

첨단산업기술로서 표면처리기술의 개발동향 및 기술개발 전략(I)

—PVD기술 개발 현황과 전망—

목 차

1. 서 론
2. PVD기술의 원리 및 특성
 - 2.1. Evaporation
 - 2.2. Sputtering
 - 2.3. Ion-Plating
3. PVD기술의 응용
4. 국내외 기술개발 동향
5. 기술개발 전략
6. 결 론

권식철, 이상로, 이건환
한국기계연구소 표면공학실

표면처리는 물리·화학적 방법과 전기화학적 방법으로 대별하여 이루어질 수 있으나, 본고에서는 최근 첨단화되고 있는 물리적 방법에 대하여 우선 기술코져 한다.

1. 서 론

재료의 표면 물성을 고급화시키기 위한 방안으로 활용되어온 표면코팅 기술은 오랜 역사적 경험을 해오면서 새로운 코팅기술의 지속적 발전을 이룩하여 왔다. 특히, 근래에 들어 많이 응용되어지고 있는 물리증착법(physical vapour deposition; 이하 PVD)은 종래의 공해산업으로 문제시되었던 습식코팅기술을 대체하기 위하여 개발된 첨단 표면 코팅기술로서 반도체·전자·tribology·광학 및 장식등 복합적인 기능을 재료의 표면에 부여하는 기술이며, 최근에는 고온 초전도체 및 다이아몬드 코팅의 실현으로 그 활용범위가 더욱 증가되어지고 있는 추세이다.

PVD기술은 evaporation, sputtering 및 ion plating법으로 크게 구분되며 그밖의 다른 명칭들은 목적에 따라 조금씩 개선된 방법들이다. 증착속도는 분당 10Å에서 750,000Å(10^{-3} -75μm)까지 변화시킬 수 있으며, 최근 20년사이에 전자빔 가열 장치의 개발로 증착속도의 조절이 매우 용이하게

되었다.

최초의 PVD법에 의한 박막은 1857년 Faraday[1]에 의해 실현되었다. 그는 진공상태에서 금속선을 폭파시킴으로써 모재에 박막을 형성시킬 수 있었다. Joule 가열법에 의한 진공상태에서의 금속 박막 증착은 1887년 Nahrwold에 의해 개발되었으며, 1888년 Kundt에 의해 굴절을 측정에 이러한 코팅층이 사용되었다[2]. 이와 같이 PVD 기술의 개발초기에는 금속의 박막층과 관계 깊은 광학 현상이나 기체의 확산 또는 기체와 금속의 반응성 등 주로 학문적인 관심에서 연구가 수행되었다.

PVD기술의 실용화가 이룩된 것은 제2차 세계 대전 후인 1940년대 말기부터였으며, 이때에는 evaporation법에 의한 경면코팅 및 귀금속 장식 코팅에 주로 이용되었다. 플라즈마를 이용한 PVD기술인 sputtering법과 ion-plating법은 1960년대 초에 개발되었으며, 현 반도체 산업의 발전과 관계 깊은 sputtering법은 1970년대부터 본격적인 연구가 진행되었다. 고밀도 집적회로, 접점재료, 자성체 코팅등에 많이 사용되었으나 근래에는 내마모·내식성 코팅등 기계적 성질을 위한 코팅에도 확산·응용되어지고 있다. 1963년 미국의 D. M. Mattox[3]에 의해 개발된 ion-plating법은 그 당시 인공위성 제작에 있어서 우주공간의 유희 문제로 베어링등을 활용하는데 고심하였던 미국의 NASA에 의하여 여러가지 방법으로 개발되어 획기적인 성과를 얻었던 건식코팅 방법이다. Spalvins[4], Chamber[5]등에 의해 장치의 개선이 이루어졌으며 최근에는 Bunshah[6]등이 ARE(activated reactive evaporation)방법을 개발하여 탄화물·질화물·산화물 등의 내화물을 증착하였다. ARE법을 근간으로 하여 플라즈마의 이온화율을 증가시키기 위하여 열전자 방출장치나 보조전극을 설치하는 enhanced ARE 방법, 열전자총 대신에 플라즈마 전자총을 응용하는 방법등이 있고, 시편을 분극화시켜서 플라즈마내에 존재하는 이온들을 충돌시키는 BARE 방식등 여러 방법들이 개선·발전되어 왔다.

이러한 PVD기술의 특징은 목적에 따라 모재의 온도를 임의로 조절하여 사용할 수 있으므로 모재 및 코팅층의 열적특성 불일치로 인한 코팅층 변형

유발을 극소화할 수 있으며, 코팅층의 미세조직 조절 및 모재와의 계면조절이 매우 용이하기 때문에 그 활용 범위가 급격히 증가되어지고 있는 추세이다.

2. PVD기술의 원리 및 특성

2.1. Evaporation

그림1에서 나타난 바와 같이 evaporation법의 장치는 크게 진공용기(vacuum chamber), 진공펌프 그리고 증발장치로 이루어졌다. 10^{-6} torr 이상의 고진공이 유지되어야 하는 진공용기는 주로 비자성 스테인레스 강종으로 제작되며 증착시 용기온도를 조절할 수 있는 가열 및 냉각장치가 부착되어 있다. 진공용기의 부피에 따라 그 용량이 결정되는 진공펌프는 10^{-2} torr의 1차 진공을 위한 기계식 로터리 펌프와 그 이상의 2차 진공을 위한 기름 확산 펌프가 많이 사용되어지고 있다. 그러나 고순도 코팅층을 얻기 위해서는 초고진공(10^{-8}

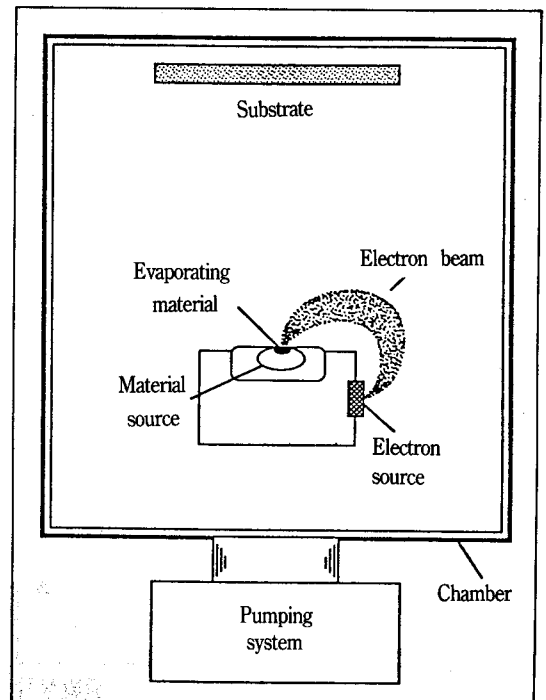


그림1) 진공 evaporation장치의 개략도

torr이상)이 요구되므로 기존의 기름 확산 펌프에 액체 질소 냉각장치를 부착하여 사용한다. 최근에는 이러한 초고진공을 얻기 위하여 터보분자진공펌프(turbo molecular pump), cryo펌프, 이온펌프 등의 사용이 증대되고 있으며, 특히 펌핑속도가 빠르고 조작이 간편한 터보분자펌프의 사용이 확대되어지고 있다.

증착하고자 하는 물질을 고체 혹은 액상으로 부터 기체상태로 변화시키는 증발장치는 저항·유도·전자빔·아크 또는 레이저 가열법 등을 채택하여 사용하고 있다. 종래에는 저항 및 유도 가열에 의한 증발장치가 널리 사용되었으나 고융점 천이 금속, 세라믹 재료의 증발에 많은 어려움이 수반되었다. 이러한 어려움은 최근 개발된

전자빔, 레이저 가열 장치의 등장으로 제거되었음은 물론 증착속도 조절도 매우 용이하게 되었다. 그림2에서 보여지고 있는 전자빔 가열장치는 현 evaporation법에서 가장 많이 사용되어지고 있는 증발장치이며 그 원리는 다음과 같다. 전자총 부위에 존재하는 고온 필라멘트로부터 열전자가 방출되고 방출된 열전자를 전자기장을 이용하여 증발시키고자 하는 물질에 집중 충돌시킴으로써 국부 용탕 부분을 형성시킨다. 이때 용기는 냉각수에 의해 냉각되며 주로 열전도도가 좋은 구리가 많이 사용된다. 이러한 전자빔 evaporation법은 전자기장의 조절로 용이하게 증착속도를 변화시킬 수 있을 뿐 아니라 국부용탕의 형성으로 용기와 증착물질과의 반응으로 인한 증착층 불순물 문제를 해결할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

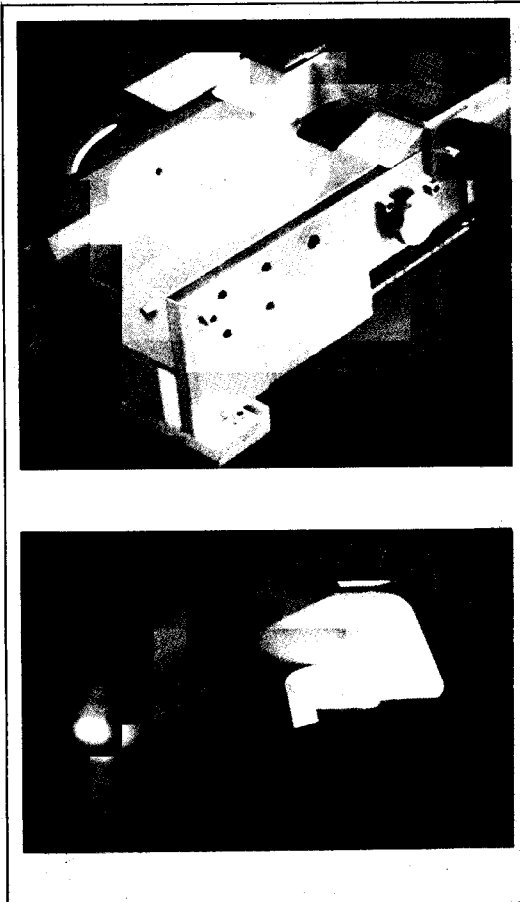


그림2) (a) 전자 빔 증발장치
(b) 작동시의 전자빔 증발장치

2.2. Sputtering

Sputtering증착은 이온화된 불활성 기체의 타겟 표면 충돌 현상에 의해 증착 물질을 직접 기화 시킴으로써 이루어진다. 불활성 기체의 이온화 작용은 비평형 방전(abnormal glow discharge) 영역에서 이루어지며, 이온화된 기체는 전기장의 영향에 의해 음극(cathode) 표면을 가격하게 된다. 따라서 sputtering법에서는 타겟을 음극으로 사용하고 있으며, 진공용기나 모재를 양극으로 사용하고 있다. 그림3은 sputtering법중 가장 간단한 형태인 평면 이극법을 나타낸 것이다. 음극으로 사용되어지고 있는 타겟과 양극사이에 저압 방전이 발생된다. 일반적으로 사용되는 불활성 기체 압력은 방전현상을 유지시키기 위하여 5×10^{-3} torr이상이어야 하며, 작업 압력 범위는 2×10^{-2} torr에서 10^{-4} torr까지 사용된다. 음극에 적용시키는 전압은 500V에서 2000V까지 변화시킬 수 있으며 음극과 모재의 거리는 5cm정도로 매우 가까운 편이다. 증착 속도는 약 $100 \text{ \AA}/\text{min}$ 로 입사되는 이온의 에너지와 수에 의해 결정된다. 즉, 전압을 증가시킴으로 증착속도는 증가되어지나 이온화 단면(cross section of ionization)의 감소에 의해 제한을 받는다. 이온 전류는 불활성 기체 압력 증가에 따라 증가시킬 수 있으나 증착속도는 기체

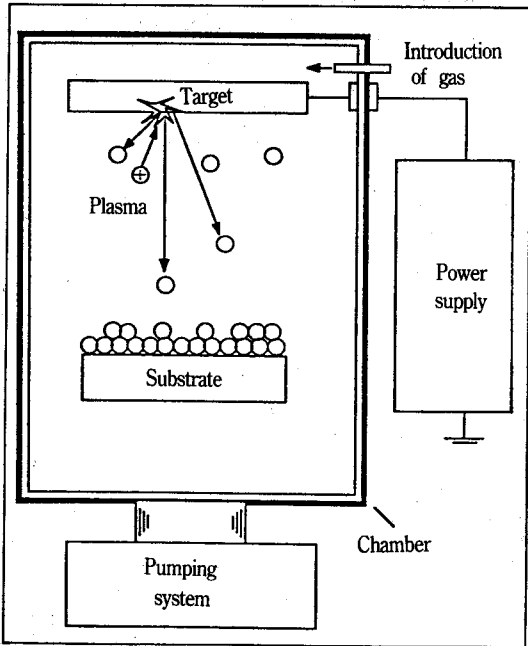


그림3) 이극 sputtering 장치의 개략도

분산효과에 의해 오히려 감소되어 질 수도 있다. 따라서 증착 속도에 대한 최적조건은 반복 실험에 의해 결정되어 질수 밖에 없다.

저압에서 이온화율을 증대시키기 위한 방법으로 고온 음극 보조 방전을 이용한 삼극 sputtering법이 사용되어 왔다. 방전을 유지시키는 전자들은 고온 필라멘트로 부터 열전자 형태로 방출되며 플라즈마 내의 열전자수 증가로 낮은 압력에서도 기체 이온화율을 증대시켜 증착속도를 높이는 작용을 한다. 그러므로 저압상태에서의 기체 분산효과 감소와 아울러 고이온화율에 따른 증착속도의 증가를 이룰 수 있다는 장점을 가지고 있다.

Sputtering방법 중 가장 빠른 증착속도는 자성 sputtering법에 의해 실현되었다. 이 방법은 앞에서 언급되었던 삼극 sputtering방법과 같이 플라즈마 내의 기체 이온화율을 증대시키기 위해서 전자의 수량을 증대시키는 것과는 달리 그림4에서 보여지는 바와 같이 전자기의 방향조절로 직선운동을 하는 전자를 곡선운동시킴으로써 증성기체와의 충돌 확율을 높여 이온화율과 함께 증착속도를 동시에 증대시킬 수 있으며 이 방법으로 10,000 A/min의 증착속도도 가능하게 되었다. 그러나 현재 가장 널리 사용되고 있는 평판자성 타겟은 그림4의 3번에 나타난 것과 같은 플라즈마 띠 형성으로 인한 국부 sputtering 현상으로 효율적인 타겟

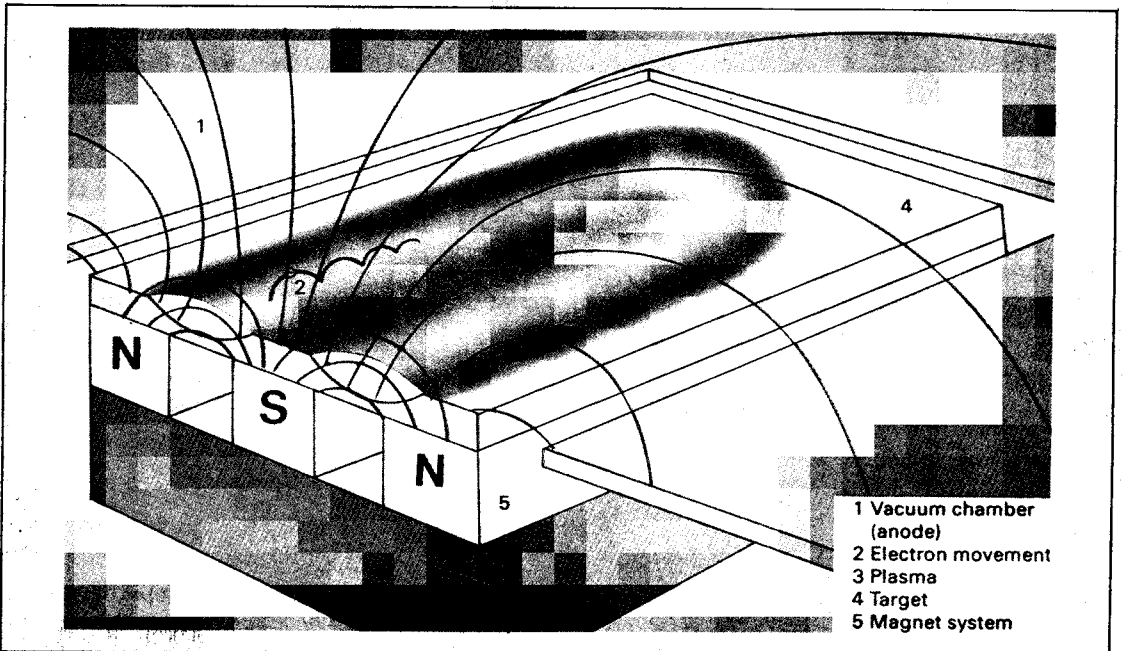


그림4) 자성 sputtering 타겟의 구조도

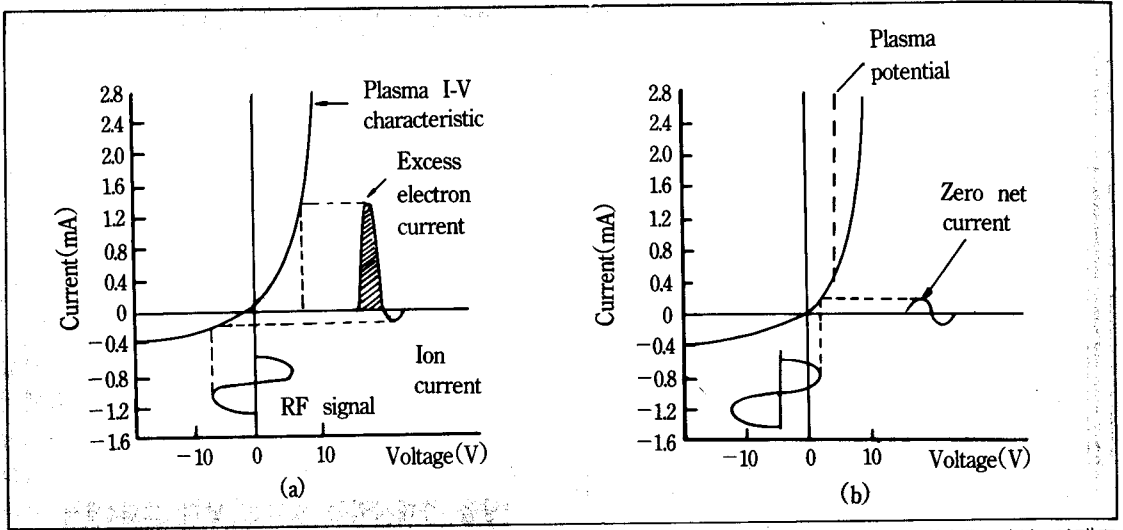


그림5) 교류전류에 의한 전극의 자체분극 현상 상태도

사용이 어려운 실정이다. 따라서 자성효과의 극 대화와 효율적인 타겟 사용을 위해 다양한 모양의 음극설계가 요구되며, 현재 실린더형, gun형태 등 다종의 음극이 개발·사용되어지고 있다.

Sputtering법에 의한 비전도성 물체의 증착은 교류법에 의해 실현되었다. 즉, 하나의 전극이 플라즈마와 전기용량적으로 쌍을 이루고 있는 상태에서 교류가 가해졌을때 전자와 이온의 운동속도차에 의해, 전극이 음극화되었을 때의 이온전류보다 양극화되었을 때의 전자 전류가 훨씬 크게 작용함을 보이게 된다. 그러나 한번의 완전 주기 동안에 생성되는 이온 전류량과 전자전류량은 동일하여야 하므로 전극의 음극화 현상에 의해 이의 차이를 상쇄시키게 된다. 그림5는 이러한 분극 현상을 나타낸 것으로서 sputtering에 충분한 크기이며 지속적인 방전을 위해서는 적어도 10MHz 이상의 주파수가 필요하다. 따라서 대부분의 교류 sputtering장치는 13.65MHz의 주파수를 사용하고 있으며 이 주파수가 라디오 주파수 (radio frequency) 범위에 해당됨으로 흔히 R.F. sputtering법이라 명명되고 있다.

또다른 비전도성 물체의 증착은 반응성 sputtering법에 의해 가능하다. 이 방법은 최소한 하나의 코팅원료가 기체상태로 진공용기 내에 주입되어 타겟으로부터 기화된 원자와 반응하여 증착되는

방법이다. 예를들어 Al_2O_3 생성을 위해서는 방전에 의해 Al 타겟에서 Al원자가 sputtering되어져야 하며 동시에 진공용기 내에 산소를 주입시킴으로써 Al_2O_3 생성을 유도하여 모재 표면에 증착시킨다. 이러한 반응성 sputtering법은 여러 복잡한 화합물을 간단한 금속 타겟으로 제조할 수 있으며 직류 전원으로도 비전도성 물질을 생성할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2.3. Ion-plating

이온 플레이팅법은 모재의 표면 또는 증착층이 매우 높은 에너지를 갖는 입자의 충돌에 의해 계면 또는 증착층이 변화되는 증착과정을 총칭하는 것으로서 밀착력, 증착층의 조직, 밀도, 응력등에 변화를 유발시킨다. 간단히 이온 플레이팅 과정을 설명하면, 모재는 전극에 연결되어 있으며 증착 물질은 증발원에 놓여진다. 진공용기는 10^{-5} torr 이상 진공도를 유지하며 서서히 작업 가스의 유입을 통해 일반적인 작업조건인 $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-2}$ torr의 진공도를 유지시켜 준다. 전극에 연결된 모재는 2KV에서 5KV 범위에서 분극 조절되어지며 이상의 조건에서 음극과 양극 사이에 방전현상이 발생된다. 모재는 플라즈마 내에서 형성된 이온들에 의해 충돌되므로 모재 표면에 존재하고 있던

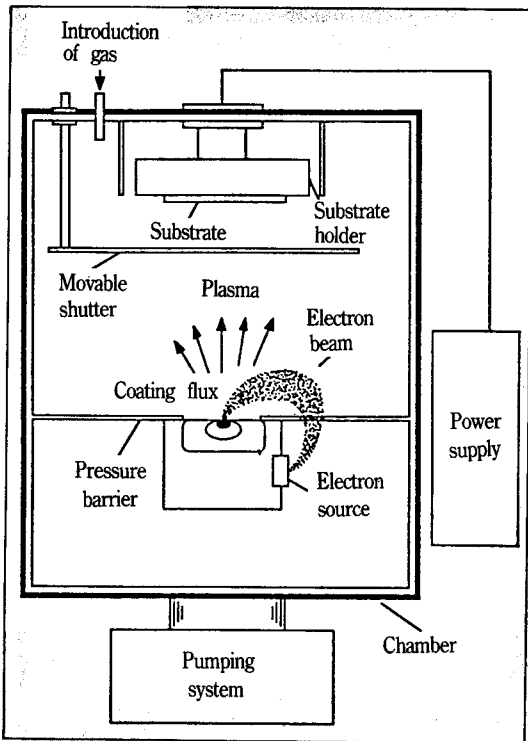


그림6) 이온 플레이팅 장치도

오염물질이나 산화물의 제거가 가능하다. 모재의 불순물 제거가 완전히 완료되었을 때 증발원으로부터 증착시키고자 하는 물질을 증발시킨다. 증발된 코팅물질은 이미 형성되어 있던 플라즈마 지역을 통과하여 모재에 증착되는데 이때 모재와 코팅층은 고에너지 입자들의 충돌에 의해 독특한

물리적 성질을 띠게 된다.

그림6은 위에서 설명한 이온 플레이팅 장비를 개략적으로 나타낸 것으로서 evaporation에서와 같이 증발원의 형태에 따라 저항·유도·전자빔 또는 레이저 가열법이 사용되고 있다. 근래에는 증착속도의 용이한 조정 및 사용상의 편리함으로 인해 전자빔 가열법이 널리 사용되고 있으나 음극과 양극간의 방전 발생 및 유지를 위한 압력(10^{-2} torr~ 10^{-3} torr)과 전자빔 장치 사용 적정 압력(10^{-4} torr 이상의 고진공)간의 차로 인해 2중 진공용기의 설치가 필수적으로 요구되어진다.

이온 플레이팅의 특징으로는 공구, 반도체 회로의 보호막, 각종 장식 코팅등에 폭넓게 활용되고 있으며 다른 코팅법보다 밀착성이 강하고 균일한 박막을 형성시킬 수 있는 것으로 보고되어 있다[7]. 또한 피처리물의 내외면을 동시에 코팅할 수 있으며 절삭공구나 금형등을 저온처리함으로써 재질의 변형이나 제한이 없다는 장점도 가지고 있다.

3. PVD기술의 응용

PVD기술은 금속, 합금 또는 화합물등을 증착시킬 수 있기 때문에 그 사용범위가 매우 넓은 것이 사실이다. 코팅층의 순도, 조직 그리고 코팅층과 모재간의 밀착력 조절이 매우 용이하며 최근에 문제시 되고있는 공해 발생 문제가 전혀 없다는 장점도 함께 지니고 있다. 서론에서도 언

표1) PVD기술에 의한 분야별 생산제품

분 야	생 산 제 품
기계용	공구용 고경도 코팅, 고체 윤활제, 비행기 엔진부품, 착륙기어, 자동차 엔진 부품
전자용	반도체, 저항재료, 접점재료, 자성 테이프, 기억디스크, 초전도체, 정전기 차폐용 재료, 태양전지
광학용	레이저용 반사 또는 투과성 막, 건물 창, 거울, 안경렌즈, 반사판, 카메라 렌즈와 필터, 계기용 렌즈,
화학용	내식성 조임쇠, 가스터빈엔진 블레이드, 해상용 장치, 밧데리 스트립
장식용	자동차의 내장파 외장, 완구, 화장용품 용기, 인조 장신구, 안경테, 포장 재료, 시계 케이스, 주방기기

급한 바와같이 PVD기술은 evaporation, sputtering, ion-plating법이 있으며 코팅목적에 따라 방법상의 선택 결정이 이루어져야 한다. 예를들면 evaporation법은 빠른 증착속도로 코팅할 수 있으며, sputtering법은 코팅층 합금조성 조절이 용이하고, 이온 플레이팅법으로는 매우 우수한 밀착력을 얻을 수 있다.

현재 산업계에서 사용되고 있는 PVD기술에 의한 코팅은 마이크로 일렉트로닉스용 Al, Si-Al, Ga As, SiO₂ 등 합금과 복합물, 열차단용 또는 장식용 Al polymer박막, 광학산업용 MgF₂, 건축용 유리, 가스터빈용 MCrAlY코팅, 리드후레임 위의 Al코팅, 캔용스틸의 대체용으로 사용되어지고 있는 강판 위의 Al코팅, 내식선 강선의 Ti코팅, 고속도 절삭공구의 내마모성 TiN, TiC, Al₂O₃, CrC, WC, HfN, ZrO₂ 등 고경도 세라믹 코팅등이 있으며 그 구체적인 생산 제품은 표1에 표시된 바와 같다.

또한 앞으로도 고강도·고인장 성질을 갖는 신합금 박막제조, 저렴한 재료위에 Ti-Al-N, Ti-V-N, Ti-Hf-N, Ti-Zr-N 등 3원 초고경도 복합 코팅, 새로운 고온 초전도체 박막 제조, 새로운 광학, 전자재료, 생체재료, 비정질 박막 제조 등 그 응용범위는 실로 광범위하다고 할 수 있겠다.

4. 국내의 기술개발 동향

국내의 경우 1980년대 초반까지만 하더라도 PVD기술은 초기단계인 거울, 장식용 부품등에 응용되는 진공 증착기술이 고작이었으나 최근 선진국에서 개발된 sputtering기술과 이온 플레이팅 기술이 절삭공구, 광학기, 자기 기록매체, 반도체 집적회로, 건축용 장식제에 실용화 되기 시작하면서 큰 관심을 끌기 시작하였다. PVD기술에 대한 국내 시장 규모는 1988년 고경도 절삭공구를 중심으로 775억원이었으며 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 몇몇 국내 중소기업에서 그림7에서 보여지는 것과 같은 반응성 이온 플레이팅법에 의해 내마모 및 장식용 TiN코팅을 하고 있으며, 한국기계연구소와 한국이온엔지니어링 주식회사의 공동연구로 항공기 및 자동차 부품제에 많이

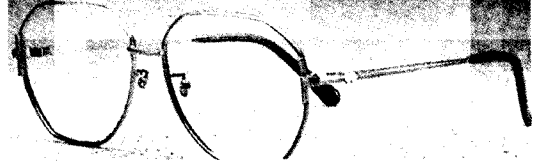
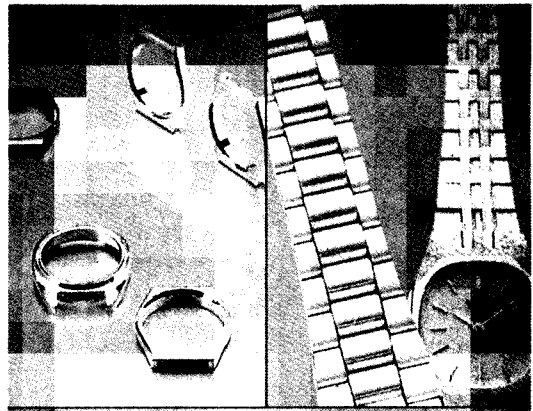
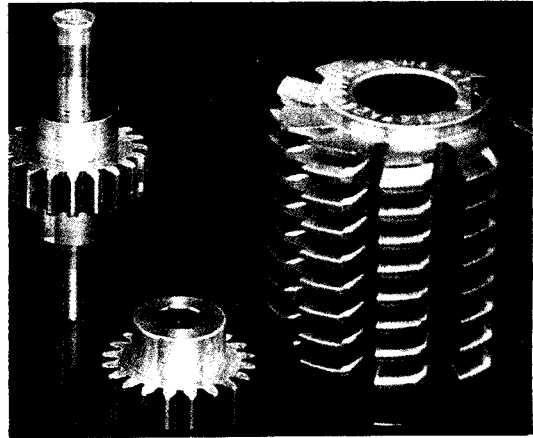


그림7) 반응성 이온 플레이팅법에 의해 증착된 TiN 코팅제품

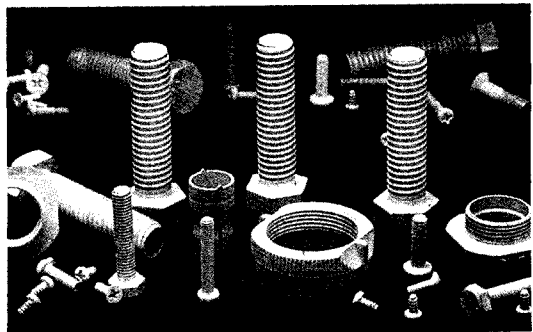


그림8) 이온 플레이팅법에 의해 증착된 알루미늄 코팅제품

응용되는 알루미늄 이온 코팅기술이 개발 사용되어지고 있다(그림8 참조). 그러나 국내에서는 증착 기술 및 장비제작 기술이 확보되어 있지 않아 기술수요에 비해 기술공급이 부족한 상태에 있다. 일부업체에서는 선진국에서 개발된 PVD 장치를 도입하여 제품을 생산하고 있는 실정인데 고가의 장비비용과 장비 가격의 약 50%에 해당하는 기술 이전 비용을 동시에 지불하고 있기 때문에 고급 PVD기술의 개발과 보급이 시급히 요청된다.

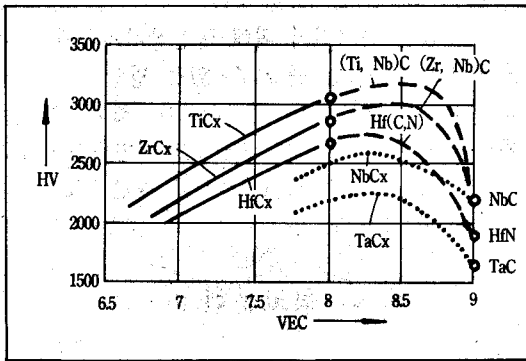


그림9) 이원 또는 삼원 화합물의 경도분포

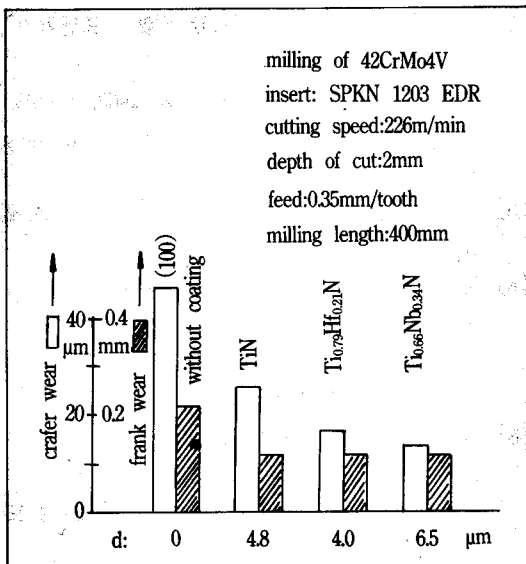


그림10) 42 CrMo 4V 모재위에 코팅된 이원 또는 3원 재료의 밀링시 마모 거동

국외의 경우 TiN, TiC, Al₂O₃ 등 이원 세라믹 내마모코팅은 이미 제품화되어 시판되고 있으며 최근

에는 일본·서독을 중심으로 Hf-Ti-N, V-Ti-N, Nb-Ti-C, Zr-Nb-C, Zr-Ti-N 등 삼원 복합 세라믹 코팅을 이용한 초고경도 박막제조에 박차를 가하고 있다. 이러한 삼원 복합 세라믹 물질은 그림9에서 보여주고 있는 바와 같이 이원화 화합물보다 월등히 높은 경도를 나타낼 뿐 아니라 그림10에 나타난 것과 같이 코팅층의 내마모성도 매우 우수한 것으로 보고되고 있다[8]. 따라서 기존 이원 Ti-N 박막의 대체용으로 위의 삼원 복합 박막이나 다층 박막 개발에 많은 관심을 나타내고 있다. 또한 미국 NASA에서는 PVD기술에 의해 오래전부터 우주용 고체 윤활제가 개발·사용되고 있으며 고온에서도 견딜수 있는 다층 열차단 막이 이미 실용화 단계에 있는 실정이다.

이외에도 현 반도체 산업을 능가할 것으로 예측되어지고 있는 초전도체 박막 제조에도 집중적인 투자가 이루어지고 있으며, 미국의 IBM사, 일본, 스위스, 독일, 프랑스 등 선진공업국에서는 이미 액체 질소 온도 영역인 90K 고온 초전도체 박막 제조에 성공하였으며, 상온 초전도체 박막 개발에 도전하고 있다[9]. 고온초전도체 박막 제조는 한국표준연구소·한국기계연구소·한국과학기술원 등 정부출연연구소에서 국가기술 사업으로 많은 관심을 보이고 있으며 국내의 연구 분위기로 보아 상당한 발전이 기대되는 분야이기도 하다.

5. 기술개발 전략

국내 PVD기술 개발의 시급함은 앞서도 충분히 밝힌 바 있다. 최첨단 표면처리 기술로서 많은 응용분야와 기초 기반 기술로서 중요시되고 있음에도 불구하고 선진기술 공업국에 비해 그 낙후성을 면치 못하고 있다. 그 원인을 분석해 보면, 종래에는 제반 표면처리 기술의 중요성에 대한 인식부족과 타분야에 비해 상대적으로 기술 개발 속도가 늦었으며 협소한 국내 시장성 등에 의해 많은 제약을 받았던 것이 사실이다. 그러나 급속한 산업 기반 기술 개발과 함께 다기능성 박막재료의 개발 필요성이 대두되며 PVD법에 의한 첨단표면처리 기술개발이 시급히 요구되어지고 있다.

따라서 본장에서는 PVD 기술개발에 있어서의

개발전략과 추진체계를 살펴보고자 한다.

PVD기술은 기술집약형 기반기술이며 반도체 제품을 제외하고는 다품종·고품질을 요하는 반면 시장성이 협소하다는 특징을 가지고 있다. 습식 코팅 위주로 기술축적을 이루어 왔던 국내 중소기업들은 그 영세성으로 인해 PVD장치 보유를 위한 과도한 초기 시설 투자비와 빠른 기술 변화에 대한 연구개발비 지출에 어려움을 겪을 것으로 예상된다. 그러므로 정부의 과감하고 지속적인 연구개발 지원이 절실히 요구되며 이를 추진할 수 있는 전문 국가출연연구기관을 중심으로 산·학·연 공동 연구체제를 구축함은 물론 선진공업국과의 끊임없는 기술교류를 통해 제반 PVD 기술의 수준향상을 추구하여야 한다. 이러한 취지하에 한국기계연구소에서는 수년전부터 플라즈마 응용 무공해 표면경화 처리 기술개발 연구를 수행하였으며, 장비의 자체 제작을 통해 PVD장비 가격 저하 가능성을 보였다[10]. 최근에는 한·독 국제공동연구, 한·불국제공동연구를 수행하며 이온 플레이팅 장비 제작 및 코팅층의 물성 향상에 지속적인 노력을 기울이고 있다[11]. 앞으로는 국내기업체와 합동으로 고가 수입 PVD장비를 대체할 수 있는 장비개발과 항공기 부품, 자동차 부품 및 삼원 복합 초고경도 박막제조 중심의 연구업무를 수행할 예정이다.

미래지향형 전략기술로 선진국에서 많은 관심을 보이고 있는 PVD 응용 초전도체 박막개발, 전자기 및 광전자기 박막 개발은 차세대 주요 기반 기술 중에 하나이므로 우리나라에서도 국가주도형 전략산업으로 육성하여 집중적이고 장기적인 투자와 산업계·연구계 공동연구에 의한 제품 개발 및 고급화 그리고 학계·연구계 공동연구에 의한 박막 물성기초 연구의 병행으로 효율적인 연구 수행이 이루어져야 할 것이다.

6. 결 론

PVD기술은 앞에서 언급한 바와같이 기계·전자·광학·장식·화학등 그 응용분야가 매우 광범위한 첨단산업 기반기술이다. 그러나 국내의 기술 수준은 선진국에 비해 매우 낮은 실정이며

이에 대한 연구도 매우 미약하다. 특히 선진국에서 이미 개발된 PVD기술 및 장비의 무분별한 도입으로 막대한 외화를 소비하고 있으며, 기술언력의 부족으로 기술개발에 많은 문제점을 노출시키고 있다.

이의 해결을 위해 국가출연연구기관 중심의 産·研 공동연구 체제를 구축하고 집중적인 투자를 통해 제반 PVD기술의 수준향상을 꾀하며 學·研 공동연구로 코팅층의 물성향상 기초연구가 병행되어야 한다. 또한 PVD기술을 중소기업형 기반 기술로 육성하기 위해 국산장비개발에 의한 초기 시설투자비를 줄일 수 있는 방안이 시급히 요구되며 국제공동연구등 활발한 해외 교류를 통해 선진기술 습득 및 고급 기술 인력양성으로 낙후된 국내 PVD기술을 선진국 수준으로 향상시켜야 할 것이다.

참고문헌

- [1] R. F. Bunshah, et al., "Deposition Technologies for Films and Coatings", Noyes Pub., 1982, p.1
- [2] 한국기술전략연구소, "도금 및 표면처리", KTSI : 89016, 1989.
- [3] D. M. Mattox, J. appl. Phys., 34, 1963, p.2493.
- [4] T. Spalvins, J. S. Przybyszewski and D. H. Buckley, NASA, TND-3707, 1966.
- [5] D. L. Chambers and D. C. Carmichael, Research/Development, 22, 1971, p.32.
- [6] R. F. Bunshah and A. C. Raghuram, J. Vac. Sci. Technol., 16, 1972, p.1285.
- [7] E. Lang, "Coatings for High Temperature Applications", App. Sci. Pub., London, 1983, p. 79.
- [8] U. König, Surf. and Coating Technol., 33, 1987, p. 91.
- [9] 한국산업개발원, "초전도 기술의 기업화로의 도전(제1차)", 1987.
- [10] 한국기계연구소, "무공해 표면경화 처리법 개발(II)", 1986.
- [11] 한국기계연구소, "Plasma 응용 코팅기술 개발(II)", 1988.