

半导体行业应用手册



PECVD过程监控/等离子体蚀刻过程监控/晶圆膜厚测量

PECVD和等离子体蚀刻过程监控

行业背景

半导体工业中,我们通过各种尖端技术制造芯片,其生产过程非常精密和复杂,等离子体的操作和控制也归于其中。等离子体存在的过程中会连续不断对外辐射能量,这种能量通常会以光的形式存在,分析等离子体光谱的可以用于反推等离子体中存在的成分,进而实现对反应过程的监控和控制。

· PECVD过程

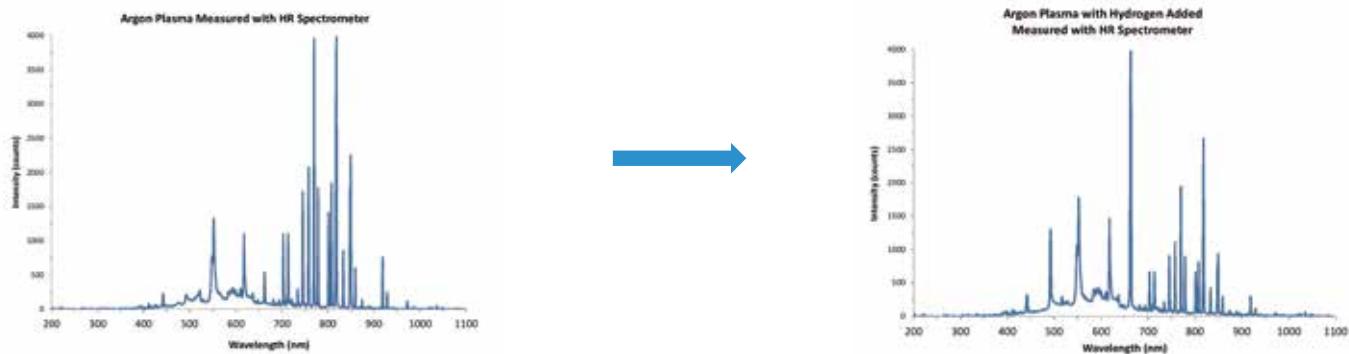
PECVD技术是通过辉光放电等离子体手段,使含有组成薄膜的气态物质产生化学反应,获得沉积薄膜的一种新的制备技术。由于制备薄膜是通过反应气体放电来实现的,所以非平衡等离子体的反应特征在PECVD技术有效地得到了利用,反应体系的能量供给方式从根本上发生了改变。

· 等离子体蚀刻过程

蚀刻是集成电路制作过程的主要环节,当在晶圆表面蚀刻时,可使用等离子体监测跟踪蚀刻穿过晶圆层,并确定等离子体何时完全蚀刻特定层并到达下一层。通过监测在蚀刻期间由等离子体产生的辐射光谱可精确追踪蚀刻过程。



技术原理

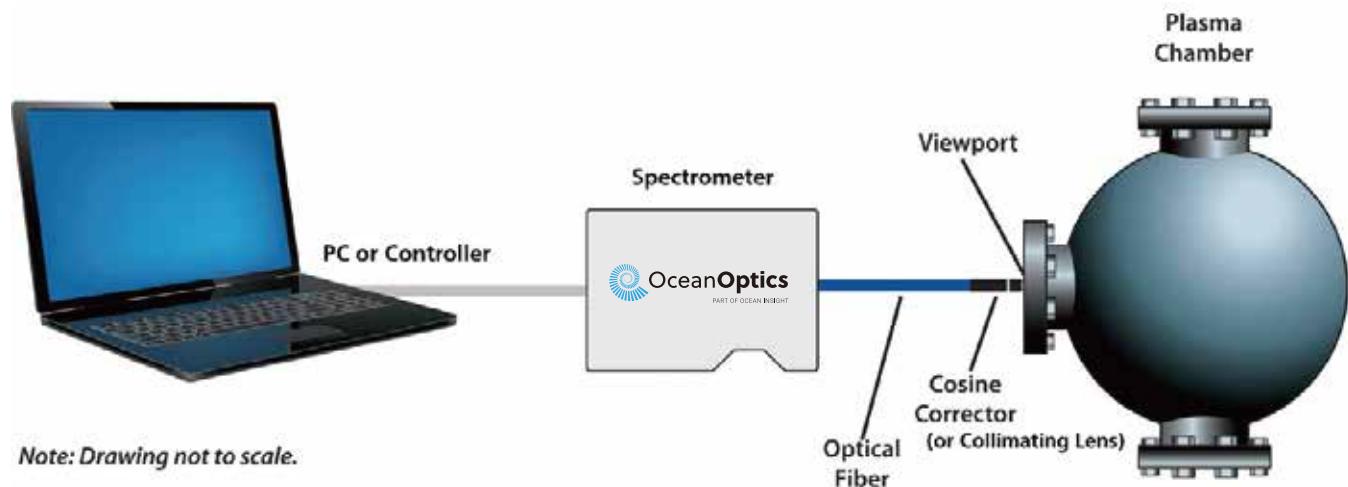


当反应腔内部的等离子中的元素成分发生变化时,由于不同元素有不同的发射谱线,其光谱会发生变化。如图,当氢气添加到氩等离子体中时,其整体的光谱结构发生了明显的变化。

PECVD过程: 通过监控关键气体和元素的成分变化,如Ar, Si, SiH, O等成分的变化曲线,可以反演沉积过程,并进行沉积参数的控制。

等离子体蚀刻过程: 等离子体在刻蚀某一层结构时会有特定的元素谱线显现,当特定层刻蚀完毕后,下一层的元素变化会导致光谱变化,从而实现对于刻蚀过程的监控和控制。

典型配置



Note: Drawing not to scale.

光谱仪选择: 通常选择能够覆盖等离子体发光范围的光谱仪,比如UV-VIS波段,有时也会选择深紫外波段进行特殊元素的检测,由于反应速度快过程连续且部分元素信号较弱,通常推荐使用SR6或HR6面阵探测器光谱仪。

光纤选择: 选用SR或XSR系列抗紫外老化光纤,以防止由于等离子体发射的UV能量导致光纤衰减。该系列光纤广泛应用于各种紫外探测场景,如生命科学、遥感等。

集成结构: 根据实际应用场景搭建,选用余弦校正器CC-3或者准直透镜74-UV。

软件选择: 使用海洋光学二次开发包OceanDirect,兼容多种语言,快速实现光谱仪控制,每台光谱仪都会提供一份二次开发包以供开发者进行系统集成。

光谱仪	HR6 高灵敏度光谱仪
光纤	海洋光学QP系列SR光纤
配件	CC-3 或74-UV
软件	Ocean Direct



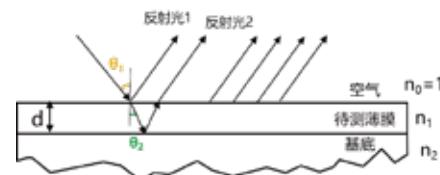
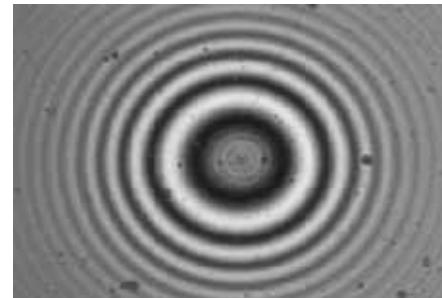
晶圆膜厚测量

行业背景

半导体集成电路的生产以数十次至数百次的镀膜、光刻、蚀刻、去膜、平坦等为主要工序，膜层的厚度、均匀性等直接影响芯片的质量和产量，在加工中必须不断地检测及控制膜层的厚度。光学薄膜测厚仪是半导体生产流程中必不可少的设备之一，用于对芯片晶圆及相关半导体材料的镀膜厚度等进行检测。

技术原理

微型光谱仪集成在系统中，能测量数纳米以下的薄膜厚度，测量精度高，而且测量速度较快。基于光波的干涉现象，光束照射在薄膜表面，由于入射介质、薄膜材料和基底材料具有不同的折射率值和消光系数值，使得光束在透明/半透明薄膜的上下表面发生反射，反射光波相互干涉，从而形成干涉光，这些干涉光在不同相位处的强度将随着薄膜的厚度发生变化。通过对干涉光的检测，结合适当的光学模型即可计算得到薄膜的厚度。



原理图

通过光纤光谱仪进行膜厚测量的原理

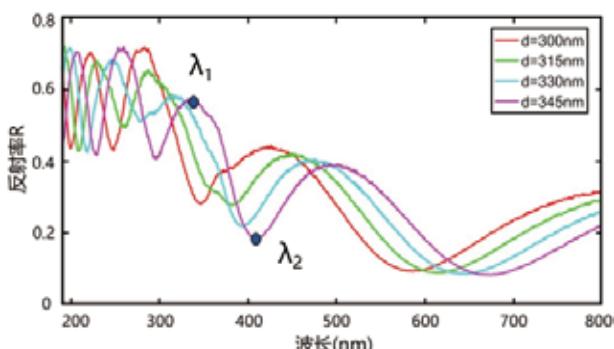
在镀膜完成的晶圆表面，光束以 θ_1 入射到薄膜表面，一部分直接反射，另一部分则以 θ_2 发生折射，折射光经膜层下表面反射后再经其上表面发生折射，反射光1与反射光2相干发生干涉。使用光纤光谱仪测量薄膜的厚度主要是基于其反射干涉光谱。

波长与介质折射率、薄膜厚度之间有如下关系：

白光干涉法测反射光谱时，由于我们采取垂直入射得方法 ($\theta_1, \theta_2=0$)，因此上式可简化成：

$$\frac{2d}{\cos \theta_2} \cdot \frac{n_1}{n_0} - 2d \tan \theta_2 \sin \theta_1 = \begin{cases} k\lambda & \text{增强} \\ (k - \frac{1}{2})\lambda & \text{减弱} \end{cases} \quad k=1,2,3\dots$$

$$2n_1d = \begin{cases} k\lambda & \text{增强} \\ (k - \frac{1}{2})\lambda & \text{减弱} \end{cases} \quad k=1,2,3\dots$$



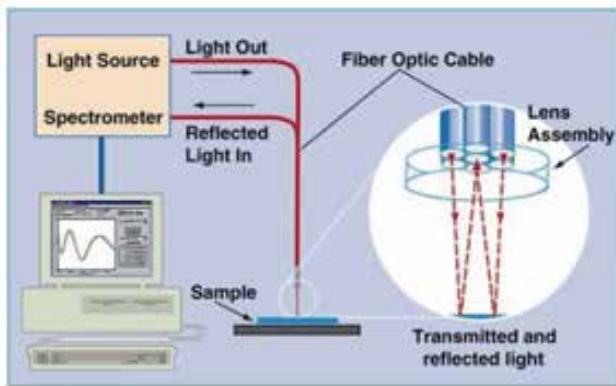
假定反射光谱曲线上有相邻的两个波峰 λ_1 与波谷 λ_2 ，可联立两式求得薄膜的厚度 d 。

$$\begin{cases} k\lambda_1 = 2n_1d \\ (k - \frac{1}{2})\lambda_2 = 2n_1d \end{cases} \Rightarrow d = \frac{\lambda_1\lambda_2}{4n_1(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

实际上，从反射光谱上可以得到多组波峰和波谷对应的波长，计算出多个薄膜厚度的数值，然后求平均以减少测量误差。

系统搭建

整个光路主要由反射探头组成,探头部分垂直于晶圆向下放置,光纤端一部分连接光源,形成入射光,另一部分连接光纤光谱仪,接收反射光谱。反射光谱曲线中干涉峰的出现是薄膜干涉的结果。



典型配置

光谱仪选择: 通常根据膜层厚度选择光谱范围,从紫外到近红外波段,由于部分膜层反射率低,需要更好的信号质量,推荐使用QE Pro高灵敏度光谱仪或NIRQUEST+近红外光谱仪。

光源选择: 根据实际测试范围选择氘钨灯或钨灯。

光纤选择: 选用QR系列反射探头,根据实际使用的范围确定光源。

样品支架: 选用稳定的样品支架用于放置待测晶圆。

软件选择: 使用海洋光学二次开发包OceanDirect,兼容多种语言,快速实现光谱仪控制。或者标准软件OceanView获取光谱信息。

光谱仪	QE Pro高灵敏度光谱仪
光纤	海洋光学QR系列Y型光纤
光源	DH2000氘钨灯光源
配件	Stage-1反射支架



优势与特点

光纤光谱仪测膜厚的优势与特点：

- 采样速度快, 适用于工业在线实时测量。
- 非接触式光学无损测量。
- 灵活、体积小, 重量轻, USB连接方式即插即用。
- 可根据需求, 定制不同波段的光谱仪。
- 可测多层膜厚。



* 如有更改, 恕不另行通知

地址: 上海市长宁区古北路666号嘉麒大厦601室

邮编: 200336

电话: +86 21 6295 6600

邮箱: asiasales@oceaninsight.com

官网: www.oceanoptics.cn

