

## 等离子体束溅射镀膜-----一种新颖的镀膜技术

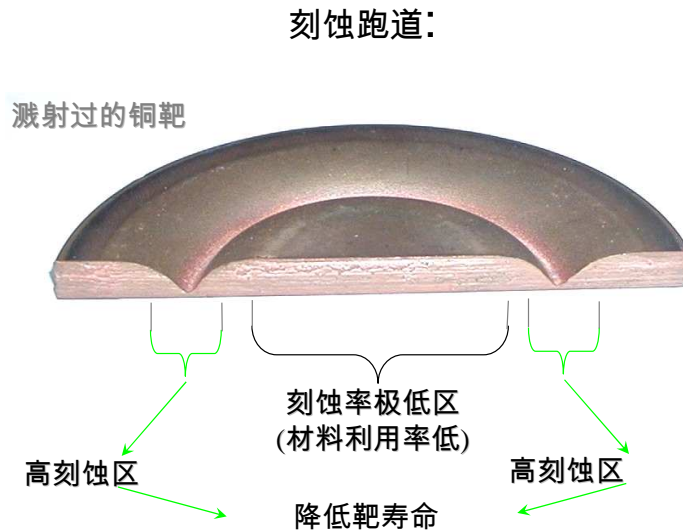
作者：方立武

**摘要：**在真空镀膜领域内，磁控溅射镀膜有着广泛的应用。但是，磁控溅射镀膜存在一些不能克服的缺点，如靶面的中毒、不能或很困难沉积铁磁性材料等。这很大程度上限制了磁控溅射技术的应用。1998年，英国的一个小组开发了一种独具特色的真空镀膜技术-----等离子体束溅射镀膜。它巧妙组合了溅射镀膜和等离子体发生和控制技术的特点，有效的解决了磁控溅射镀膜的缺点。由于具有非常鲜明的技术和应用特色，有可能成为下一代的镀膜技术。

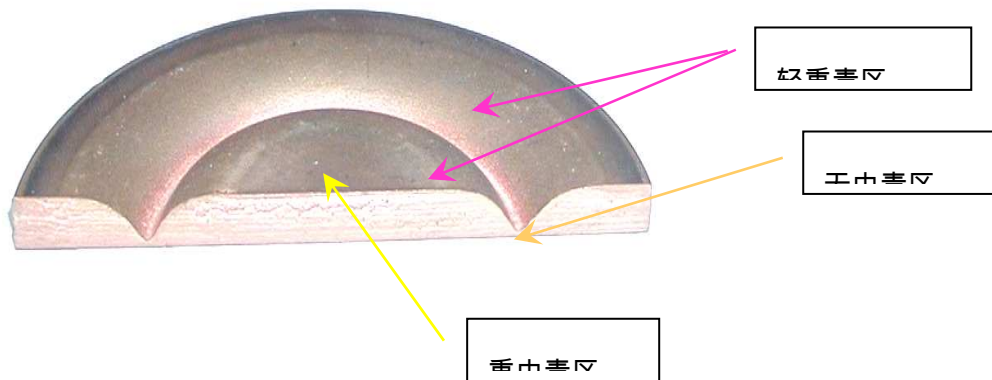
**关键词：**真空镀膜 溅射镀膜 等离子体束溅射镀膜

磁控溅射技术在真空镀膜行业内有着广泛的应用，但是这种技术本身存在一些不能克服的缺点：

- 1、刻蚀跑道，由此造成低靶材利用率、溅射过程漂移；



- 2、中毒：靶面非均匀刻蚀导致中毒，中毒区域溅射不可避免导致成膜掺杂，反应溅射采用脉冲溅射（产生微弧）；



3、对磁性靶材沉积困难：靶材中的磁场短路导致，只能用非常薄的靶（非常低的靶寿命），  
随着靶的被刻蚀，溅射速率及成膜性质产生越来越大的漂移（特别是对反应溅射）；

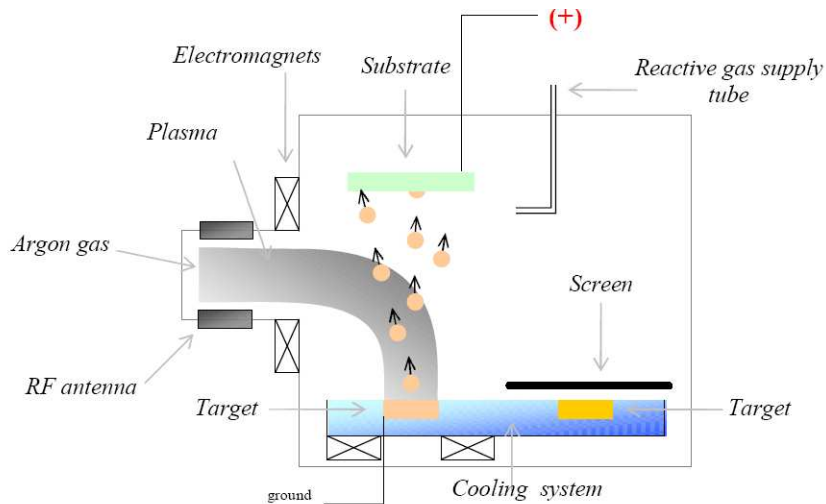
以上问题一直困扰着广大用户。有什么办法可以克服这些缺点呢？

办法终于在 1998 年被找到了，这就是等离子体束溅射镀膜。英国的一个小组开发了一种独具特色的真空镀膜技术----等离子体束溅射镀膜。它巧妙组合了溅射镀膜和等离子体发生和控制技术，有效的解决了磁控溅射镀膜的这些缺点。由于具有非常鲜明的技术和应用特色，有可能成为下一代的镀膜技术。

等离子体束溅射镀膜是怎样工作的呢？又有什么样的技术特点呢？

等离子体束溅射镀膜机组成和工作原理：

等离子体束溅射是一种崭新又古典的组合。它实际上是由利用射频功率产生的等离子体（ICP）源、等离子体聚束线圈、偏压电源等组成的一个溅射镀膜系统。系统的原理示意图如下。

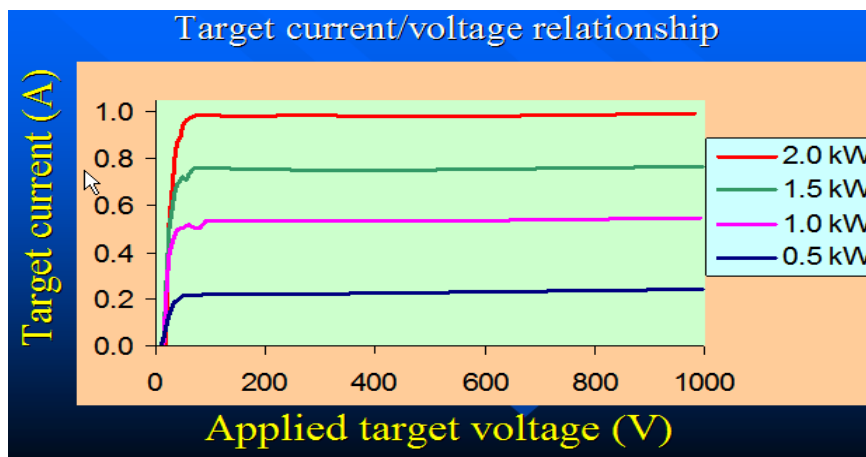


真空室的侧面安装射频等离子体源。等离子体源的出口处有一个电磁线圈。溅射靶下面也配置有一个电磁线圈。当两个线圈同向通过电流时，线圈合成的磁场将引导从等离子体源出来的电子沿磁场方向运动，从而使等离子体束被约束在磁场方向上。靶带的负偏压使溅射离子加速撞击靶表面，产生溅射作用。

技术特点：

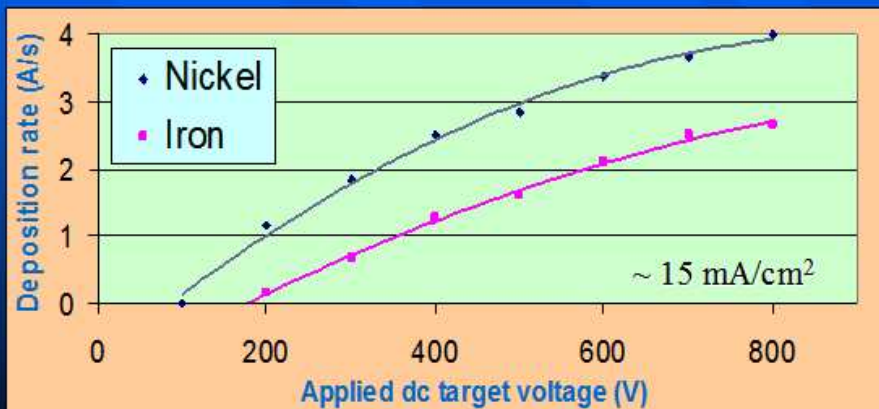
下面给出了靶电流与偏压曲线图和溅射速率与靶偏压曲线图

靶电流与偏压的关系（图 1）



溅射速率与靶偏压的关系（图 2）

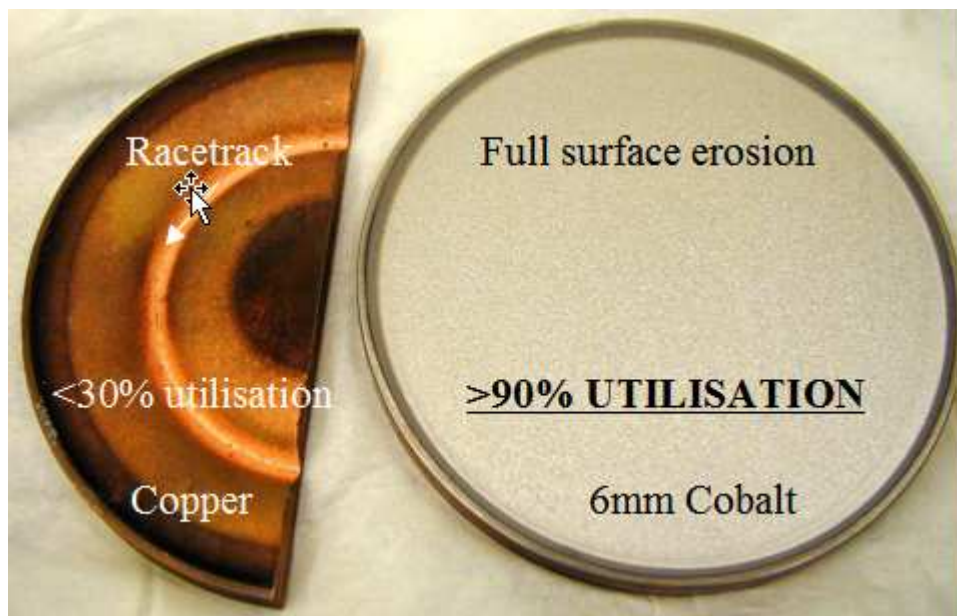
## Deposition rates at constant target current (constant plasma density, rf launch power, 500W)



等离子体束溅射镀膜具有以下特点：

1. 克服了磁控溅射的所有缺点。

磁控溅射靶两个不能克服的缺点，即靶面的中毒和不能或很困难沉积铁磁性材料。由于溅射等离子体束均匀刻蚀靶面，不产生靶面氧化。以下是磁控溅射和等离子体束溅射靶面刻蚀的对照图（图3）。



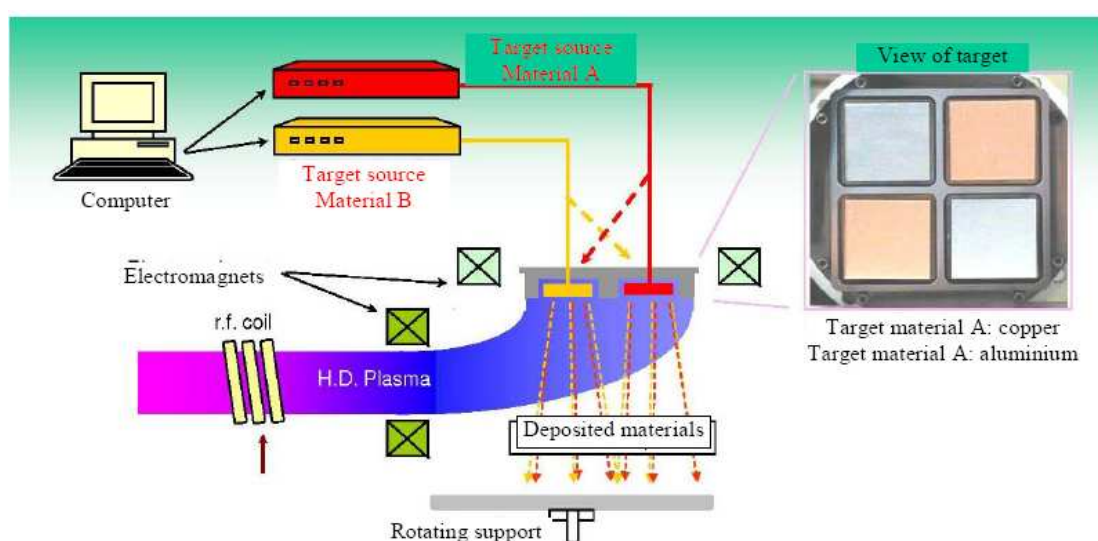
磁控溅射由于背面磁铁而产生溅射跑道，非磁场约束区很容易产生氧化。

可以进行磁性材料镀膜。由于不用磁铁作为等离子体约束，等离子体束溅射可以使用很厚的

靶材，上图实验金属钴的厚度为 6mm。对于铁、镍、铬以及铁磁性化合物，都具有很高的溅射速率。

## 2. 可以做多种材料共溅射

系统示意图 2 可以看出，调节靶偏压可以调节溅射速率。当使用多块靶时，如果靶之间相互绝缘，每个靶施加不同的偏压，就可以做到多成分共溅射。也就是说可以通过调节溅射靶的偏压很容易地实现镀制薄膜的成分控制。图 4 为系统共溅射示意及靶组成。

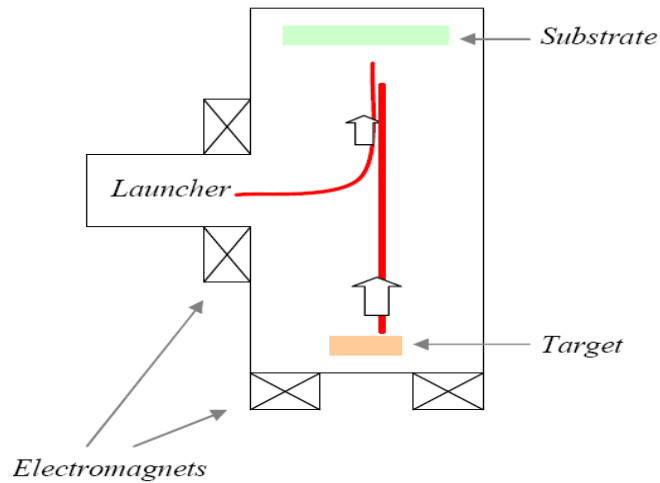


## 3. 灵活方便的系统调节方式

这种镀膜机有非常灵活的控制方式。图 1，图 2 可以看出，溅射速率可以通过两种途径进行调节-----调节靶材偏压和改变等离子体源的射频功率。另外，控制系统的真空度也是一种调节溅射速率的方法。

## 4. 基片清洗

当把电磁线圈的极性反接时，等离子体束轰击基片，从而对基片产生清洗作用。这实际上可以使得镀膜机省略常规镀膜机的清洗用离子源。图 5



### 等离子体束溅射镀膜机的适用性

#### 1. 膜厚均匀性

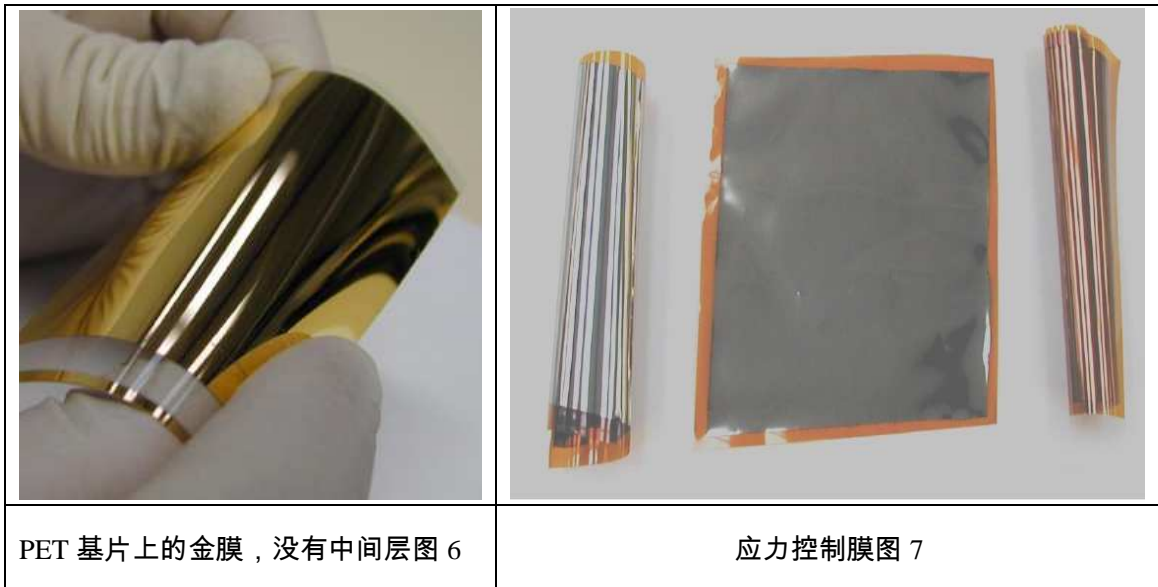
4 英寸基片和 4 英寸靶组合情况下的膜厚均匀性可以达到 $\pm 0.25\%$ 。

#### 2. 结合力强

等离子体的清洗和镀膜过程中二次电子的轰击作用实质上起到对基片的表面改性，从而提高膜与基片的结合力。例如，在 PET 基片上沉积金膜，可以不用过渡层，也可以得到很高结合力的薄膜。(图 6)

#### 3. 薄膜应力的控制

通过镀膜工艺参数的控制，可以使薄膜具有压应力，零应力和拉应力。如图 7 所示。



下面给出了等离子体束溅射镀膜机实际运行结果列表，供广大读者参考。

表 1 反应溅射沉积介质薄膜

膜材	沉积速率	薄膜性能	说明
氧化铝 Aluminium Oxide	>250nm/min	RI=1.66	低应力 <100Mp，膜厚至 20um，绝缘强度 7MV/cm
氮化铝 Aluminium Nitride	>75nm/min		高绝缘强度
氧化铌 Niobium Pentoxide	<0.5 ---->150nm/min	RI=2.32	非常宽的沉积速率范围，折射系数与成膜速率无关，零吸收>400um
氧化硅 Silicon Dioxide	>200nm/min	RI=1.47	
氮化硅 Silicon Nitride	>100nm/min	RI=2.03	
氮氧化 Silicon OxyNitride	>60nm/min	RI=1.47 – 2.03	速率和 RI 可控
氧化钽 Tantalum Pentoxide	<1.5 ---->220nm/min	RI=2.12	非常宽的沉积速率范

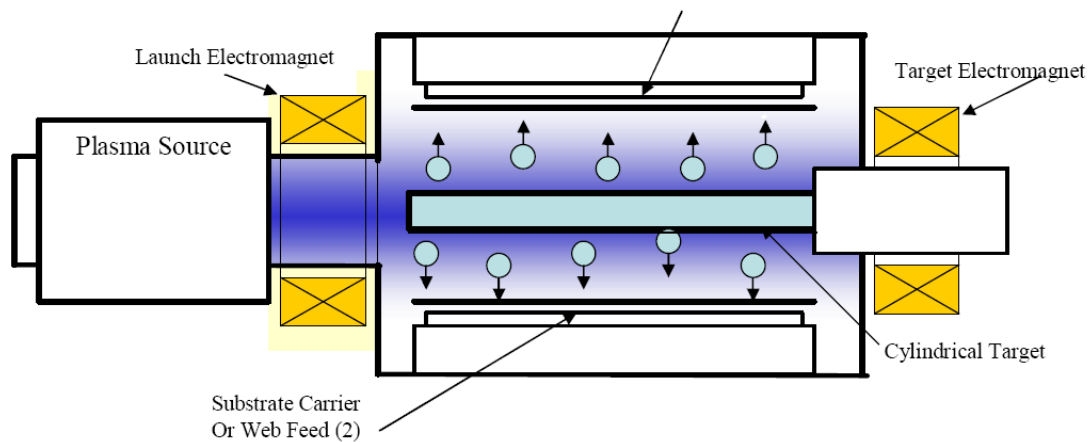
			围，低应力，折射系数与成膜速率无关，零吸收
氧化钛 Titanium Dioxide	>100nm/min	RI=2.53	
氧化铪 Hafnium Dioxide	>200nm/min/KW	RI=2.065	1% 均匀性 玻璃，硅片，Kapton
检测滤光片 $Si_xO_yN_z/Si_A N_B$			RMS=0.34，14 层光堆 ( AFM )

表 2。铁磁薄膜

膜材	沉积速率	薄膜性能	说明
金属铬 Chromium	<0.1 --->100nm/min	晶粒尺寸 10nm	可以控制晶粒大小
氮化铬 Chromium Nitride	225nm/min		
金属钴 Cobalt	>100nm/min		
铁 Iron	>100nm/min	4 π Ms20.94KG ， Ms90.2	
氧化铁 Iron Oxide	>125nm/min	晶粒尺寸 3.6nm	Ra0.5nm
氮化铁 Iron Nitride	>150nm/min	4 π Ms20KG ， Hc<0.5e	
氧化钽 Tantalum Pentoxide	<1.5 --->220nm/min	RI=2.12	非常宽的沉积速率范围，低应力，折射系数与成膜速率无关，零吸收

氮氧化铁 Iron OxyNitride			
镍 Nickel	>100nm/min	4 n Ms5.71KG , Ms33.3	
镍铬合金 ( 80/20 )	>100nm/min	$P=1.68 \times 10^{-5}$	

等离子体束溅射镀膜可以应用于大规模生产，下面以卷绕镀膜机为例，简单从原理上阐述一下，细节不再赘述，敬请供广大读者谅解。



卷绕镀膜机原理图

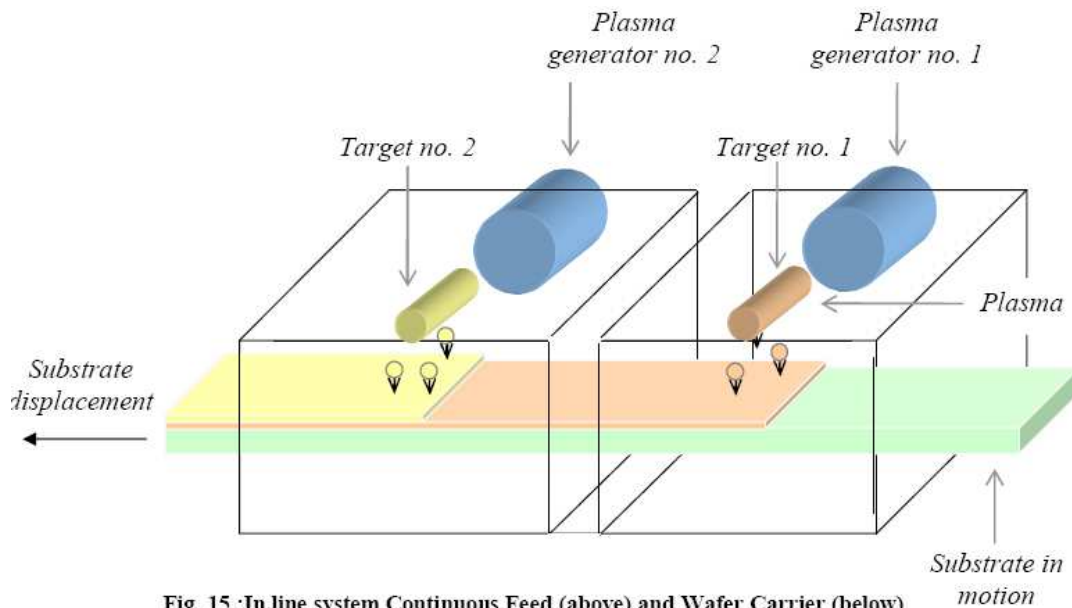


Fig. 15 :In line system Continuous Feed (above) and Wafer Carrier (below)

多靶连续镀膜机 ( Inline System )

# HiTUS System

## Independence of Ion Current and Target Voltage

