Abstract:

This thesis represents a cumulative summary of my work characterizing the properties of nanostructured noble metal films using spectroscopic ellipsometry. The work encompasses the production of the films, the subsequent measurement of the optical and structural properties using spectroscopic ellipsometry and various microscopy techniques, and finally modelling the ellipsometry data using state-of-the-art optical models with reference to the structural properties. Throughout the work, reference to the material permittivity (also known as the dielectric function) is ubiquitous. The permittivity - either that of the bulk material or an effective parameter - determines the type and frequency of any plasmon resonances observed in the optical measurements of the film.

This work is presented as a collection of published works, introduced by an additional section presenting a background of the theory. In the introductory section I review the symmetry between the interaction of a photon with an atom or molecule and the interaction of a light beam and a bulk material. This allows one to equate the measured observables in ellipsometry to the chemical and nanostructural properties of the material one is measuring. Starting from a quantum mechanical view of molecular spectroscopy, I build a basis for the constitutive equations relating the electric and magnetic fields of light to the polarization fields they induce in the material. The final chapters of the introduction review the field of plasmonics and metamaterials, giving reference to my contributions to the field which are then presented as a cumulative collection.

Kurzfassung:

Diese Habilitationsschrift ist eine Zusammenfassung meiner Arbeit, in der ich die Eigenschaften nanostrukturierter Edelmetallschichten mittels spektroskopischer Ellipsometrie bestimmt habe. Die Arbeit umfasst die Produktion der Schichten, gefolgt von der Messung der optischen Eigenschaften mittels spektroskopischer Ellipsometrie, und schließlich das Modellieren der ellipsometrischen Daten durch die Anwendung modernster optischer Modelle mit Rücksicht auf die strukturellen Eigenschaften der Schichten. Der Begriff der „optischen Permittivität“ ist durchgehend in dieser Arbeit zu finden. Die Permittivität, entweder die des Festkörpers oder als eine effektive Größe, legt die Art und die Frequenz möglicher Plasmonresonanzen fest, die in optischen Messungen der Schichten zu beobachten sind.

Die Form dieser Arbeit ist eine Sammlung meiner veröffentlichten wissenschaftlichen Artikel. Die zugrundeliegenden Theorien werden von mir vorab gesondert erläutert. Ich erkläre die Symmetrie zwischen der Wechselwirkung eines Photons mit einem Atom oder Molekül, und die Wechselwirkung eines Lichtstrahls mit einem Festkörper. Diese Entwicklung erlaubt eine Berechnung der gemessenen ellipsometrischen Größe mit den chemischen und nanostrukturellen Eigenschaften des untersuchten Materials. Aus einem quantenmechanischen Blick molekularer Spektroskopie, entwickle ich konstitutive Gleichungen, welche die elektrischen und magnetischen Felder des Lichtes mit den induzierten Polarisationsfeldern in einer Materie zusammenbinden. In den letzten Kapiteln bespreche ich Plasmonik und Metamaterialien, mit Fokus auf meinen eigenen Beiträgen zu diesen Themen. Die Arbeit endet mit meinen wissenschaftlichen Veröffentlichungen als kumulative Sammlung.