

High-precision Broadband Mueller Matrix Ellipsometer and Method for Nondestructive Nanostructure Metrology

A powerful tool for fundamental scientific investigation, nondestructive nanostructure characterization, and nano-manufacturing process control

Ellipsomètre Basé sur Matrice de Mueller avec Bande Passable Haute-Précision et Méthode pour Métrologie Non-Destructive en Nanostructure

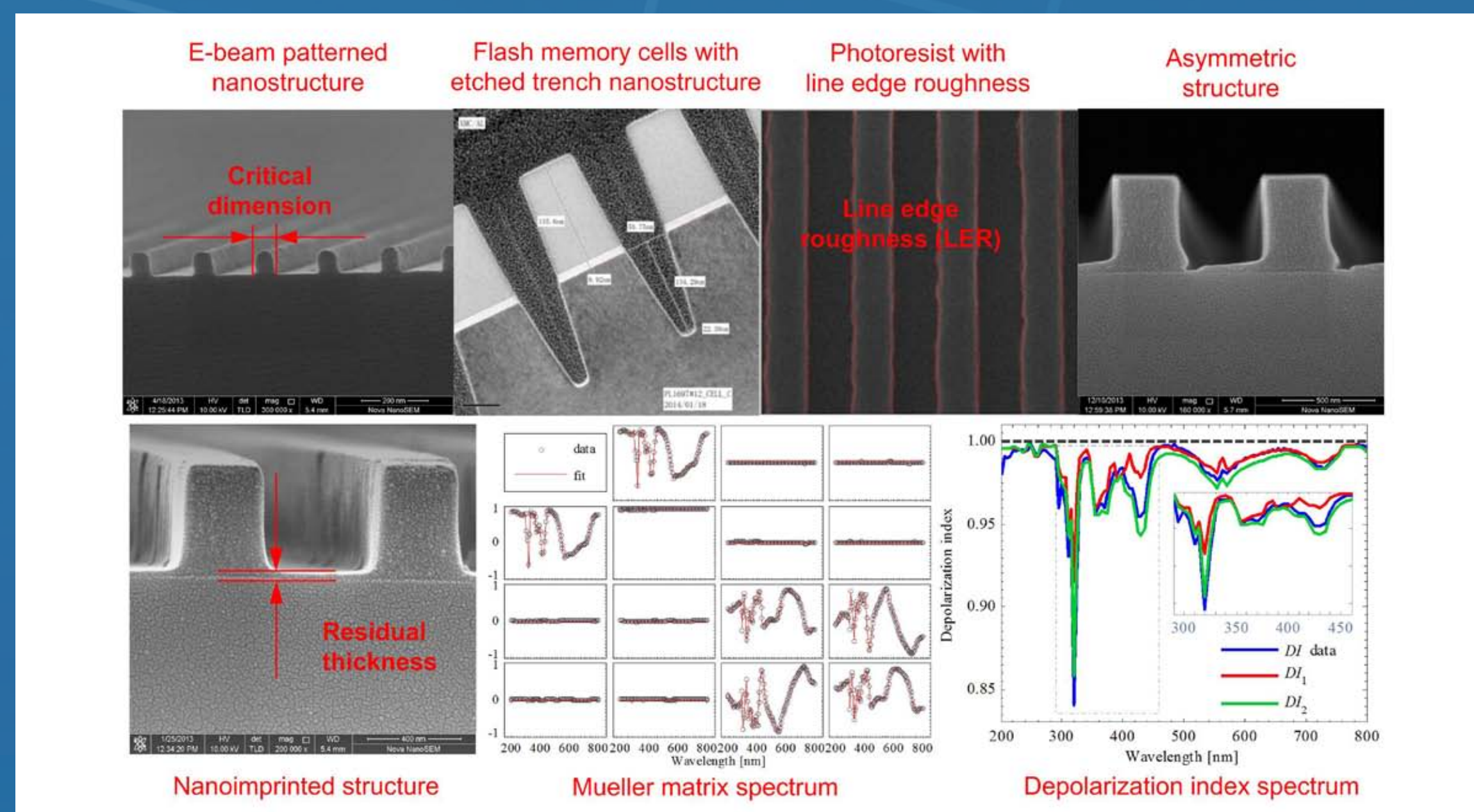
Un outil fort puissant et fondamental pour la recherche scientifique, caractérisation non-destructive en nanostructure et contrôle de processus de nano-fabrication

Introduction

Ellipsometry is an optical technique that utilizes polarized light to characterize thickness and optical constants of thin films. A conventional ellipsometer can only obtain two ellipsometric angles that represent the polarization state change of fully polarized light.

In this invention, we develop a high-precision broadband Mueller matrix ellipsometer that can provide all 16 elements of a 4 by 4 Mueller matrix in a single measurement, and thus can acquire much more useful information about the sample, such as anisotropy and depolarization. A configuration of two synchronized rotating compensators is designed to collect the full Muller matrix with a high speed. The compensator is a designed achromatic composite-waveplate, which covers a broad spectral range from deep ultraviolet to near infrared band. A delicate calibration algorithm is developed to further ensure the ultrahigh precision and accuracy of the instrument.

We invent a set of methods for nondestructive nanostructure metrology based on the developed Mueller matrix ellipsometer. The methods consist of a forward modeling module to rapidly and accurately calculate the response of the light-nanostructure interaction and an efficient and robust inverse problem solving module to reconstruct the nanostructure profile.



Special Features and Advantages

- Full 16 Mueller matrix elements in a single measurement
- Fast speed: 1-8 s
- Broad spectral range: 200-1100 nm
- High precision: 0.002 nm (1 sigma)
- Rapid and accurate optical modeling for light-nanostructure interactions
- Efficient and robust nanostructure profile reconstruction

Applications

- Fundamental scientific investigation, e.g., material anisotropy, chirality, depolarization, Kerr effects, and Faraday effects, etc.
- Nondestructive nanostructure characterization, e.g., critical dimension, overlay, line edge/width roughness, profile asymmetry, interface non-uniformity, etc.
- Nano-manufacturing process control, e.g., photolithography, nanoimprint, e-beam patterning, etching, atomic layer deposition, directed self-assembly, etc.

Intellectual Property

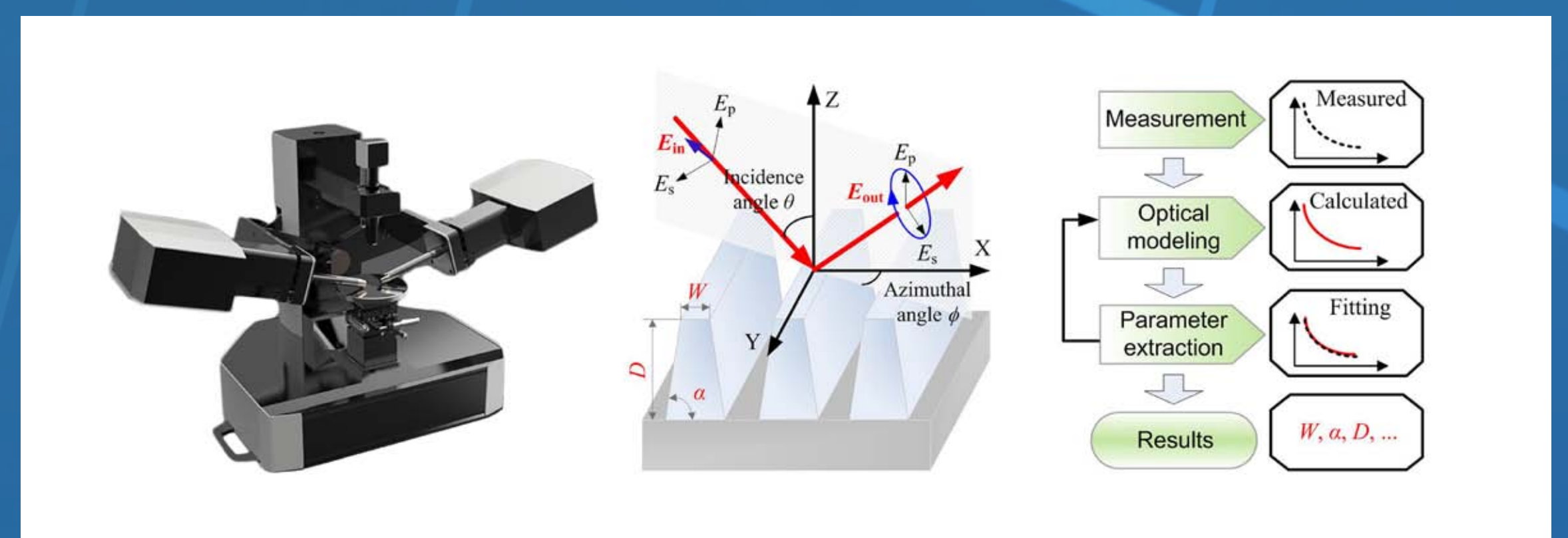
PRC Patent: CN201310396574.0, CN201310321074.0, CN201310320411.4, CN201310320167.1, CN201310302367.4, CN201310302341.X, CN201310094643.2, CN201310089535.6, CN201310040730.X, CN201310040729.7, etc.
USA Patent: US14/341744, US13/754925

Introduction

L'ellipsométrie est une technique optique qui emploie la lumière polarisée afin de caractériser l'épaisseur et les constantes optiques de couches minces. Un ellipsomètre conventionnel peut uniquement obtenir deux angles ellipsométriques qui représentent le changement d'état de polarisation de la lumière entièrement polarisée.

Par cette invention, nous venons de développer un ellipsomètre basé sur la matrice de Mueller avec une bande passable haute-précision qui peut fournir tous les 16 éléments de la matrice de Mueller à 4 lignes et 4 colonnes par une seule mesure, ce qui permet de glaner davantage d'informations utiles sur l'échantillon telles que l'anisotropie et la dépolarisation. Une configuration de deux compensateurs rotatifs synchronisés est conçue afin d'enregistrer la totalité de la matrice de Mueller à haute vitesse. Le compensateur est composé d'une plaque d'onde en composite achromatique qui couvre un vaste champ spectral allant de l'ultraviolet profond à l'infrarouge proche. Un algorithme de calibration précise est développé afin d'assurer l'ultra-haute précision et l'exactitude de l'instrument.

Nous venons d'inventer un ensemble de méthodes pour la métrologie non-destructive en nanostructure basé sur l'ellipsomètre développé selon la matrice de Mueller. Ces méthodes consistent d'un module de modélisation qui permet de calculer rapidement et précisément la réponse de l'interaction lumière-nanostructure ainsi que d'un module efficace et éprouvé pour résoudre des problèmes inverses et reconstruire le profil de la nanostructure.



Caractéristiques Particulières et Avantages

- Tous les 16 éléments de la matrice de Mueller par une seule mesure
- Grande vitesse: 1-8 s
- Vaste champ spectral: 200-1100 nm
- Haute précision: 0,002 nm (1 sigma)
- Modélisation optique rapide et précise pour les interactions lumière-nanostructure
- Reconstruction efficace et éprouvée du profil de nanostructure

Applications

- Recherche scientifique fondamentale, par exemple anisotropie des matériaux, chiralité, dépolarisation, effet Kerr, effet Faraday, etc.
- Caractérisation non-destructive de nanostructure, par exemple dimension critique, recouvrement, rugosité du bord/largeur de la ligne, asymétrie profile, non-uniformité de l'interface, etc.
- Contrôle de processus de nano-fabrication, par exemple photolithographie, nano-empreinte, lithographie par faisceaux électroniques, gravure, dépôt par couches atomiques, auto-assemblage guidé, etc.

Principal Investigators

Prof. Shiyuan LIU, Dr. Chuanwei ZHANG, Dr. Xiuguo CHEN, Dr. Hao JIANG, Mr. Weiqi LI
School of Mechanical Science and Engineering
Huazhong University of Science and Technology
Email: shyliu@hust.edu.cn