 放射線 反應性 官能基를 高分子 主鎖나 側鎖에 도입하는데 研究에 主眼點이 있었다. 이런 연구방법이 지난 1970년대에 추진되어 왔는데, 未來의 極히 複雜微妙한 超微細加工技術에 부응하는 레지스트의 物性이 과연 이 방법으로 달성될 수 있을지는 의문이다.

未來의 레지스트에 요구되는 물성은 무엇보다도 高

感度(sensitivity)와 高解像性(resolution)이고, 이와 함께 乾式腐蝕(dry etching)에 對한 耐性이 매우 중요하게 요구된다. 또한 基板에 塗布된 레지스트 薄膜(thin coating film)의 均一性, 密着性, 耐腐蝕性, 電氣絶緣性, 耐熱性, 高純度 등과 같은 레지스트 재료의 一般의 物性이 만족되어야 하고 作業성과 保管貯藏性이 물론 우수하여야 한다. 그런데 레지스트의 이런 要求物性이 相互補完的이기 보다는 어떤 의미론 相反된 物性이라는데 레지스트 개발의 어려운 點이 있다. 즉 포지티브 레지스트가 高感度を 나타내자면 高分子 主鎖에 弱한 化學結合이 있어야 하지만, 이 때문에 乾式腐蝕 條件에 대하여 높은 耐性を 기대하기 어렵게 된다.

이런 전통적인 레지스트 開發이 꾸준히 進行되고 있는 반면에 未來의 應用을 위해 새로운 레지스트 研究方法과 超微細加工方法이 주목을 받고 있다. 레지스트에 依한 微細形像을 위하여는 패턴 線幅의 統制性(good linewidth control), 高解像性, 스텝 被覆平滑性(good step coverage)이 同時에 達成되어야 하는데, 이런 요구가 서로 排他的인 性質이라서 사실 동시에 만족시키기 곤란하다.^[15, 17] 이 問題를 解決하기 위한 노력으로 近年에 多層 레지스트 加工方式(multi-layer resist systems),^[4, 20, 21] 플라즈마 現像 레지스트(plasma-developable resists),^[22, 23] 一方向性 레지스트(directional vertical profile resists systems),^[20 ~ 23] 無機物 레지스트(inorganic resists),^[25, 26] 등이 새로이 연구되고 있고, 나아가서 微細加工 레지스트의 全工程乾式化(total dry process),^[27, 28] 즉 乾式現像과 드라이 엡칭^[4, 29] 방법이 꾸준히 시도되고 있다. 현재 발전된 초미세가공기술과 새로운 레지스트에 대한 연구개발은 상당한 진척이 이루어져 일부는 實用化 段階에 도달해 있다.

IV. UV 레지스트(포토레지스트)^[4, 6, 7, 9, 10, 12, 16, 30]

集積回路 製造時 많이 사용되는 네가형 포토레지스트로서는 Kodak社에 의해 제일 먼저 개발된 環化 고무-비스아지드系(cyclized rubber-bisazides photoresists)가 있다. 천연고무나 polyisoprene, polybutadiene 고무로부터 만든 환화고무(I)와 4,4'-diazidochalcone(II) 또는 2,6-di(4'-azidobenzal cyclohexanone)(III) 등의 비스아지드 화합물을 混浴하여 제조한다(그림 3). 化學反應機構를 보면 자외선 露光되면 비스아지드의 分解로 니트렌(nitrene)이라는 高活性 中間體(active intermediate)가 生成되어 환화고무와 架橋結合이 일어나 溶劑에 不溶化된다.

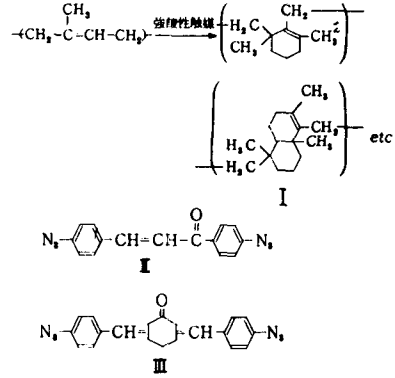


그림 3. 환화고무-비스아지드系 네가형 포토레지스트의 化學成分

환화고무-비스아지드系 포토레지스트 商品으로는 Kodak社의 KMR系, Micro-Image Technology 社의 Isopoly HD, Hunt Chemical社의 Waycoat系, Dyna-chem社의 Micro G, 東京應化工業社의 OMR系, 日本合成고무社의 CIR, CBR系 등이 있다. 이 계통의 포토레지스트는 密着성과 耐藥品性이 우수하여 塗布薄膜의 物性이 좋지만, 露光時 酸素의 影響을 받고 耐熱성이 낮은 편이어서 高解像度를 얻기 어렵다.

近年에 일본합성고무사에서는 폴리부타디엔 고무에서 환화고무를 만들고, 이로부터 베이킹 온도가 비교적 높은(180℃ 정도) 새로운 비스아지드系 포토레지스트(CBR-M)를 제조하였는데, 實用解像度가 1.6 μm까지 도달하였다고 발표하였다.^[12]

환화고무-비스아지드系에서는 露光法으로 contact나 proximity printing法을 이용하고, 엡칭 과정에서는 HF-NH₄F系 등의 엡칭劑를 사용하는 濕式 엡칭(wet etching)으로 半導体的 量産化에 이바지하여 16K bit(최소선폭 4~5 μm) 반도체의 제조에까지는 많이 使用되고 있다.

그런데 64Kbit 半導体的 微細加工에는 回路線幅이 3 μm 이하로 解像力이 요구되어 다른 포토레지스트 재료와 리토그래피技術이 必要하게 되었다. 그리하여 새로운 反射投影(projection) 露光法이 개발되어 2~3 μm 패턴의 形像이 가능하게 되었고, 또한 濕式 엡칭法에 대신하여 획기적인 乾式 엡칭法(dry etching)을 이용하여 VLSI 高集積 半導体的 量産化가 이루어졌다. 드라이 엡칭法에서는 ion etching法과 plasma etching法을 統制시켜 一方向性(directional, unisotro-

pic)으로 形像되는 reactive ion etching法(RIE)을 이 용한다.^(1, 24, 29)

새로운 微細加工法에서는 1 μ m 이하의 高解像性을 갖고 드라이 엠틡에 耐性이 우수한 포지型的 나프토 퀴논디아지드系(naphthoquinonediazides, NQA) 포토 레지스트가 가장 有效하게 사용되고 있다. 이때는 光化學 反應으로 起因되는 溶解抑制作用(solution inhibition)을 이용하는데 NQA는 溶解抑制劑(solubility inhibitor)로 작용한다. 나프토퀴논디아지드 化合物 誘導體 IV와 알카리 水溶液에 可溶性인 노블락 樹脂나 크레졸 수지(V)를 配合하여 NQA系 포토레지스트를 만 든다.

NQA系 레지스트의 露光時 일어나는 光化學 變換은 그림 4에 보였다. 자외선 未照射部에서는 알카리 수용액으로 現像할 때 NQA 유도체 IV와 크레졸 수지 V가 짝지음(coupling)하여 VI이 생성되어 不溶化하게 된다. 反面에 照射部에서는 IV의 光分解가 일어나 알카리 수용액에 可溶性인 VII의 indenecarboxylic acid의 나트륨 塩으로 變하여 크레졸 수지와 같이 溶出되어 포 지型 畫像이 얻어진다. NQA系 포토레지스트는 알카 리 현상시 팽윤되지 않고 드라이 엠틡으로 高解像度가 달성되지만, 接着性和 耐藥品性이 저조하고 現像條 件이 嚴格하여 난점이 있다(그림 4).

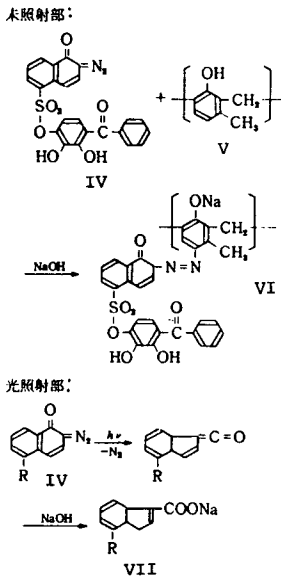


그림 4. 나프토퀴논디아지드系 포지型 포토레지스트의 光化學 反應(Shipley社의 AZ-1350의 例로 알 카리 수용액 現像時 化學變換)

NQA系 포토레지스트로는 光分解性 디아지드 化合物을 여러 誘導體로 變形시켜 感度和 解像도가 增加된 여러 종류의 것이 商品化되어 있다. Shipley社의 AZ系, Hunt Chemical社의 HPR系, Micro-Image Technology社의 Isoline SR, 東京應化工業社의 OF-PR系 등이 잘 알려져 사용된다.

現在の 微細加工技術로는 레지스트의 패턴에서 골의 폭과 레지스트 층 두께의 比(trough-width to resist thickness)가 포지型 NQA계에서는 1 : 1 까지 달성되지만, 네가型 레지스트에서는 이 比가 3 : 1 정도로 밖에 얻어지지 못한다.^(4, 16, 17) 近年에는 縮小投影(wafer stepper)에 의한 미세가공법이 개발되어 stop and repeat 方式으로 1/5이나 1/10로 縮小露光하여 256 K bit, 더 나아가서 1 M bit의 VLSI가 製造可能하게 되었다.⁽¹⁾ 이때 포지형 포토레지스트만이 有效하게 사용되어 1~2 μ m의 高解像도가 達成된다.

V. 遠紫外線 레지스트(Deep UV Resists)^(19, 20, 31, 32)

반도체 미세 패턴의 加工線幅이 1 μ m 정도로 高密度化되면서 照射되는 光의 波長에 比례하는 빛의 回折 現象에 의해 패턴의 解像力에 限界를 주게 되었다. 回折에 影響이 없는 電子線, X-線, 이온빔 등의 리토 그라피가 登場하고는 있지만, 이들은 또 다른 技術上의 難點이 있다고 알려져 있다. 스텝퍼 露光法과는 달리 포토리토그라피의 有用한 점을 확장하는 方法으로서 照射波長을 보다 짧은 遠紫外線(deep UV, 200 ~ 300nm) 領域으로 移動하여 解像性을 增加시키는 方法이 매우 效果的인 것으로 고려되고 있다. 원자외선 리토그라피에서는 露光波長을 보통의 紫外線인 400nm 부근에서 단지 원자외선 영역으로 이동시키는 外에는 통상의 포토리토그라피 技術이 거의 그대로 이용되어 高解像도가 달성 가능하다.

遠紫外線 리토그라피에서 가장 중요하게 요구되는 것은 亦是 이 波長領域에서 感도가 큰 레지스트 재료에 있다. 현재 몇 가지의 원자외선 레지스트가 商品化되어 있고, 그외 다수가 많은 研究로 實用化 段階에 이르고 있다. 그림 5에 몇 가지 有望한 원자외선 레지스트의 化學成分을 나타내었다. Poly(methyl methacrylate), PMMA(VIII)와 poly(methyl isopropenyl ketone), PMIPK(IX)은 원자외선 照射로 高分子 主鎖의 切斷이 일어나는 포지型 레지스트로 東京應化工業社에서 OD-UR系로서 商品化되었다. PMMA는 解像度(0.2 μ m)는 매우 높지만 感도가 너무 낮고(700mJ/cm²), PMIPK는 増感劑를 이용하여 感도가 PMMA의 5~15배 까지

증가되었고 解像度도 0.5 μ m까지 달성되었다.

美國의 Bell研究所에서는 감도와 해상도가 높은 새로운 포지형의 원자의선 레지스트를 개발하였다. Poly(methyl methacrylate-co-3-oximino-2-butanone methacrylate-co-methacrylonitrile) 共重合體, P(M-OM-CN), X로, 모노머 比率 x : y : z을 조절하여 만들어진 레지스트 X은 感度가 240nm에서 PMMA의 85배에 이르고 증감제 添加에 의해 2~3배 정도 감도의 증가를 가져올 수 있다.¹³³ 드라이 에칭에 대한 耐性を 증가시키기 위한 目的으로 페놀-포름알데히드 樹脂(novolac 수지)에 溶解抑制劑를 배합하는 원자의선 레지스트도 연구되었다. 원자의선에 感應하는 Meldrum's acid의 디아지드 化合物(XI)을 사용한 포지형 레지스트가 IBM研究所에서 개발되었다.¹³⁴ 앞에서 언급한 용해억제제 포토레지스트 NQA系(IV)는 長波長에서 빛의 吸收가 일어나 원자의선 영역에서는 부적당하다. 디아지드 化合物 XI은 그림 5에서와 같이 원자의선 영역에서 光分解되어 용해억제제로 작용하게 된다. 용해억제제로서 2-nitrobenzyl ester를 이용하여 poly(M

MA-co-methacrylic acid) 共重合體와 配合하면 포지형 원자의선 레지스트가 얻어지는데, 해상도는 0.5 μ m까지로 되었다.¹³⁵ 또한 poly(2-methyl-1-pentenesulfone)과 노블락 수지를 배합하여 포지형과 네가형으로 이용 가능한 원자의선 레지스트도 보고되었다.¹³⁶

네가형 원자의선 레지스트로는 몇 종류 알려져 있고, 일부는 상품화되어 있다. 日立化成社에 의해 상품화된 포토레지스트 MRS는 poly(4-hydroxystyrene), XII 또는 노블락 수지를 3,3'-bis(azidophenyl) sulfone, XIII을 配合한 것으로 遠紫外線 照射에 의하여 芳香族 비스아지드 XIII이 分解되어 생성된 니트렌이 가교반응에 참여한다. 이 원자의선 레지스트(MRS)는 感度가 PMMA의 100배이고 0.5 μ m의 解像度를 갖고, 化學的 構造가 방향족이라서 드라이 에칭에 대한 耐性이 매우 높다.

化學增幅(chemical amplification)이라는 새로운 概念을 도입한 遠紫外線 레지스트를 역시 IBM 연구소에서 개발하고 있다. 酸에 敏感히 反應하는 poly(4-t-butoxycarbonyloxystyrene), XV이나 poly(phthalaldehyde), XVI가 이런 作用에 적합한 高分子 레지스트로 發明되었다.^{137, 138} 여기서는 陽이온 光開始劑(cationic photoinitiator)로 알려진 dihenyliodonium hexafluoroarsenate (XIV)를 원자의선으로 照射하면 光分解가 일어나 6 弗化水素酸(HA₆F₆)이 生成되어 레지스트의 光反應에 參與한다. 고분자 XV나 XVI을 光

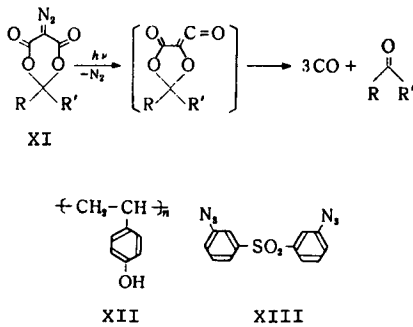
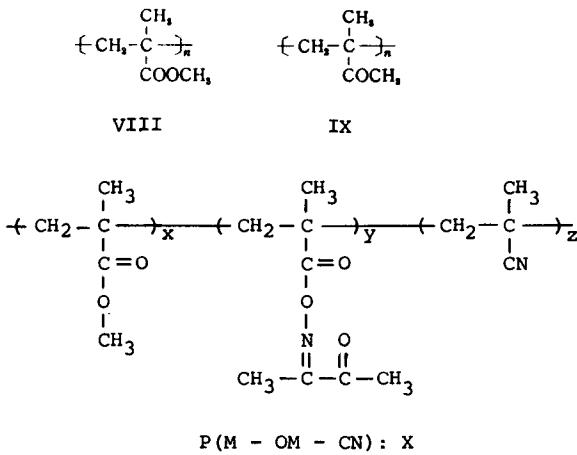
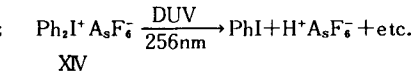


그림 5. 원자의선 레지스트의 화학성분



開始劑 XIV와 配合하여 光照射하면 酸이 生成되고, 이 酸에 의하여 觸媒作用으로 그림 6과 같은 加水分解로 高分子가 分解된다. 즉 生成된 酸은 觸媒로서 이용되므로 계속적으로 분해반응에 참여하여 化學增幅作用을

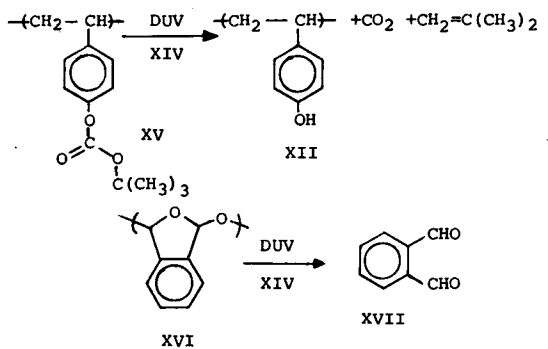


그림 6. 화학증폭에 의한 포지형 원자의선 레지스트

하게 된다. 레지스트 XV의 경우 酸에 의한 側鎖基의 加水分解로 poly(4-hydroxystyrene), XII이 生成되어 알카리 水溶液에 可溶性으로 되어 포지형으로 되고, 有機溶劑에서는 不溶性인 네가형으로 된다. 그리고 高分子 XVI에서는 露光에 의하여 프탈알데히드(XVII)가 生成되어 증발되므로 포지형 패턴이 얻어진다.

VI. 電子線, X-線 레지스트

이상의 4節과 5節에서 UV photolithography에 使用되는 포토레지스트와 遠紫外線 레지스트에 關하여 언급하였다. 현상태의 微細加工技術에서 要求되는 포토레지스트의 性能은 感도가 50mJ/cm² 이하이고 解像도가 1μm 이하, 高耐드라이 匂性으로 評價된다. 이러한 性能에 부응하고 미래의 高集積 半導體 素子の 製造를 위하여 보다 高解像度, 高感도의 高에너지 放射線 레지스트가 有望視되고 있다.^{4, 6, 9)}

1) 電子線 레지스트^{5, 12, 13, 16, 30, 36, 37)}

서브미크론의 超微細加工을 目標로 electron beam (EB) microlithography가 개발되고 있다. 電子線은 直接描畵(direct write)에도 적합하여 연구가 활발하다. 현재로는 EB 레지스트가 앞에서 記述한 포토리토 그라피에 使用되는 高品質의 크롬마스크 製作에 實用化되어 있고, 고집적 반도체의 제조에 直接使用은 아

직 연구개발 단계에 있다. 현재까지 개발된 代表的인 포지형과 네가형 電子線 레지스트의 化學成分과 感度, 解像度, 開發機關에 대하여 표 1과 표 2에 나타내었다.

앞의 表와 병행하여 몇가지 商品화된 전자선 레지스트의 性能特性을 표 3에 보였다.¹³⁾ 표 1, 2, 3에서 感度나 解像도의 값이 다른 것은 同一한 評價方法을 사용하지 않은 때문이다. 전자선 레지스트에서도 역시 高感度, 高解像도와 함께 드라이 匂칭에 대한 高耐性이 요구된다. 感度는 願하는 패턴을 形成하는데 必要한 照射電荷量으로 μCoulomb/cm²의 단위로 표시한다.

電子線 照射로 架橋結合되는 高分子로부터 네가형 畵像이 形成된다. 상품화되어 가장 널리 使用되는 레지스트는 poly(glycidyl methacrylate), PGMA와 poly(glycidyl methacrylate-co-ethyl acrylate) 共重合體 COP로 알려져 있다. 콘트라스트가 높고 postcuring이 필요없고 드라이 匂칭에 耐性이 큰 polystyrene 誘導體에 關한 레지스트 開發이 활발하고, 현재 感도가 가장 우수한 네가형 레지스트는 poly(chloromethylstyrene)으로 0.5μC/cm²이며 1.0μm의 解像도를 갖는다.

電子線 照射에 依하여 高分子 主鎖의 分解切斷이 일어나면 포지형 레지스트로 된다. 照射된 部分은 現像液 溶劑로 溶出하여 微細畵像이 形成된다. Poly(methyl methacrylate), PMMA는 遠紫外線 레지스트로도

표 1. 포지형 전자선과 X-선 레지스트

Resists	略 稱	感 度		解像度 (μm)	開發機關
		EB (μC/cm ²)	X線 (mJ/cm ²)		
$\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ COOCH ₃	PMMA	100	600-1000 (AlK _α)	0.1	IBM
$\text{[-C(Cl)-CH}_2\text{]}_n$ COOCH ₂ CF ₃	EBR-9	0.8	150 (PdL _α)	0.2	超LSI共同研
$\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ COOC(CH ₃) ₂ CF ₂ CHF ₂	FPM	1.5	64 (MoL _α)	0.3	茨城通研
$\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ COOCH ₂ CF ₂ CHF ₂ CF ₃	FBM	0.4	52 (MoL _α)	0.3	"
$\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_m$ $\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ COOCH ₃ COOH	P(MMA-MAA)	0.8	150 (AlK _α)	0.1	武蔵野通研
$\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ COOCH ₂ CCl ₃	EBR-1	1.3	150 (PdL _α)	0.5	超LSI共同研
$\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_m$ $\text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n$ COOCH ₃ COOC(CH ₃) ₃	CP-3	0.4	-	0.3	"
$\text{[-CH}_2\text{-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{-C(CH}_3\text{)-]}_n$ O=C O C=O	PMAH	0.5	-	0.5	日電東芝 情報시스템
P(MMA-MAA) + $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{(OCH}_2\text{CH-CH}_2\text{)}_2$ CH ₂ CH ₂ O	MPR	12.5	-	0.2	松下電器

표 2. 네가형 전자선과 X-선 레지스트

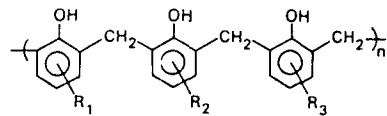
Resists	略 稱	感 度		解像度 (μm)	開發機關
		EB ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)	X線 (mJ/cm^2)		
$\begin{array}{c} \text{[-CH-CH}_2\text{]}_m \text{[-CH-CH}_2\text{]}_n \\ \circ \qquad \qquad \qquad \circ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	CMS	0.3	-	0.2	茨城通研
$\begin{array}{c} \text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n \text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_m \\ \circ \qquad \qquad \qquad \circ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	α M-CMS	0.3	-	<0.1	"
$\begin{array}{c} \text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n \\ \text{OH} \\ \text{COOCH}_2\text{CHCH}_2\text{OCOCH=CHCOOCH}_3 \end{array}$	SEL-N	0.4	-	0.3	Somal
$\begin{array}{c} \text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_m \text{[-CH-CH}_2\text{]}_n \\ \text{COOCH}_2\text{CH-CH}_2 \quad \text{COOC}_2\text{H}_5 \\ \circ \end{array}$	COP	0.4	160 (PdL ₅₀)	0.5	Bell 研
$\begin{array}{c} \text{[-C(CH}_3\text{)-CH}_2\text{]}_n \\ \text{COOCH}_2\text{CH-CH}_2 \\ \circ \end{array}$	PGMA	0.4	-	0.2	日 立
$\begin{array}{c} \text{[-CH-CH}_2\text{]}_n \\ \text{COOCHCH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl} \end{array}$	DCPA	-	7 (PdL ₅₀)	1.0	Bell 研
$\begin{array}{c} \text{[-CH-CH}_2\text{]}_m \text{[-CH-CH}_2\text{]}_n \\ \circ \qquad \qquad \qquad \circ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	P(CMS-2VN)	1.0	-	0.5	日 電

利用되지만 高解像性의 特異한 전자선 레지스트로 잘 알려져 있다.

이들 포지형과 네가형의 EB 레지스트는 化學的인 立場에서 보아 高分子의 化學構造를 變化시켜 그 高性能化가 시도되고 있다. 메타크릴 酸 에스테르 형 고분자 사슬을 갖고 分解效率을 높이면 포지형의 性能이 向上된다. 또한 高分子 側鎖에 가교결합성 反應基를 導入하고, 同時에 分子量分布(MWD)를 매우 좁게 유지하고, 芳香族核과 같은 炭素原子數가 많고 酸素原子數가 적은 化學構造를 갖으면 네가형 레지스트로서 性能이 多分히 향상된다.

포지형 레지스트에서 感度和 耐드라이 etching性의 向上은 弱한 結合의 導入이라는 面에서 相互矛盾으로 생각된다. 그런데 이 모순점을 극복하는 방법으로 앞에서 언급한 바 있는 溶解抑制 作用을 이용하는 레지스트가 개발되고 있다. 그것은 Bell 研究所에서 개발한 포지형 EB 레지스트로 원자외선 레지스트로도 이용되는 poly(2-methyl-1-pentenesulfone), XVIII과 매트릭스 수지인 노볼락 수지를 配合하여 만든다^{19,20}(그림7). 10% 정도로 포함된 高分子 XVIII은 알카리 수용액 現像劑에서 노볼락 매트릭스 수지의 溶解抑制劑로서 작

용한다. 전자선이 照射되면 고분자 XVIII이 分解되어 除去되고 이 部分에서 노볼락 수지는 알카리 수용액에 溶出되어 포지형 패턴이 形成된다. 이때 레지스트 殘膜은 노볼락 수지 特有的인 높은 耐드라이 etching 耐性을 주고, 이 레지스트의 感度は $3\mu\text{C}/\text{cm}^2$, 解像度は $0.5\mu\text{m}$ 로 발표되었다. 日立化成社에서 이 polysulfone(XVIII)을 노볼락 수지와 配合한 EB 레지스트를 商品化(RE-5000P) 하였다.



Matrix Resin: Novolac Copolymer

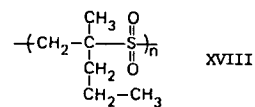


그림 7. Poly(2-methyl-1-pentenesulfone)과 노볼락 matrix resin을 배합한 포지형 전자선 레지스트

표 3. 대표적인 전자선 레지스트의 성능

	Image Type	Trade Name	Manufacturer	Sensitivity ($\mu\text{Coul}/\text{cm}^2$)	Resolution	Relative Etch Rate***
Poly (glycidyl methacrylate), PGMA	N	OEBR100	TO	0.7	1.5 μm	2.0
PGMA-co-poly(ethyl acrylate)	N	COP	MD	0.7	1.5	2.0
Poly (chlorostyrene)	N		N	2.0	0.3	1.0
Poly (iodostyrene)	N	RE4000N	H	1.8	1.0	1.0
Poly (chloromethylstyrene)	N		HP	0.5	1.0	0.8
Chloromethylated poly (styrene)	N	CMS	TS	4.0	0.3	0.8
Poly (methylmethacrylate)	P	PMMA	N	80*	0.05	1.9
PMMA co poly (acrylonitrile)	P	OEBR1030	TO	30*	<0.5	1.9
PMMA co poly(methacrylate anhydride)	P	CP3	TO	15*	<0.5	2.0
Poly (trifluoro- α -chloroacrylate)	P	EBR9	T	15*	<0.5	1.8
Poly (fluoroalkylmethacrylate)	P	FBM	DK	??	<0.5	1.4
PMMA Xlinked	P	PM	M	40**	<0.5	1.9
Poly (butene sulphone)	P	PBS	MD	2.0**	0.5	∞
Novalac - diazoquinone resist	P	AZ1350	AZ	15/50*	0.5	1.0
" " "	N			25/60	0.5	1.0
Novalac-poly (methylpentene sulphone)	P	RE5000P	H	5.0**	<0.5	1.0
Poly (styrene)-terathiofulvalene	N, P		I	8.0	<0.5	1.0
Inorganic GeSe/AgSe	N		N	500	<0.5	0
Poly (siloxane)	N		I	1.5	<0.5	0

Company codes: TO=Tokyo Okha, MD=Mead, HP=Hewlett-Packard, TS=Toyo Soda, N=Numerous, T=Toray, DK=Daikin Kogyo, M=Microimage, AZ=AZ

Photoresist Products, I=IBM, H=Hitachi.

*HP data

**Interpreted from paper

***Ar sputter etch rate, experimental & calculated, relative to AZ1350.

현재의 電子線 描畫裝置에서 要求되는 電子線 레지스트의 性能은 感度 $1\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 이하, 解像度 $0.5\mu\text{m}$ 이하로 評價된다. 특히 $0.5\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 의 感도와 $0.1\mu\text{m}$ 의 解像도와 함께 노블락 수지와 동일한 드라이 에칭 耐性を 갖는 전자선 레지스트가 강력히 요청된다.

2) X-線 레지스트 및 이온빔^(6, 12, 30, 38)

X-線이 物質에 미치는 化學反應은 電子線과 類似하여 표 1과 2에서 보인 전자선 레지스트가 그대로 X-선 레지스트로 이용된다. 표 4에 代表的인 X-線 레지스트의 이미지 形態와 感度, 解像度 등의 性能과 X-線 吸收元素 및 X-線源을 나타내었다.⁽³⁸⁾

X-線源으로서 보통 軟 X-線($4\sim 14\text{\AA}$)을 이용하는데, 電子線과 같은 固体内部에서의 散亂이 없는 것이 長點이다. 많은 技術上의 難點이 있지만, 현재 感度 $1\text{mJ}/\text{cm}^2$ 이하, 解像度 $0.1\mu\text{m}$ 이하가 X-線 레지스트에서 기대되고 있다.

이온빔(ion beam)에 依하여는 大面積 이온 샤워가 가능하여 電子線 보다도 微細 패턴의 直接描畫와 轉寫로 基板에 대하여 maskless doping을 할 수 있게 되어 未來의 超高集積 半導體 製造技術에 利用可能하리

라는 예상이다. 많은 레지스트用 高分子에 對하여 檢討한 結果에 의하면 100keV의 proton beam 照射로 얻어진 感도는 20keV 電子線에 의한 것 보다도 12~70배에 달하도록 매우 우수하였다.⁽³⁹⁾

VII. 全工程 乾式化와 乾式現像 레지스트^(4, 6, 15, 26, 27)

Total Dry Process and Dry-Developed Resists 半導體 製造에 있어서 濕式工程을 乾式工程(dry process)으로 代替하려는 研究가 지난 몇년간 꾸준히 推求되었다. 플라즈마 除去方式(plasma stripping and cleaning)과 여러 드라이 에칭 技術이 濕式方法에 대신하여 效率의으로 여러 製造工程에 利用되고 있다.^(4, 15, 17, 29) 플라즈마 에칭과 反應性 이온 腐蝕(reactive ion etching; RIE), 이온 加工(ion milling) 技術은 既存의 습식방식에 比하여 高解像도를 주게 된다. 乾式方法이 중요하게 요구되는 것은 高解像성과 아울러 工程 制御, 機能的 隔離까지도 可能하고, 물론 濕式에서 많이 사용되는 溶液性 化學藥品의 廢棄物을 줄여 公害環境의 減少 등에 實質的인 利點이 있다. 또한 새로운 超微細加工技術로 脚光받는 二層, 三層構造 레지스트

표 4. 대표적인 X-선 레지스트의 성능

No.	Resist	Image Type	Major Abs. Elements	Target	Sensitivity (mj/cm ²)	Resolution (μm)
1	AgBr Emulsion	N	Ag, Br	Pd	0.4	<1.0
2	Hydrocarbon Resist	N	C	Al	2.0	<1.0
3	Poly(2,3-dichloro-1-propylacrylate) + N-vinyl Carbazole	N	Cl	Pd	4.5	0.3
4	Poly(2,3-dichloro-1-propyl acrylate)	N	Cl	Pd	7.0	1.0
5	Poly(glycidylmethacrylate-co-ethyl acrylate), COP	N	O	Pd Al	175 15-20	1.0
6	4+COP Exposed in N ₂ , O ₂	N	Cl	Pd	15.0	0.8
7	Poly(2,3-dibromo-1-propyl-acrylate-co-glycidyl acrylate)	N	Br	Rh	15.0	1.0
8	Poly(chloroethylvinylether-co-vinylxyethyl acrylate)	N	Cl, O	Mo	18	1.0
9	Brominated Tetrathiafulvalene-functionalized P Poly(styrene)	N	S, Br	Al	22	0.2
10	Metal Acrylates	N	Ba, Pd, Ni	Al	20-25	1.0
11	Tl-Poly(methyl-methacrylate-co-methacrylic acid)	P	Tl	Al	24	<0.5
12	Poly(2,2,3,4,4,4-hexafluorobutyl methacrylate)	P	F	Mo	52	0.3
13	poly(butene-1 sulfone)	P	S	Pd	94	0.5
14	Poly(2,2-dichloro-acetaldehyde)	P	Cl	Mo	140	-
15	Poly(methyl methacrylate-co-methacrylic acid)	P	O Cl	Al	150	<0.1
16	Poly(methyl methacrylate)	P	O	Al	600-1000	<0.1

등의 多層構造 레지스트(multi-level resists process)

(4, 20, 40)에서는 全工程 乾式化가 가장 緊要하다.

드라이 에칭 技術과 乾式現像 레지스트(dry-developed resists)를 이용한 微細加工의 全工程 乾式化(total dry process)는 현재 超高集積 半導體 製造技術의 가장 有望한 技術로 評價되어 활발히 推進되고 있다. 그림 8에 실리콘과 산화실리콘(SiO₂)의 미세 패턴을 제작하는 全乾式工程의 예를 간단히 도시하였다.¹²⁷⁾ 즉 酸素 플라즈마 乾式現像에 의해 우선 레지스트 패턴을 만들고 RIE로 드라이 에칭한 후, 다시 산소 플라즈마로 레지스트를 제거하여 원하는 미세 패턴을 제작한다.

드라이 에칭 기술은 현재 微細加工에 실제로 사용되지만, 乾式現像方法은 적당한 乾式現像用 레지스트의

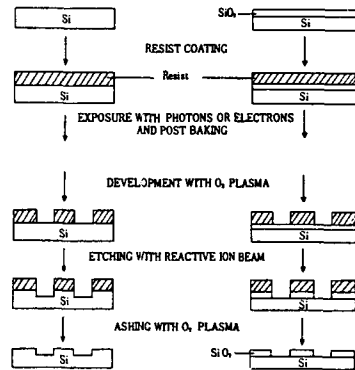


그림 8. 全工程 乾式化에 의한 실리콘과 산화실리콘의 미세 패턴 제작

開發에 그 關鍵이 있어 상당한 연구에도 아직 實用化 되지는 않았다. 건식현상용 레지스트는 기존의 습식현상용 레지스트와 現像方法이 전혀 달라, 레지스트 現像時 膨潤이 일어나지 않고 RIE方法에 의하여 nm 정도의 매우 미세한 露像이 얻어질 수 있다. 플라즈마 etching과 RIE를 이용하는 乾式工程의 기본은 電氣放電 現像에 의하여 일어나는 物理的 腐蝕(physical erosion)과 化學反應이 除去되는 基質이나 레지스트 物質에 選擇의으로 일어나는데 있다. 즉 레지스트에서 에너지 照射된 部位에 일어나는 化合物의 揮發度(volatility)의 差異 및 變化를 利用하는 것이 건식현상 레지스트이다. 따라서 레지스트로 이용되는 高分子物質의 特別한 化學的 構造에 따라 드라이 etching 速度에 차이가 생기게 된다.¹⁵⁾

산소 플라즈마와 RIE에 의한 高分子膜의 除去速度를 調査하여, 各種 高分子의 化學構造에 따른 相對的 除去速度가 표 5와 같이 비교 발표되었다.¹²⁶⁾ 芳香族이나 極性基 結合으로 강한 主鎖結合을 갖는 高分子와 無機金屬 物質에서 腐蝕除去速度의 減少를 가져오고 염소나 불소 등 할로겐 元素를 갖는 高分子에서 速度가 增加된다.^{14, 15, 26, 41, 42)} Poly(N-vinylcarbazole), polystyrene, poly(dimethylsiloxane)등의 드라이 etching 속도가 낮고 PVC, poly(2,3-dichloro-1-propylacrylate)(DCPA) 등이 속도가 매우 높다. 실리콘 원소를

표 5. 산소 플라즈마와 RIE에 의한 고분자의 상대적 제거속도 비교

Polymer	Plasma ^a k _{rel}	RIE ^b k _{rel}
A.		
Poly(4-bromostyrene)	1.93	0.85
Poly(styrene)	1.00(270 A/min)	1.00(520 A/min)
Poly(vinyl chloride)	13.0	1.15
Poly(4-chlorostyrene)	2.93	1.24
Poly(cis-1,4-butadiene)	2.78	1.27
Poly(cis-isoprene)	5.55	1.38
Poly(glycidyl methacrylate-co-ethyl acrylate), COP	1.37	1.96
Poly(2,3-dichloro-1-propyl acrylate), DCPA	12.2	1.96
B.		
Poly(<i>α</i> -methyl styrene)	1.11	1.13
Poly(methyl vinyl ketone)	1.48	1.41
Poly(methyl methacrylate) PMMA	2.37	2.23
Poly(butene-1 sulfone), PBS	7.11	7.70
C.		
Poly(dimethylsiloxane)	0.0	0.0

a. Barrel etcher, 35°C, 0.55 torr, 100W, 40 sccm.
b. Parallel plate etcher, 25°C, 0.010 torr, 12 W, 10 sccm, -200 V bias.

포함하는 有機金屬 高分子나 無機物質이 etching에 의한 除去速度가 가장 낮아서 관심을 끈다. 이것은 산소 플라즈마 etching 과정에서 SiO₂의 단단한 겹질 表面이 생겨나기 때문이다.

X-線 微細加工技法에 새로운 형태의 드라이 etching 레지스트가 소개되어 눈길을 끈다. 이것은 X-線 照射에 의하여 guest monomer를 host polymer에 光固着(photo-locking)시키는 방법으로, 그림 9에 이 새로운 레지스트系の 미세 패턴 形成工程을 보였다.^{15, 22, 23)} 여기서 사용된 host polymer는 poly(2,3-dichloro-1-propyl acrylate), DCPA이고 guest monomer는 N-vinylcarbazole(VC)이었다. 모노머 VC는 重合되면 드라이 etching 除去速度가 매우 느린 poly(N-vinylcarbazole)이 된다.

露像形成過程을 보면 첫번의 露光段階에서 照射된 부위의 VC는 重合되거나 DCPA와 그래프트 중합이 일어난다. 다음의 固定段階에서 眞空下에 熱處理하면 未反應된 VC이 증발제거되어 네가型的 陽刻露像이 形成된다. 세번째 플라즈마 現像段階는 앞에서 생긴 露像과 非露像 部位의 相異한 化學的 構造差異로 etching 除去速度에 차이가 있어, plasma A 처리로 네가 露像이 생기고 plasma B 처리에 의하여 포지티브 露像이 얻어진다. 산소 플라즈마로 처리하면 DCPA 高分子의 etching 除去가 신속히 일어나 VC가 포함된 네가형 패턴이 만들어진다.

실험결과를 보면 1μm 두께의 레지스트(DCPA-20%

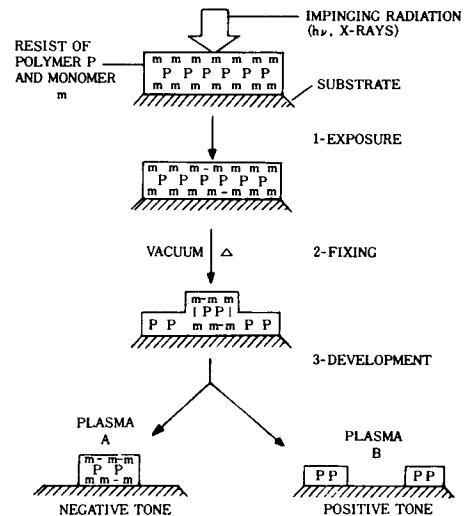


그림 9. 플라즈마에 의한 건식현상 레지스트의 공정

VC) 필름으로 시작하여 0.3 μm 解像力을 갖는 0.3 μm 두께 殘膜이 畫像으로 얻어졌다.^[22] 이러한 레지스트는 다층 레지스트 공정에서 매우 効果的인 것으로 고려된다. 다른 例로 guest monomer로서 VC에 대신하여 드라이 에칭 耐性이 보다 우수한 有機金屬 모노머, bis (4-methacryloxybutyl) tetramethyldisiloxane, BMBT-DS를 사용하여 동일한 과정을 거쳐 네가형 화상을 만든 것이 있다.^[25, 26] 이때는 산소 플라즈마 現像過程에서 산화실리콘 藤膜이 生成되어 플라즈마에 對한 選擇的 耐性이 크게 向上되었다. 이외에 여러가지 乾式現像 레지스트가 개발되고 있는데, 그중에는 앞에서 언급한 비스아지드와 PMIPK系, polyphthalaldehyde 등이 새로운 방법으로 乾式工程에 應用되고 있다.^[19, 20]

Ⅶ. 感光性 層間 絶緣体 (Photosensitive Dielectric Interlayers)

高集積 半導体 製造過程에서 階段 없는 平坦한 面 (step-free topology)을 만들어 주고 동시에 回路層間 絶緣体를 만드는데 耐熱性 polyimide (PI)가 解像性과 作業性등에 長點이 있어 有效하게 使用된다.^[3, 43] 듀폰社의 Pyralin, 日立化成社의 PIQ, 도레이社의 Semicofine SP 등이 商品化된 PI로 알려져 있다. 최근에는 PI 自体에 感光性이 부여되어 作業성이 改善된 感光性 PI가 Simens社, 日立化成社, 도레이社에서 商業化 되었다.^[16, 44, 45]

PI의 前物質 (precursor)인 溶解性 感光性 폴리이미드 (XIX)를 사용하면 塗布過程에서 平坦한 面이 만들

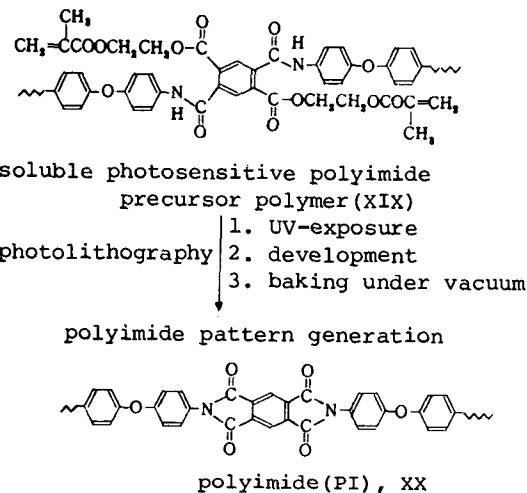


그림 10. 감광성 폴리이미드를 이용한 층간 절연체 패턴 형성에서의 PI 구조 변화

어지고, 보통의 레지스트를 이용한 微細加工 過程과 동일하게 PI의 層間 絶緣体 미세 패턴을 제작할 수 있다. 그림 10에 化學構造의 變化를 보였고 그림 11에 感光性 PI를 이용한 과정을 보였다. 露光, 現像한 다음에 眞空下에 高溫處理 (400 $^{\circ}\text{C}$) 하면 未露光된 部分이 除去되고 同時에 化學反應이 일어나 耐熱性 PI (XX) 絶緣膜 패턴이 결국에 形成된다. 이때는 통상의 레지스트 공정과 달리 최종단계에 레지스트 패턴 殘膜을 除去하는 대신에 PI 膜은 그대로 半導体 回路의 한 부분으로 남게된다.^[44, 45]

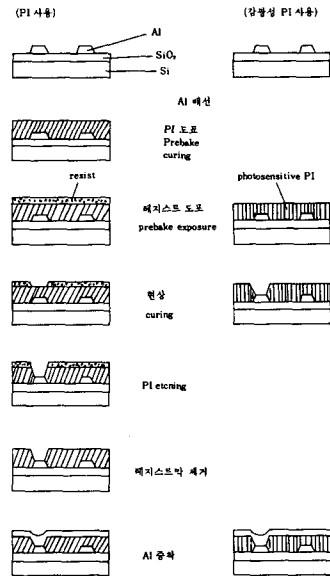


그림 11. 반도체소자 회로층간 폴리이미드 (PI) 절연막 형성 공정

그런데 PI 絶緣층이 계속되는 다른 半導体回路 제작과정에 드라이 에칭 耐性이 충분하지 못하다는 단점이 있어서, 이 점을 改善하기 위하여 미국 GE 研究所에서는 실리콘 원자가 포함된 感光性 PI를 개발하고 있다.^[19] 아직은 感도와 解像도에 있어서 問題가 있지만, 실리콘 모노머 함유 PI는 畫像形成 過程의 마지막 段階에서 산소 플라즈마로 處理하면 실리카 (SiO₂)의 保護被膜이 生成되어 드라이 에칭 耐性이 極大化된다고 한다.

IX. 結 論

이상에서 高集積 半導体 製造에 있어서 (超)微細加工 技術에 사용되는 포토레지스트와 레지스트의 開發動向에 關하여 化學的인 면에서 간략히 기술하여 보았다.

포토리지스트를 利用한 光微細加工技術 (photolithography)이 高集積 半導體 製造産業의 核心技術로 이에 依하여 비로서 半導體의 經濟的인 大量生産이 가능하여졌고, 現在와 같은 半導體 産業의 飛躍的 發展을 가져왔다고 하여도 過言이 아니다. 현재 使用中이거나 開發中인 大部分의 리토그래피용 레지스트 材料가 有機高分子物로 되어 있어, 化學側面에서의 寄與가 半導體 超微細加工技術의 發展에 매우 重要하다.^[4,16] 요사이 化學者는 願하는 機能과 性能을 갖는 化合物, 高分子物質을 거의 tailor-made 할 수 있는 경지에 이르렀다고도 한다. 따라서 앞에서 記述한 未來의 半導體超微細加工용 레지스트에 要求되는 諸特性, 즉 高感度, 高解像度, 高耐드라이 에칭성을 갖는 레지스트의 開發이 化學, 電子工學 등 諸分野의 協同으로 가능하리라 본다. 한편에선 化合物 分子狀態의 變化를 利用하는 molecular memory device가 현재의 半導體를 質적으로 능가하는 劃期的인 未來의 microelectronic device로서 주목받고 있다.

半導體 産業의 빠른 技術革新 趨勢에 따라 multilayer resist 技術과 全工程 乾式化에 必要한 만족스러운 特性을 갖는 乾式現像용 레지스트가 먼저 開發되어야 한다. 최근 미국 IBM社에서는 1M bit DRAM 半導體를 開發하였다. 상세한 技術內容은 밝혀지지 않았지만, 보통의 포토리토그래피와 포토레지스트를 개선하여 1 μ m 解像力이 달성되었고, 아마도 遠紫外線과 포지형의 多層 레지스트가 使用된 것으로 추측되었다.^[4] 또한 미국 GE社에서는 光으로 分解되는 CEL (contrast enhancement layer)을 포토리토그래피에 應用하는 方法을 발표하였는데, 이 技術은 多層 레지스트 技術을 이용않고도 보다 容易하게 포토레지스트의 解像도를 極大化한다고 한다.^[47]

參 考 文 獻

- [1] J.K. Hassan and H.G. Sarkary, *Solid State Technol.*, pp. 49, May, 1982.
※ 참고문헌 2~19는 레지스트 材料와 리토그래피에 관한 一般總說.
- [2] W.S. De Forest, *Photoresist*. McGraw-Hill Book Co., New York, 1975.
- [3] E.D. Feit and C.W. Wilkins, Jr., Eds., *Polymer Materials for Electronic Applications*. ACS Symposium Series no. 184, American Chemical Society, Washington, D.C., 1982.
- [4] L.F. Thompson, C.G. Willson, and M.J. Bowden, Eds., *Introduction to Micro-lithography*. ACS Symposium Series no. 219, American Chemical Society, Washington, D.C., 1983.
- [5] “エレクトロニクス用 有機材料”, CMC Technical Report no. 2, シーエムシー(株), 東京, 日本, 1980.
- [6] “UV·EB硬化技術”, (株)總合技術センター出版部, 東京, 日本, 1982.
- [7] “ソフトテクノロジーと機能性高分子”, 機能性高分子シリーズ no. 2, シーエムシー(株), 東京, 日本, 1982.
- [8] 津田稔, 高分子, 28, 98, 1979.
- [9] 特集 “レジスト”, 電子材料, 18, 10月, 1979.
- [10] 小峰, 中村, 市川, 金井, 電子材料, 20 (6), 173, 1981.
- [11] 特集 “半導體デバイス用樹脂の新潮流”, 電子材料, 20, 11月, 1981.
- [12] 加藤政雄, 纖維と工業, 38(2), pp. 96, 1982.
- [13] '83/1 ミクロシンポジウム “高感度 高解像力 レジスト”, 講演要旨集, 日本高分子學會, 4月, 1983.
- [14] A.N. Broers, *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-28, 1268 (1981).
- [15] M.J. Bowden, *Solid State Technol.*, pp. 73, June, 1981.
- [16] H. Steppan, G. Buhr, and H. Vollmann, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 21, 455, 1982.
- [17] D. Elliott, *Solid State Technol.*, p. 116 (May), 91 (Dec. 1982), pp. 137, July 1983.
- [18] *Chem. Eng. News*, pp. 7, Aug., 8, 1983.
- [19] *Chem. Eng., News*, pp. 23, Sep. 26, 1983.
- [20] B.J. Lin, *Solid State Technol.*, pp. 105, May, 1983.
- [21] E. Bassous, L.M. Ephrath, G. Pepper, and D.J. Mikalsen, *J. Electrochem. Soc.*, 130, 478, 1983.
- [22] G.N. Taylor and T.M. Wolf, *ibid.*, 127, 2665, 1980.
- [23] G.N. Taylor, T.M. Wolf, and M.R. Goldrick, *ibid.*, 128, 361, 1981.
- [24] P.D. Parry and A.F. Rodde, *Solid State Technol.*, pp. 125, April, 1979.
- [25] G.N. Taylor, T.M. Wolf, and J.M. Moran, *J. Vac. Sci. Technol.*, 19(4), 872, 1981.
- [26] G.N. Taylor, T.M. Wolf, and L.E. Stillwa-

- gon, *Solid State Technol.*, pp. 145, Feb., 1984.
- [27] 津田穰, 電子材料, 20(10), 122, 1981.
- [28] M. Tsuda, S. Oikawa, W. Kanai, A. Yokota, I. Hijikata, A. Uehara, and H. Nakane, *J. Vac. Sci. Technol.*, 19(2), 259, 1981.
- [29] K. Hirata, Y. Ozaki, M. Oda, and M. Kimizuka, *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-28, 1323, 1981.
- [30] C.G. Willson, *Organic Resist Materials-Theory and Chemistry*. Chapter 3, Ref. 4, pp. 88.
- [31] E.A. Chandross, E. Reichmanis, C.W. Wilkins, Jr., and R.L. Hartless, *Solid State Technol.*, pp. 81, Aug., 1981.
- [32] C.W. Wilkins, Jr., E. Reichmanis, E.A. Chandross, and R.L. Harthess, *Polymer Eng. Sci.*, 23, 1025, 1983.
- [33] E. Reichmanis and C.W. Wilkins, Jr., Ref. 3, pp. 29.
- [34] B.D. Grant, N.J. Clecak, R.J. Twieg, and C.G. Willson, *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-28, 1300, 1981.
- [35] C.W. Wilkins, Jr., E. Reichmanis, and E.A. Chandross, *J. Electrochem. Soc.*, 129, 2552, 1982.
- [36] 畑田耕一, 高分子加工, 33(1), 11, 1984.
- [37] M.P.C. Watts, *Solid State Technol.*, pp. 111, Feb., 1984.
- [38] G.N. Taylor, *ibid.*, pp. 73, May, 1980.
- [39] H. Ryssel, K. Haberberger, and H. Kranz, *J. Vac. Sci. Technol.*, 19(4), 1358, 1981.
- [40] P.S. Burggraaf, *Semiconductor Internat.*, pp. 48, June, 1983.
- [41] G.N. Taylor and T.M. Wolf, *Polymer Eng. Sci.*, 20, 1087, 1980.
- [42] H. Gokan, S. Escho, and Y. Ohnishi, *J. Electrochem. Soc.*, 130, 143, 1983.
- [43] 齊木, 梅崎, 佐藤, 電子材料, 20(11), 22, 1981.
- [44] 庄子, 片岡, 釘持, 横野, 電子材料, 22(7), 30, 1983.
- [45] R. Rubner, H. Ahne, E. Kuhn, and G. Kolodziej, *Photogr. Sci. Eng.*, 23(5), 303, 1979.
- [46] Chem. Eng. News, pp. 31, May, 7, 1984.
- [47] Ref. 40, pp. 17. *

◆ 用語解説 ◆

論理 시뮬레이터 (Simulator)

논리 시뮬레이터란, 디지털 시스템의 논리회로 모델을 계산기 상에 만들고, 실제의 논리회로와 같은 모양으로 그 동작을 模擬하는 program이다. 실제의 hardware를 제조하기 전에, 논리설계가 올바르게 행해지고 있는가 어떤가를 이것을 사용하여 확인할 수 있으므로 CAD(computer Aided Design) system에는 불가결한 기능이다.

simulation의 실행에는 digital system의 simulation model과 model의 초기상태와 입력신호의 변화를 주는 입력 pattern이 필요하다. 논리동작의 결과는, 레지스터와 신호선의 논리상태치의 시간적 변화로써 주어지고, 시뮬레이터는 이것을 타임·차트로 출력한다. 논리설계자는 입력 테스트 패턴과의 비교로서 이것을 체크하여, 논리설계의 결과를 확인한다.

지금까지는 주로 게이트 레벨 시뮬레이터와 기능 레벨 시뮬레이터가 사용되었다.

게이트 레벨 시뮬레이터는 디지털 시스템을 구조적으로 표현한 論理接續記述을 입력으로 한다. 이것은 IC와 패키지 등의 컴포넌트(component)의 접속으로 표현한 것이다. 이것을 전개하여 게이트(AND, OR, flip-flop 등)에 의해 계산기 상의 모델을 구성하여 시뮬레이션한다. 게이트는 논리기능의 최소 단위이므로, 精度가 높은 시뮬레이션을 할 수 있다. 반면, 대규모 회로를 취급하려고 하면, 시뮬레이션의 효율이 나쁜 결점도 있다.

한편, 기능레벨 시뮬레이터는 디지털 시스템을 기능적으로 표현한 기능기술을 입력으로 하여, 이 동작을 模擬하는 것으로 시뮬레이션을 실행한다.