

7. 真空を利用して作製した薄膜の応用

真空を利用して作製された薄膜の利用分野の、主要なものを簡単に述べます。

7.1 光学的用途

(1) 反射防止膜

眼鏡、カメラなどのレンズの反射を防止して、光の透過率を高めるために、光の干渉現象を利用して構成した薄膜です。成膜は真空蒸着で行なわれています。フッ化マグネシウム (MgF_2) の単層膜や、シリカ (SiO_2)、ジルコニア (ZrO_2)、アルミナ (Al_2O_3)、5酸化タンタル (Ta_2O_5) などの膜で設計された3~5層膜が一般的です。

(2) フィルタ膜

ある波長の光だけを透過あるいは反射するような光学薄膜です。たとえば、緑色の光のみ透過させるとか、可視光線は透過するが赤外線は反射するなどの特性を持つものです。通常、真空蒸着による多層膜が用いられ、例えばシリカとチタニア (TiO_2) を繰り返し10~60層程度積層します。あまり厳密な特性を要求しない大面積の建材用ガラスなどでは、銀 (Ag) などのきわめて薄い膜を吸収膜として利用して3~5層で構成した膜が、スパッタリングで形成されています。

最近の話題としては、光通信における大容量システムの高密度波長分割多重 (DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing) 技術で合分波に用いる超多層膜フィルタがあります。

(3) 透明導電膜

太陽電池や液晶パネルなどに透明電極として用いられます。酸化錫 (SnO_2) や、錫をドーブした酸化インジウム (ITO: Indium Tin Oxide) が用いられています。膜形成はスパッタリングが主流ですが、真空蒸着やイオンプレーティングも一部で用いられています。

7.2 電磁氣的用途

(1) 集積回路

半導体工業において使用されているPVDは、ガリウム砒素 (GaAs) などの結晶膜における分子線蒸着や、電極配線と絶縁膜形成におけるスパッタリングです。

一方、CVDは主に次のような用途に多用されています。

シリコンエピタキシャル層として、1000以上の高温熱CVDで、シランガス (SiH_4) やシリコンのハロゲン化物ガス (SiH_2Cl_2 , $SiHCl_3$ など) を原料ガスに用いた単結晶シリコン膜。

シランガスを600~800で熱分解して多結晶シリコン (ポリシリコン) 膜。

プラズマCVDで、アモルファスシリコン (a-Si) 膜。

熱CVDやプラズマCVDで、絶縁膜として二酸化シリコン (SiO_2) 膜や窒化シリコン (Si_3N_4) 膜。

6フッ化タンゲステン (WF_6) ガスとシランガスから、タンゲステンシリサイド (WSi_2) のようなシリサイド膜。

6フッ化タンゲステンガスを水素還元してタンゲステン (W) 膜のような金属膜。

(2) 超伝導薄膜

超伝導物質のターゲットを用いたスパッタリングやレーザーアブレーション、構成物質を多源の蒸発源から個々に蒸発させる分子線蒸着で作製されています。

(3) 磁気記録膜

蒸着テープが電子銃による真空蒸着、ハードディスクはスパッタリングが主に用いられています。また、ハードディスクの保護膜には潤滑特性の良いダイヤモンド状炭素 (DLC: Diamond Like Carbon) がPVD、CVDで形成されています。

(4) 光ディスク

再生専用のコンパクトディスク(CD)はスパッタリング、レーザディスク(LD)は真空蒸着で、どちらもアルミニウムが反射膜として形成されています。成膜方法が異なるのは、LDの材料であるアクリル樹脂(PMMA)にはスパッタリングで密着性の良い膜が作製できないことにより、

また、書換形の光磁気ディスクも多用されるようになりました。この記録層は希土類元素と鉄族元素のアモルファス合金が用いられ、保護膜でサンドウィッチされ、反射膜にはアルミニウムが用いられます。成膜はスパッタリングで行なうのが一般的です。

(5) 弾性表面波膜

圧電材料のうち薄膜化し易い酸化亜鉛(ZnO)膜がスパッタリングで成膜されています。

(6) 太陽電池膜

シランガス(SiH₄)をプラズマCVDで分解して得られるアモルファスシリコン膜は、化学結合にあずかっていない電子(ダングリングボンド)が水素で終端されています。そのため、他の成膜方法(真空蒸着、スパッタリングなど)によるアモルファスシリコンでは不可能だったp型、n型を作製することができます。これにより、アモルファスシリコンを用いた薄膜太陽電池が実用化され、太陽電池の低コスト化が実現できました。

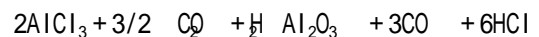
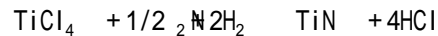
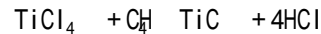
7.3 機械的用途

(1) 耐摩耗性膜

ドリルやバイトなどの切削工具、あるいは各種金型の表面に硬質膜を形成して長寿命化を図る目的に、PVDもCVDも盛んに用いられています。PVDで使われる膜種はチタニウム(Ti)やクロミウム(Cr)の窒化膜、炭化膜あるいは炭窒化膜がほとんどです。工具や金型の材質に応じて、また使用される状態での力のかかり方によって膜種が

選択され、場合によっては多層膜が用いられます。その結果、寿命は3~6倍程度になります。膜の作製方法はイオンプレーティングが主流で、なかでも、カソードアーク方式と、ホローカソード型のプラズマ銃による方法が多く用いられています。

CVDで使われるのは、主にTiC, TiN, Al₂O₃の3種で、次の化学反応で形成されます。



熱CVDで、1000 程度の温度で成膜するのが一般的ですが、プラズマCVDで 500 程度で成膜することもできます。また、PVDと同様に、必要に応じて多層膜構成とします。

さらに、近年、この分野において、主にCVDによって作製されるダイヤモンド状炭素(DLC)に期待があつまり、利用が拡大しています。

(2) 固体潤滑膜

軸受などのすべり面の摩擦を低減するためには、通常環境では潤滑油やグリースを使用します。しかし、そのような潤滑手段が使えないような環境もあります。その代表的なものが宇宙です。人工衛星のような宇宙で使用される機器の軸受や歯車には、固体潤滑膜が用いられています。固体潤滑膜としては銀(Ag)、鉛(Pb)などの軟質金属のイオンプレーティング膜、二硫化モリブデン(MoS₂)のスパッタリング膜、あるいは摺動特性の良い DLC膜が用いられています。同様なものはわれわれが使用する真空装置にも使用されます。

7.4 化学的用途

(1) 耐食性膜

金属の錆を防ぐためには、通常、塗装やめっきが用いられます。同様な目的でPVDおよびCVDによる薄膜も使用されるようになってきました。いずれの方法でも、種々のセラミックや金属膜を作製できるので、使用環境に適合した膜種や膜形成方法を選択する必要があります。PVDでは、

イオンプレーティングとスパッタリングが用いられ、主に、基板の耐熱性があまり高くないものに利用されています。また、CVDは複雑な形状の基板に有利です。

(2) バリヤ膜

食品の包装にプラスチックフィルムが使用されています。食品を保存するためには、とくに酸素遮断性と紫外線遮断性が要求されます。そのために、プラスチックフィルムにPVDで薄膜を形成して用います。主に不透明なものはアルミニウム(Al)膜が、透明なものは酸化ケイ素($\text{SiO}_x, 1 < x < 2$)膜が用いられ、真空蒸着やスパッタリングのロールコートで成膜されています。