

반도체 제조용 증착기술 Patent Map 분석

Patent Map이란 특허기술정보를 분류·분석·가공·정리하여 필요한 기술정보를 쉽게 파악할 수 있도록 한 특허기술정보 해석서로서 특허청과 한국발명진흥회에서는 2000년부터 매년 24개 테마를 발굴, 최근 2003년까지 산업분야별 96개의 테마를 개발하여 CD-ROM과 Web Service를 통해 지속적으로 보급하여 왔습니다. 여기에서는 2003년에 기 수행된 PM보고서 중 전기/전자분야 「반도체 제조용 증착 기술」 과제에 대하여 기술의 주요 구성도, 기술 및 산업시장동향, 주요 특허동향분석 결과, 향후전망 등에 대하여 간략하게 소개하고자 합니다.

이 과제에 대하여 자세한 내용을 알고자 할 경우에는 Patent Map 홈페이지[<http://www.patentmap.or.kr/>]에서 무료 서비스를 시행하고 있으므로 많은 열람 바랍니다.

※ 문의사항은 아래 연락처로 하시기 바랍니다.
 - Tel) 02-3459-2865-71
 - Fax) 02-3459-2879

기술의 주요 구성도

반도체 공정기술은 고집적도의 메모리나 아날로그, 논리형 디지털 집적회로 제작에 필요한 기초기술일 뿐 아니라, 마이크로 머신, 평판 디스플레이 등과 같은 다양한 소자의 제조에 그대로 적용될 수 있어 그 응용범위가 점차 확대되고 있다.

특히 반도체 디바이스의 물성을 결정짓는 중요한 요소 중의 하나가 반도체 증착기술이며, 따라서 양질의 막을 생성하기 위한 막 생성 및 제어기술이 강하게 요구된다. 그 밖에도 고진공장치 등 고가장치의 사용으로 인해 발생하는 비용절감과 공정의 단순화, 유독성물질의 사용에 따른 환경오염 차단 기술 등이 현안이 되고 있다.

반도체 증착기술은 크게 생성전달기술과 기판제어기술, 그리고 이 두 가지 기술을 융합하여 반도체를 기판과 동일한 결정구조로 성장시켜 소자의 특성을 향상 시키는 에피택시 증착 기술로 나뉘어진다. 생성전달기술이란 증착에 필요한 원소 또는 분자들을 생성하여 전달하는 기술이고, 기판제어기술은 증착에 필요한 원소들의 생성 및 전달

과정과는 별도로 기판에서의 박막 증착조건을 제어함으로써 박막의 성질 및 구조 등을 변화시키는 기술을 의미한다. 또한 에피택시 증착 기술은 3차원적인 증착 기술과는 달리 기판위에 2차원적인 박막을 증착하는 기술로서 기판과 동종의 물질을 증착하는 호모 에피택시 증착 기술(Homo-Epitaxy)과 이종의 물질을 증착하는 헤테로 에피택시(Hetero-Epitaxy) 증착 기술이 있다. 호모 에피택시의 경우 결정 격자구조는 기판과 같으나 물질의 조성, 도핑의 종류, 농도 등은 다르게 성장시킬 수 있다는 특징이 있다.

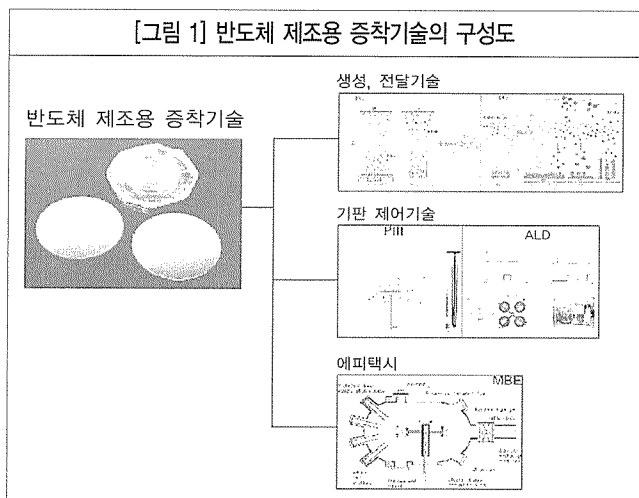
생성전달기술은 크게 물리적 증착기술(Physical Vapor Deposition : PVD)과 화학적 증착기술(Cheical Vapor Deposition : CVD), 그리고 플레이팅(Plating) 증착기술로 나뉘어진다. PVD 기술은 목적하는 박막의 구성 원자를 포함하는 고체의 타겟을 물리적인 작용(증발, 승화, 스퍼터링)에 의해 원자·분자·클러스터 상태로 해서 기판 표면에 수송하여 박막을 형성하는 방법이다. 한편 CVD 기술은 박막의 구성 원자를 포함하는 원료 가스를 기판이 놓여진 공간에 공급하여 원료 가스분자의 들뜸·분해를 통하여 기상 및 기판 표면에서의 화학반응으로 박막을 형성하는

방법이다. 또한 플레이팅 기술은 열속도보다도 큰 운동 에너지로 가속된 원자나 이온을 증착 입자에 포함시켜 박막 형성을 하는 기술이다.

기판제어기술은 에너지빔 보조기술로 이온빔 보조 증착 기술(Ion Beam Assisted Deposition : IBAD)과 바이어스 증착(Biased Deposition)기술이 있으며, 이 밖에 원자층 증착 기술(Atomic Layer Deposition : ALD)이 있다.

한편 독립된 하나의 증착기술로 보기에는 어려움이 있으나, 다른 증착기술과 조합하여 박막을 증착하는 기술로서 에피택시(Epitaxy) 증착 기술이 있다. 에피택시 증착 기술은 증착 방법에 따라 크게 세가지로 분류되는데, 액상 에피택시 (Liquid Phase Epitaxy : LPE), 기상 에피택시 (Vapor Phase Epitaxy : VPE), 분자선 에피택시 (Molecular Beam Epitaxy : MBE)로 나뉘어지며, 최근에는 이들을 서로 결합한 방식도 사용되고 있다.

여기에서는 반도체 제조용 증착기술은 생성전달기술, 기판제어기술, 에피택시로 분류하였으며, 각각에 대해 세부기술로 또 다시 분류하였다. 분석대상 데이터는 1982년~2001년 사이에 출원된 해당특허 중에서 출원공개 또는 등록공고된 것이며, 한국의 경우 KIPRIS를 미국, 일본의 경우에는 Delphion의 DB를 활용하였다.



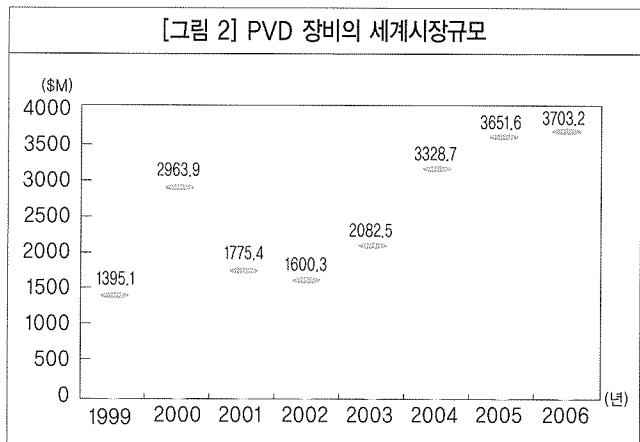
산업 및 시장동향

증착기술은 반도체 제조공정 기술중에서 가장 중요한 기술분야중의 하나이며, 증착 기술의 측면은 증착 장비의 시장과도 밀접한 관계를 맺고 있다. 증착 장비의 세계적 시장현황을 파악함으로써 증착기술의 행보를 파악할 수 있고, 상기와 같이 증착기술의 발전을 도모한다면 국내 산업발전에 이바지 할 수 있을 것으로 생각된다.

SEMI가 발표한 통계자료에 따르면 1999년 반도체 장비 수입액은 약 25억 달러인 것으로 나타났는데, 전체 국내 반도체 장비수요 가운데 76% 가량이 수입되고 있는 것이고, 그 중 반도체 리소그래피 장비에 이어 반도체 증착장비가 약 4억달러로서 두 번째로 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 반도체 공정중 증착공정이 차지하는 비중이 얼마나 큰지를 짐작하게 하는 것이다.

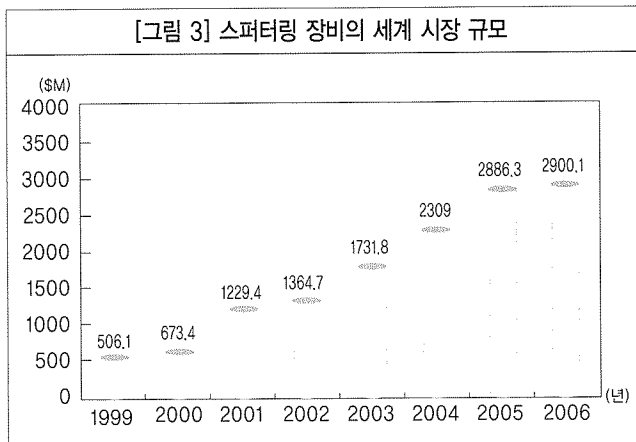
1. PVD 장비

VLSI 보고서에 따르면, 2000년 PVD 장비 시장은 CVD 장비와 같은 여타 공정 장비와 함께 반도체 Maker의 설비 투자 확대에 견인되어 상당한 성장을 기록하였다. 세계 시장은 1999년 대비 112.43% 증가한 29억 6,360만불이었다. 일본 시장도 같은 경향을 보여 75.06% 증가한 605억 3,000만엔 이었다. 그러나, 반도체 경기가 점차적으로 하락하기 시작한 2001년도부터 그 수요가 급격히 감소하기 시작하여 2002년에는 16억불로 2000년 대비 46%나 감소하기에 이르렀다. 이러한 추세는 2002년을 기점으로 하여 반도체 경기가 살아날 것으로 기대되는 2003년 하반기부터 회복세로 들어가 2004년에는 33억달러 이상의 수준으로 증가될 것으로 전망된다 [그림 2 참조]. 그러나, 흥미로운 점은 PVD 기술로 대표되는 스퍼터링 장비의 세계 시장은 반도체 경기의 불황에 관계없이 점차로 증가되고 있다는 것인데, 이는 두가지로 해석 될 수 있다. 첫 번째 원인으로는 반도체 경기가 2001년에 접어들면서 급격하게 감소세로 접어들었음에도 불구하고 반도체의 금속배선의 사용은 더욱 중요성을 더해가고 있으며, 반도체 단가 하락을 방지하기 위해 수율을 높이는 방법으로 고집적화 및 대면적 기판의 사용 등으로 기존 장



자료출처 : VLSI Report Special Survey 32

비를 라인에 맞게 교체해야 되는 데서 원인을 찾을 수가 있다. 또 다른 원인으로서는 비록 PVD 장비시장이 2001년부터 급격하게 줄어들었지만, PVD 장비내의 다른 여타 장비 보다 스퍼터링 장비의 중요도와 이용도가 늘고 있음을 의미한다. 이는 곧 PVD법의 기타 다른 진공 증착법들이 스퍼터링법으로 대체되고 있음을 나타낸다고 할 수 있다 [그림 3 참조].



자료출처 : VLSI Report Special Survey 32

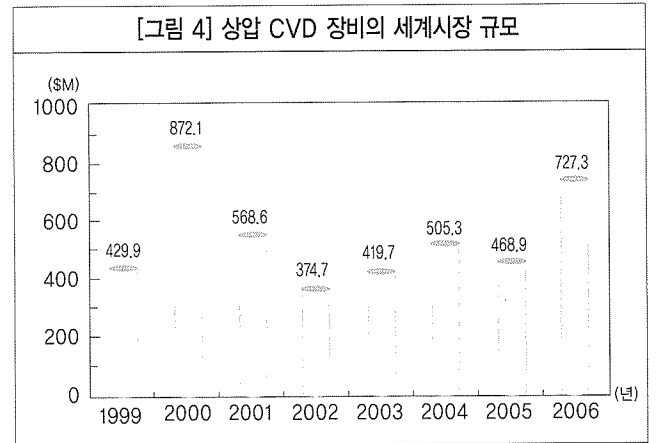
2. CVD 장비

2004년 이후 부터는 반도체 경기가 본격적으로 다시 성장할 것으로 기대되고 있으며, 기존의 스퍼터링 장비가 점차 CVD 장비로 상당 부분 대체 될 것으로 예측되나, 아직 양산까지는 기술적인 문제가 있기 때문에 향후 오랜 기간 동안 이 두 가지 증착장비는 서로 경쟁해 나갈 것으로 판단된다. 따라서 스퍼터링 장비 시장은 [그림 4]에 나타난 것과 같이 2005년 까지는 지속적으로 성장할 것으로 전망된다. 그러나, 2006년에는 2005년 보다 시장 규모가 감소되지는 않으나 성장세 역시 정체될 것으로 예측하고 있다.

CVD 시장은 전반적으로 반도체 경기와 밀접한 곡선을 유지하는데, 이는 CVD 장비가 아직까지는 대량생산용 장비로서 확실히 자리 잡지 못하고 있음을 의미한다. 이는 곧 반도체 경기가 좋을 때에는 이에 대한 장비 및 연구 투자가 활발히 이루어지고 있으나, 경기가 불황일 때에는 상대적으로 연구 투자의 폭이 현저히 감소하고 있는 것을 의미한다.

상압 CVD (APCVD) 장비의 2000년 시장은 전년도 대비에 102.8% 증가한 8억 7,210만불에 도달하였다. 일본 시장도 세계 시장과 같이 고성장으로 59.9%가 증가한 191억

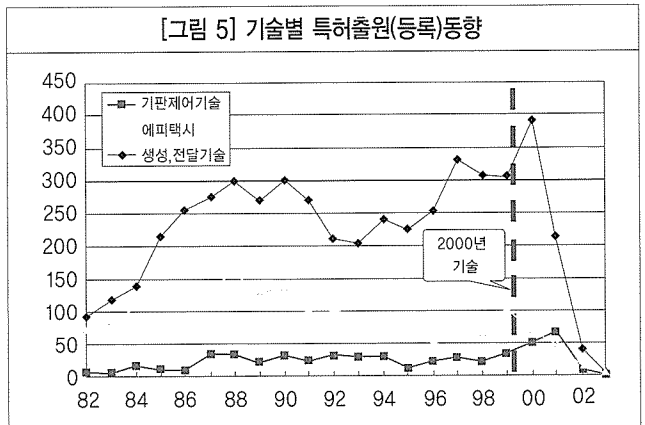
5천만엔이었다. 이러한 고성장을 견인시킨 요인은, 반도체 Maker의 설비투자 열기의 고조였다. 2000년도에는 휴대전화 등의 IT 관련기기의 수요확대에 따라 많은 Device로 공급이 수요를 따라가지 못했기 때문에 반도체 Maker 각사는 설비 투자액을 1999년 대비 대폭으로 증액하고, 증산을 위한 체제를 구축하고자 하였다. 그러나, 기대와는 달리 2002년의 상압 CVD의 세계 시장은 반도체 경기와 맥락을 같이하여 2001년에 이어 대폭 마이너스 성장으로 돌아섰으며, 2001년도 대비 34.1% 감소한 3억 7,470만 달러에 그쳤다. 2003년 부터는 회복기조를 타서 12% 증가한 4억 1,970만 달러, 2004년에는 20.4% 증가한 5억 530만 달러, 2005년에는 반도체 사이클에 따라 다소 하락하기는 하나 2006년에는 다시 55.1% 증가한 7억 2,730만 달러에 이를 것으로 예측하고 있다 [그림 4 참조].



자료출처 : VLSI Report Special Survey 32

특허출원현황

[그림 5]의전체 출원연도별/기술별 특허출원(등록)동향을 살펴보면, 생성전달기술의 출원건수가 기관제어기



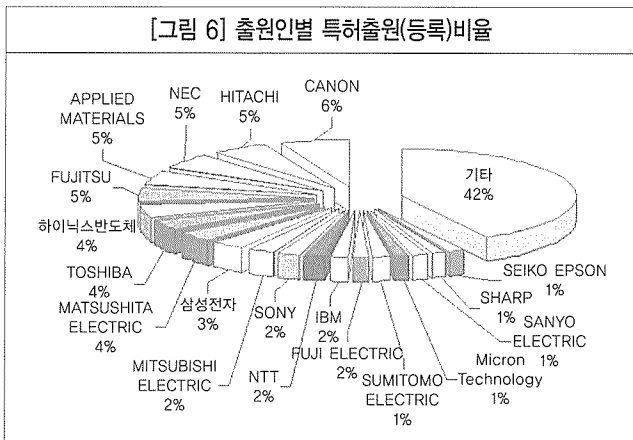
술의 출원건수보다 많은 출원건수를 나타내고 있다.

기판제어기술의 경우 출원건수가 매우 적고 출원의 증가율도 낮으나, 1998년 이후로 이전보다 증가율이 상승하고 있는 것으로 보아 앞으로도 출원건수가 지속적으로 증가할 것으로 판단된다. 특히 PVD 기술과 CVD 기술을 대체할 ALD 기술에 관한 출원이 증가하는 것과도 밀접한 연관이 있는 것으로 생각된다.

에피택시 기술은 화합물반도체의 형성과 다이아몬드 박막의 제조와 관련이 많은데, 1986년과 1992년도를 각각 전후하여 화합물반도체와 다이아몬드 박막에 관한 연구가 매우 활발하였던 것과 관련이 깊다. 1988년도를 기점으로 하향곡선을 이루면서 1992년도 이후로는 출원건수가 많이 줄고 있는 것은 이와 같은 현상에 기인하는 것으로 판단된다.

[그림 6]의 전체 출원인별 특허출원(등록)비율을 살펴보면, 5% 이상의 출원을 행한 상위 5개사를 살펴보면, 미국의 Applied Materials 사를 제외하면 4개사가 모두 일본 출원인임을 알 수 있다. 한편, 상위 4개 출원인이 모두 비슷한 출원비율을 나타내고 있다. Canon사와 Hitachi사는 생성전달 기술에 관한 출원의존도가 매우 높으며, 특히 PECVD 관련출원이 다수를 이루고 있고, Hitachi사의 경우 1980년대 초에 고속 CMOS 마스크 ROM, 256Kbit DRAM을 대량 생산하면서 관련출원을 많이 행한 것에 기인하는 것으로 보인다. Applied Materials사는 반도체 증착 장비 제조업체로서 1990년대 중반 이후로 전세계 시장을 확장하면서 비교적 최근들어 출원을 많이하고 있다. 특히 PVD 기술이 CVD 기술로 대체되고 있는 상황에서 Applied Materials사는 PVD 기술관련 출원을 많이 행하고 있는 것은 증착장비 제조업체이기 때문인 것으로 보인다.

[그림 6] 출원인별 특허출원(등록)비율



향후전망

반도체 프로세스와 관련된 PVD 기술은 현재 전자빔(E-beam)가열에 의한 진공증발(Evaporation) 기술과 스퍼터링 기술 중 마그네트론 스퍼터링 기술이 가장 많이 사용되고 있다. 특히 현재까지는 스퍼터링 기술이 PVD 기술에 관한 출원의 66%를 기록함으로써 가장 높은 출원비율을 보이고 있다. 현재는 반도체의 고집적화에 의해 기존의 PVD 기술의 단점을 극복하기 위한 단차피복능의 개선, 박막층의 두께의 조절, 박막층의 균일형성 등의 방향으로 특허가 다수 출원되고 있고, 이 분야로의 기술개발이 향후 PVD 기술의 발전을 좌우하게 될 중요한 관점이 될 것으로 전망되나, 현재 반도체의 급속한 발전 추세로 보았을 때 이 분야의 문제점들을 빠른 시간안에 모두 해결하기에는 어려우므로 일부 분야를 제외하고는 PVD 기술의 지속적인 사용이 어려워질 전망이며, 다른 기술이 PVD 기술을 급속히 대체하리라고 판단된다.

PVD 기술에서 종래의 가장 기본적인 증착기술은 진공 증발 기술이었으나, 현재는 많은 응용분야가 스퍼터링 기술로 이전되어 있는 상태이다. 진공증발기술의 초기에는 저항 가열 기술이 사용되어 왔으나, 그 사용이 고융점의 금속이나 고융점의 산화물의 증착에 한계가 있어, 고순도의 박막을 제조하는데에는 적합하지 않아서 전자빔 가열 증발기술로 대체되었다. 그러나, 이 방법 역시 IC의 집적도가 증가함에 따라 스퍼터링 기술로 많은 부분 대체되었는데, 그 이유는 쓰임새에 비하여 장치가 복잡하고, 전자빔에 의해 소자특성이 저하되기도 하며 증착 입자의 직진성으로 인하여 단차피복능과 관련된 문제가 심각하고, 합금 증착시 조성 제어가 곤란하기 때문이었다. 이러한 단점을 극복하고자 진공 증발기술에서는 비교적 새로운 증착 방법인 펄스드 레이저 증착 기술과 클러스터 빔 증착 기술이 대두되었으며, 이 방법들을 사용하여 조성차이가 거의 없는 금속막뿐만 아니라, 유전체, 강유전체, 반도체, 고온 초전도체의 제조가 가능하게 되었고, 그 응용 범위가 확대되었다.

그러나, 이 방법들은 대면적 증착에 심각한 문제점을 나타내기 때문에 산업화와 연계되지는 못하고 있으며, 단지 반도체 증착의 기초 연구에만 활용되고 있는 실정이다.

스퍼터링 증착 기술은 진공증발 기술에 비해 고융점 금속이나 조성이 복잡한 합금의 박막형성이 쉽다는 특징이

있어서 ULSI의 여러 가지 제조 프로세스 등에서 진공 증발 기술을 대신함과 동시에 스퍼터링 증착기술의 특징을 살린 자기기록 재료, 투명 도전막 혹은 탄성 표면과 디바이스 등 일렉트로닉스 소자의 박막 형성등으로 응용이 확대되었다. 더욱이 장치 기술도 다용도의 전개를 보여 다원화와 이온 어시스트 등의 기능이나 타겟 재료에도 연구가 이루어지고 있다. 스퍼터링 기술 중에는 이온원에서 발생한 이온을 고진공조 내에 놓여진 타겟에 충돌시켜 증착 입자를 발생시키는 이온빔 스퍼터링 기술도 있는데, 이온빔 스퍼터링 기술은 성막속도가 느린 결점이 있지만 고진공중에서 고순도의 박막을 제어성 좋게 얻을 수 있기 때문에 연구용으로 많이 이용되어 왔다. 그러나, 이온빔 스퍼터링 기술은 대면적의 증착에 불리하고 증착속도가 느리기 때문에 이들의 단점을 극복해야하는 대량 생산측면에서는 마그네트론 스퍼터링 기술이 주로 사용되고 있다. 그러나, 최근의 ULSI의 고집적화로 소자·패턴의 미세화와 배선 및 소자 구성이 다층화되고 그에 따라 층간에서 배선을 접속하는 콘택트홀의 Aspect Ratio가 더욱 커짐으로 인해, 스퍼터링 기술로는 커버리지(Coverage) 문제와 콘택트홀의 바닥부 부근에 공극이 남거나 측벽에 균일하게 증착되지 않는 등의 심각한 문제가 발생되어 아직 양산화로는 많은 부분 대체하지 못하고 있으며, 향후 증착기술은 CVD 기술로 진행될 전망이다.

현재 실용화되고 있는 PVD 박막은 VLSI 디바이스에 있어서 전통적으로 이용되고 있는 것들이며, 그 박막들은 이미 Al, Cu 및 TiN 등의 전극재료를 제외하고는 모두 CVD 기술로 대체되고 있다. 향후 반도체의 고집적화가 진행됨에 따라 High Aspect Ratio를 갖는 디바이스 형상에 있어서의 박막 (Barrier막, 밀착층 등), 강유전체 메모리용 캐패시터 박막 등은 CVD 기술 이외에는 대안이 없는 실정이다. 따라서 향후 PVD 기술에 의한 박막 형성은 기존의 VLSI가 아닌, 대형화와 원료의 보충이 용이한 AC형 플라즈마 디스플레이의 보호막(MgO)의 형성과 필름콘덴서, VTR용의 증착테이프 등의 생산으로 응용되어질 전망이다.

CVD 기술은 전술한 PVD 기술과 비교하여 많은 출원 건수를 보유하고 있고, 현재 반도체 증착기술에서 PVD 기술이 차지하고 있는 부분을 상당 영역 대체하고 있다. 이 가운데 Thermal CVD 기술이 CVD 기술에 관한 출원건의 56%의 출원비율을 나타냄으로써 가장 많이 연구되고 있는 것으로 보이고, 특히 LPCVD 기술에 관한 출원건이 가장 높은 비율을 나타내었다. 주된 출원분야는 박막증착온도저하, Wave의 방사에 의한 필름의 손상방지, 반응물 가스의 유속, 반응실의 압력 및 조사 강도를 조절, 증착 속도 증진 등이며, 앞으로도 이러한 분야로의 출원이 다수 이루어질 전망이다. 향후 CVD 기술은 박막의 두께를 더욱 얇게 하면서 High Aspect Ratio를 갖는 디바이스 형상에 적합한 방향으로 연구가 진행될 것으로 예상된다. ●

