



应用说明

关键词

- 氩等离子体
- 氢气
- 鞘气

技术

- 发射光谱
- 元素分析

应用

- 等离子体监控
- 终点检测
- 半导体过程控制

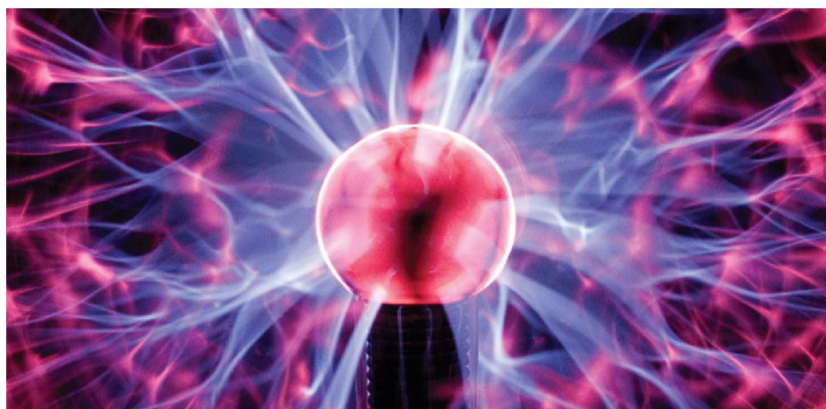
用微型高分辨率光谱仪监控等离子体

作者: Yvette Mattley, 博士

基于海洋光学HR2000+高分辨率光谱仪的模块化光谱系统被用于监控将不同气体导入等离子体反应室后氩等离子体发射的变化。在密闭的反应室内,用配备光纤和余弦校正器的光谱仪进行测量,透过反应室上的小视窗进行观察。测量结果指出模块化光谱组件能实时获得等离子体反应室中的等离子体发射光谱。根据这些发射光谱得到的等离子体特征可用于监控基于等离子体的过程。

前言

等离子体是原子的一部分被激发或离子化后形成自由电子和离子的激发态气体状物质。随着被激发的中性原子的电子回到基态,等离子体发射出所含原子特有波段的光。发射光谱被用于判定等离子体的组成成分。用多种令原子离子化的高能量方法来形成等离子体,诸如高温、高功率激光、微波、电和射频。



等离子体监控

等离子体的用途多种多样,其中包括元素分析、薄膜沉积、等离子体刻蚀和表面清洗。通过测量等离子体样品的发射光谱来监控等离子体可对样品进行详细的元素分析,判定控制基于等离子体的过程所需的关键性等等离子体参数。发射线的波长被用于识别等离子体中存在的元素,而发射线的强度则被用来实时定量分析粒子和电子的密度,发挥过程控制的作用。

诸如气体混合物、等离子体温度和粒子密度等参数对等离子体过程的控制均有至关重要的作用。通过将不同气体或粒子导入等离子体反应室中以改变这些参数将改变等离子体的性质，并影响等离子体与基材之间的相互作用。实时监控等离子体的能力有助于改进过程和产品。

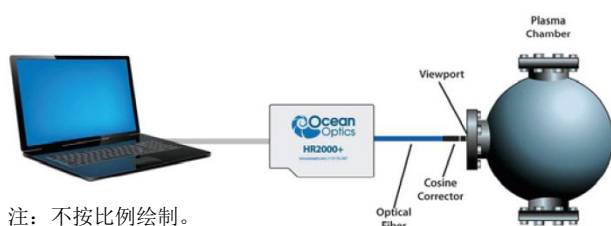
例如，在等离子体刻蚀过程中，等离子体监控对过程控制而言十分重要。半导体行业使用光刻技术来制造和处理晶圆的。刻蚀作为该过程的主要步骤可将材料逐层堆叠到适当厚度。由于每层是被刻蚀在晶圆表面的，因此用等离子体监控来跟踪刻蚀晶圆的过程，并判断等离子体是否已经刻蚀好一层并且已经进入下一层中。通过监控等离子体在刻蚀过程中产生的发射线，可密切控制刻蚀过程。对于用等离子体刻蚀生产的半导体材料而言，用等离子体监控的方法检测终点十分重要。

可用灵活性高的模块化光谱仪系统（诸如高分辨率的HR2000+）或全集成系统（诸如海洋光学的PlasCalc等离子体监控系统）来进行等离子监控。在模块化系统中，HR2000+光谱仪可配合抗紫外光纤使用，获取等离子体反应室中形成的等离子体的定性发射数据。若为控制等离子体的目的需要进行定量测量，可使用配备高级过程控制系统和数据采集算法的集成式PlasCalc系统。

在监控真空反应室中形成的等离子体时需要考虑的一个重要事项是反应室的界面。可将仪器组件引入真空反应室或系统中，以通过视窗查看等离子体。设计得能耐受反应室内极端条件的真空导入装置或定制光纤可连同组件一起用于等离子体反应室中。为通过视窗监控等离子体，需要根据待测等离子体场的大小选择诸如余弦校正器或准直镜等采样配件。没有采样培养，光纤到等离子体的具体将决定了图像面积。对于更局限的采集区，您可以在光纤上接入诸如海洋光学74-UV等准直镜（f/2 熔融石英透镜）。诸如CC-3-UV等余弦校正器（有Spectralon和PEFE的型号可供选择）还可用于在180°的视野里进行光采集。

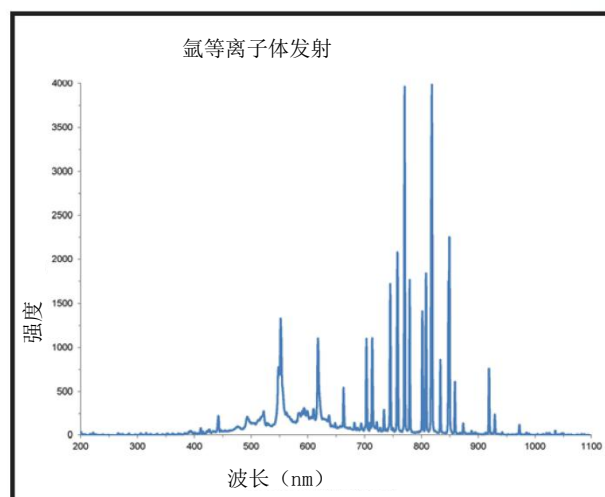
测量条件

当将其他气体导入等离子体反应室时，用HR2000+高分辨率光谱仪来测量发射光谱的变化。用光谱仪、光纤和透过反应室外小视窗采集发射光谱的余弦校正器来获取密闭反应室内等离子体的光谱数据（图1）。



注：不按比例绘制。

图1：可配置模块化光谱仪系统，测量真空反应室内的等离子体。



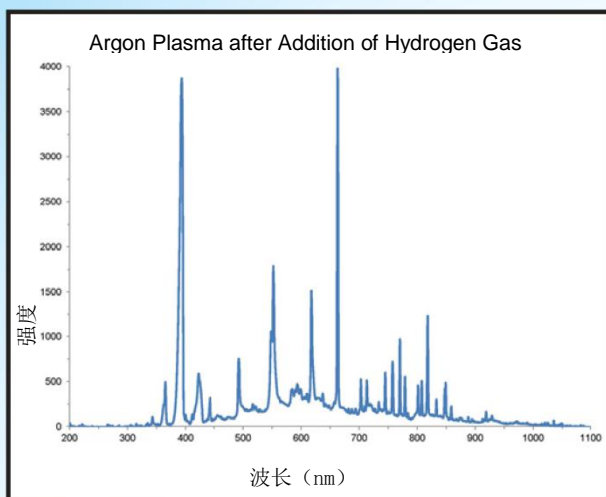


图3：将氢气加入氩等离子体中会改变其光谱性质。

用防紫外光纤（QP400-1-SR-BX 光纤）连接用于测量 200-1100 nm 波段（光栅 HC-1，狭缝-25）发射光谱的 HR2000+高分辨率光谱仪（~1.1 nm FWHM 光学分辨率）和余弦校正器（CC-3-UV）。选择防紫外光纤是为了避免等离子体发射出的强烈紫外线导致光纤退化。选择 CC-3-UV 余弦校正器采样配件是为了从等离子体反应室中获得数据，以解决等离子体强度有差异和视窗污垢不均匀等问题。

结果

图 2 为透过等离子体反应室的视窗测量到的氩等离子体的光谱。690-900 nm 波段中明显的光谱线是中性氩（Ar I）的发射线，而 400-650 nm 波段的低强度光谱线来自单电离态氩原子（Ar II）。图 2 中显示的发射光谱是所测量出的数据丰富的等离子体发射光谱的示例。光谱信息可用于判定多个关键性参数，以监控基于等离子体的过程（如薄膜沉积），或检测半导体制造的终点。

氢气是一种辅气，可加入氩等离子体中，改变

等离子体的性质。图 3 显示了在氩等离子体中加入氢气的效应，将浓度递增的氢气加入反应室中。氢气改变氩等离子体特征的能力比较明显，表现为 700-900 nm 波段的氩线强度下降，而氢气浓度递增表现为 350-450 nm 波段出现的氢线。这些光谱说明了它们具有实时监测等离子体发射光谱以监控辅气对等离子体性质影响的能力。观察到的光谱变化可用于确保将最适量的辅气加入反应室中，以达到理想的等离子体特征。

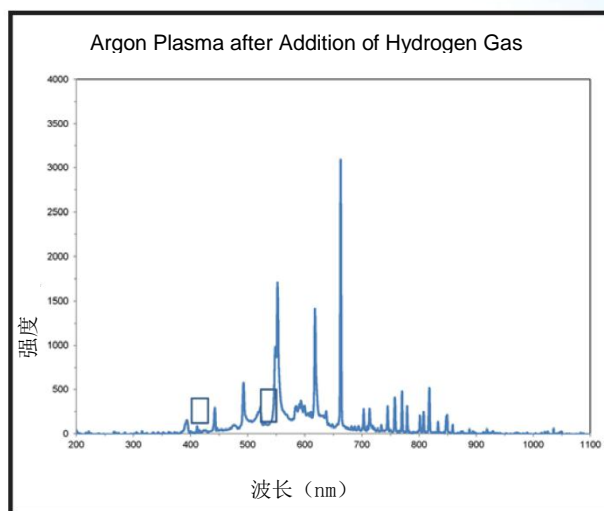
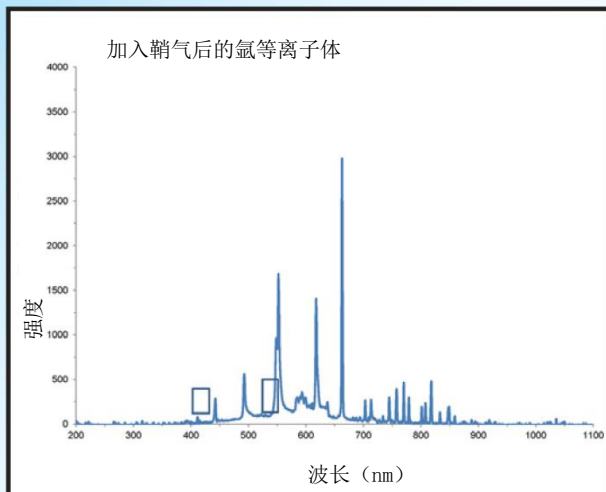


图 4：在加入鞘气之前测量真空反应室中的氩等离子体发射光谱。

图 4 和 5 显示了将鞘气加入反应室前后测量到的等离子体的光谱。鞘气被用于减少进样器和样品之间的接触，以解决因样品沉积和样品残留造成的问题。图 4 是加入鞘气之前的氩等离子体发射光谱。图 5 是加入鞘气之后的发射光谱。如图所示，加入鞘气导致氩发射光谱的变化，表现为 400 nm 和 520 nm 处宽光谱线丢失。



结论

因为所有元素发出的谱线出现在 200–1100 nm 波段，因此 UV-Vis-NIR 光谱时测量等离子体发射的有力工具，有利于进行元素分析并精确控制基于等离子体的过程。本文提供的数据说明了模块化光谱监测等离子体的能力。HR2000+ 高分辨率光谱仪和模块化光谱法适合透过等离子体反应室上的视窗监测反应室条件改变后等离子体发射光谱的变化。

借助诸如 PlasCalc 等集成式系统，可进一步分析这些光谱差异，并用于判定关键性等离子体参数，以精密控制等离子体反应室内的条件。



如需了解更多关于光谱系统的信息，请立即
与我们联系。

