导言

表面等离激元（SPP）是一种电磁激励，它沿金属和介质（通常是真空）之间的平面界面以波状方式传播，其振幅随从界面进入各介质的距离的增加而指数衰减。因此，SPP是一种表面电磁波，其电磁场被限制在电介质-金属界面附近。这种约束增强了界面处电磁场，从而导致SPP对表面条件异常敏感。这种灵敏度广泛用于研究表面吸附物，表面粗糙度和相关现象。由于基于表面等离子体激元的器件具有这种灵敏度，所以在化学和生物传感器中得到了广泛的应用。界面处电磁场的增强导致了表面增强光学现象，如拉曼散射，二次谐波产生，荧光等。

SPP本身的二维特性为光通信和光计算所需的基于SPP的全光集成电路的设计提供了极大的灵活性。在表面上操纵SPP的相对容易性为其在光子学和光电子学中的应用提供了机会，以便将光学和电子器件缩小到纳米尺寸。最重要的是，基于非线性表面等离激元极化子光学的有源光子元件，其允许用光控制光学特性，由于在金属表面附近SPP相关的电磁场增强，在适当图案化的金属表面更容易实现。

由于SPP的电磁场随离表面的距离呈指数衰减，因此在常规（远场）实验中无法观察到它，除非SPP通过与表面不均匀性的相互作用而转化为光。在过去，只能测量SPP与表面特征相互作用产生的（远场）散射光，然后从对一般未知的散射过程的进一步假设中导出关于表面极化子行为的信息。可以用一种或另一种方式改变表面的平均缺陷结构，并根据散射光的角谱和强度的变化来判断表面上的SPP行为。在这样的实验中，表面的微观结构在很大程度上是未知的。即使表面形貌通过电子显微镜或稍后通过扫描原子力和电子隧道显微镜可视化，由于衍射效应，在远场中测量的光信号在表面特征的集合上被平均，并且因此仅有可能将散射光的行为与平均表面形貌相关联。利用覆盖金属表面的光敏聚合物层，解决了表面附近SPP场的局部测量问题。电磁场分布记录在光刻胶上，显影后用电子显微镜检查。然而，聚合物层引入了SPP共振条件和金属表面SPP场的显著扰动，限制了该方法的适用性和可能性。

只有随着扫描探针技术的发展，才有可能对表面上的SPP进行局部研究。特别地，扫描近场光学显微镜(SNOM)提供了一个直接探测SPP存在的表面上的SPP场的机会，其分辨率在纳米范围内。SNOM的实现使表面极化子研究取得了突破性进展。表面等离激元极化子散射，干涉，后向散射和局域化已经在表面上可视化和直接研究。二维表面极化子光学的思想已经被提出并在实验上实现，导致了用于表面极化子的光学元件的发展，该光学元件允许以与在三维中引导光束相同的方式来操纵和引导SPP光束。最近，基于表面等离子体激元极化带隙结构，在金属表面上形成了一类新型的二维光子晶体。

本文综述了结构表面上SPP行为的理论和实验表面等离激元极化子研究的最新进展。SNOM允许可视化表面SPP相关过程，将SPP行为与表面结构关联起来，并将实验研究与模型计算相结合。表面粗糙度对表面等离子体激元的散射是扫描近场光学显微镜对表面电磁场分布的局部研究的重要补充之一。这些问题将在第2节中讨论。还将考虑单个表面缺陷以及缺陷集合的SPP散射成像。对粗糙表面上SPP的散射，反射，干涉，后向散射和局部化等不同类型的行为进行了分析，并给出了相关的理论模型。详细的理论描述了SPP与不同拓扑结构的表面特征，表面缺陷和亚表面缺陷，以及与形貌缺陷和指数台阶缺陷的相互作用。这种相互作用对近场SPP图像的理解和SPP光学的发展具有重要意义。在第3节中，将描述二维SPP光学元件的例子，并讨论可能的应用。第四部分介绍了粗糙表面SPP的近场研究在金属表面表征中的应用，包括金属微纳结构介电常数的SNOM测量，金属薄膜内界面的成像以及表面的分形特性。周期结构表面对SPP行为的影响将在第五节讨论，其中将考虑一维和二维表面极化子带隙结构的性质。粗糙和周期性纳米结构金属膜的体光学性质对SPP效应的依赖关系将在第6节描述，其中将讨论纳米结构光学性质的偏振和非线性控制。在第7节中，将以粗糙金属表面二次谐波的产生为例，讨论SPP对金属表面非线性光学过程的影响。最后，在第八节中介绍了扫描隧道显微镜在表面极化子测量中的应用，并讨论了与表面极化子和局域表面电磁共振相互作用有关的相关机制。