

# Información General sobre Materiales, Seguridad y Equipos para la Nanotecnología

**ESC 211**

*Traducción: Prof. Carlos Vicente Prado – Universidad de Puerto Rico – Recinto de Río Piedras*

© 2013 The Pennsylvania State University

# **Unidad 2**

## **Infraestructura de Procesamiento y de Manufactura**

### **Conferencia 7**

#### **Resumen de sistemas que no utilizan vacío**

# Bosquejo de la Unidad

- Infraestructura
  - \* ¿Qué es?
  - \* ¿Por qué es necesaria para la nanotecnología?
- Facilidades
- Tipos de Sistemas
  - \* Sistemas al Vacío
  - \* Sistemas que no utilizan Vacío

# Bosquejo de la lección 7

- ¿Qué queremos decir con “Sistemas que no utilizan vacío”?
- Algunos ejemplos de sistemas que no utilizan vacío:
  - \* Sistemas de procesamiento
  - \* Sistemas de caracterización

# Algunos Ejemplos de Sistemas que no Utilizan Vacío

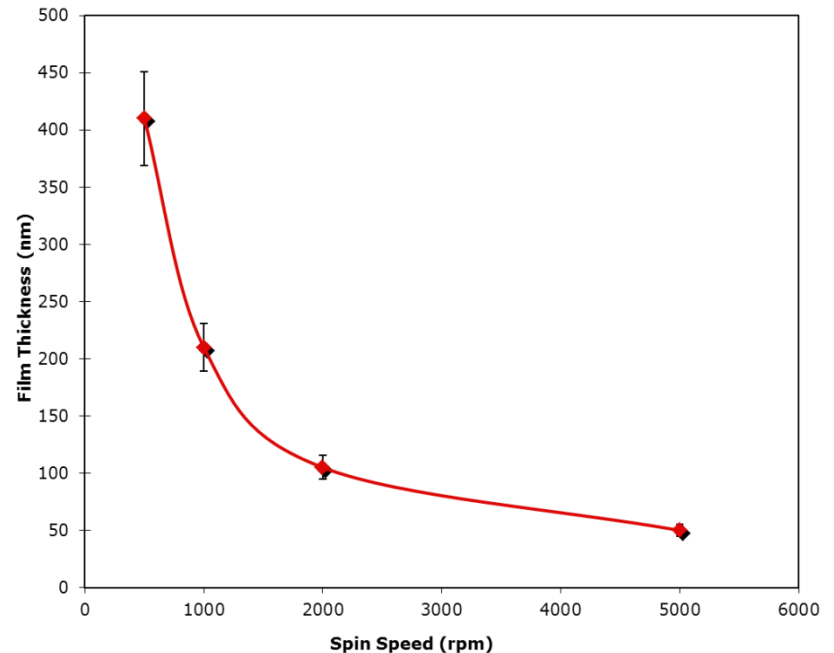
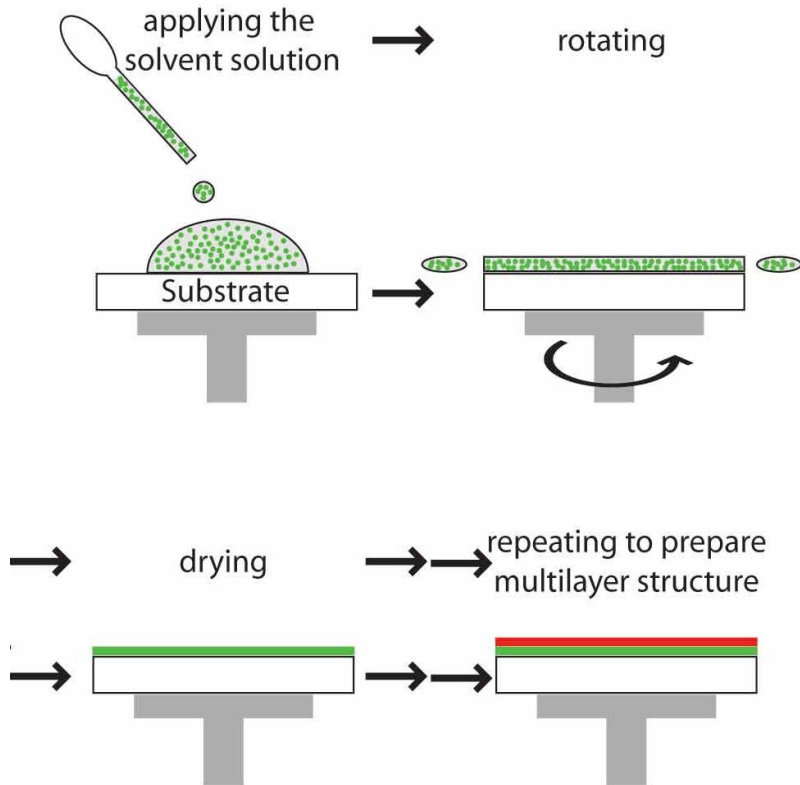
- Equipo de deposición
  - método de recubrimiento centrifugado (“spin coating”)
  - Deposición electro-química
- Crecimiento coloidal
- Grabado húmedo (“wet etching”)
- Equipo de transferencia de patrones

# Recubrimiento Centrifugado (“Spin Coating”)

- Pasos básicos del proceso: (1) dispensar la solución al sustrato (2) centrifugar el sustrato hasta que los solventes en la solución se hayan evaporado y la película que se forma alcance su grosor estabilizado
- La viscosidad de la solución y la rapidez del centrifugado determinan el grosor de la película
- Es una manera fácil y sencilla de depositar una película fina
- El control del grosor no es tan fácil como en la deposición de vapor de plasma (PVD)
- Algunos ejemplos de técnicas de recubrimiento:
  - Recubrimiento dinámico
  - Recubrimiento estático

# Grosor vs. Rapidez del Centrifugado

## Proceso de “spin coating”



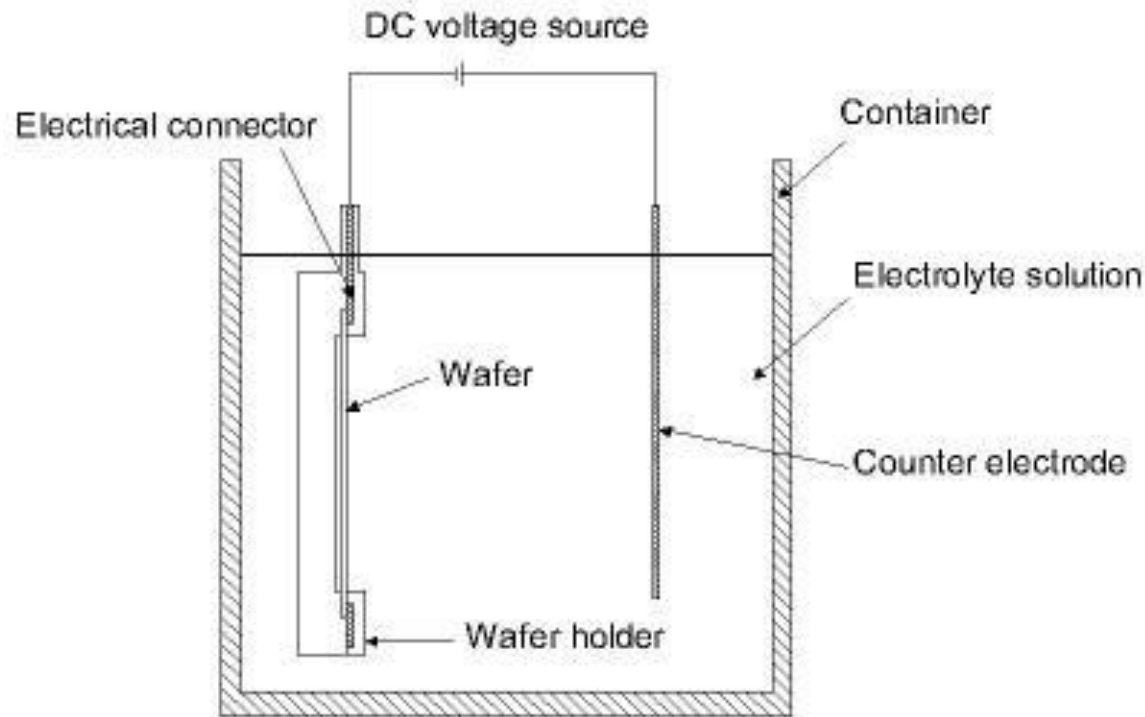
Grosor vs. rapidez de  
centrifugado para película  
PEDOT/PSS

# Deposición Electroquímica

- Se aplica un potencial eléctrico a una solución electrolítica a través de dos o tres electrodos. Los iones en el electrolito son movidos por el campo eléctrico y generalmente se reducen en el sustrato donde forman una película.
- Es una técnica barata sencilla y fácil para obtener una deposición de películas finas o gruesas
- Puede proporcionar una capa uniforme con tasa de deposición rápida



# Deposición Electroquímica

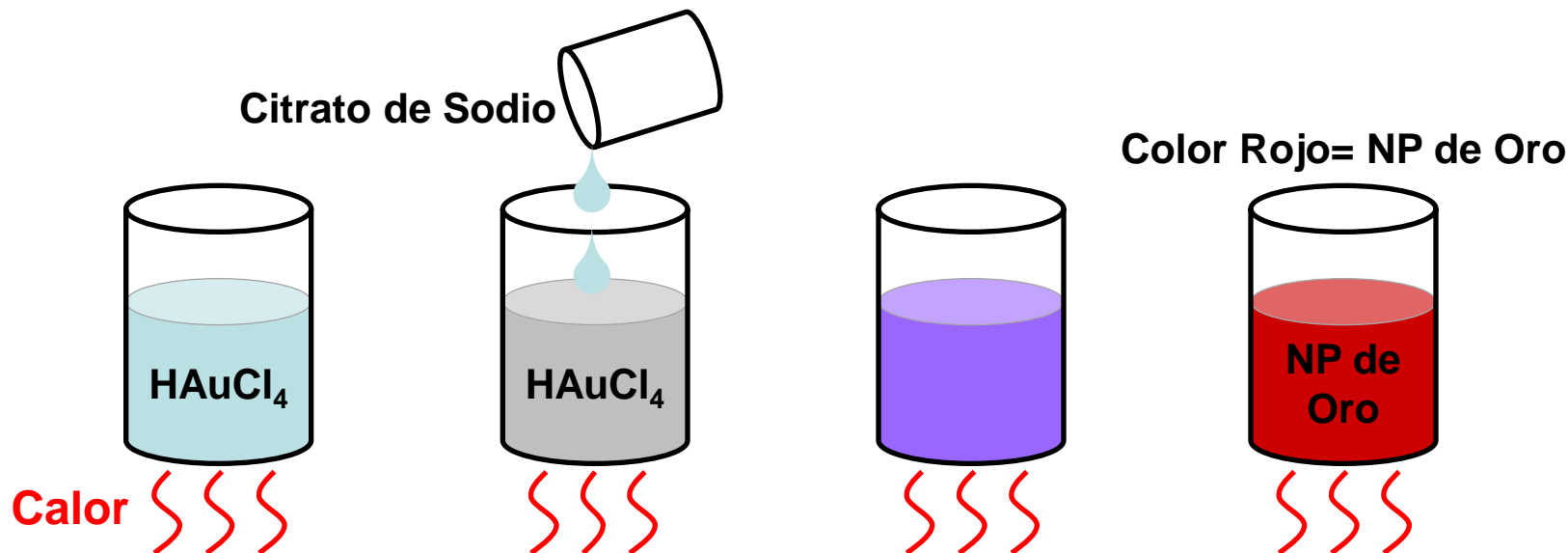


Ejemplo de una configuración para deposición electroquímica

# Crecimiento Coloidal

- La química coloidal es un método de crecimiento comúnmente utilizado en la industria
- Excelente para la fabricación de nanopartículas de tamaño y composición controlada
- Un ejemplo es la fabricación de puntos cuánticos
  - Nanopartículas de material semiconductor que generalmente se producen mediante la química coloidal

# Crecimiento Coloidal



## Formación de Nanopartículas de Oro

<http://mrsec.wisc.edu/Edetc/nanolab/gold/index.html>  
J. Chem. Ed. 2004, 81, 544A.

# Grabado Húmedo

- El grabado húmedo es una técnica para remover material usando reactivos químicos en solución



<http://www.crystec.com/triplae.htm>

# Transferencia de Patrones con Equipo que no Utiliza Vacío

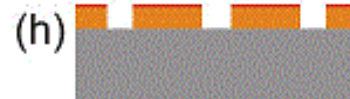
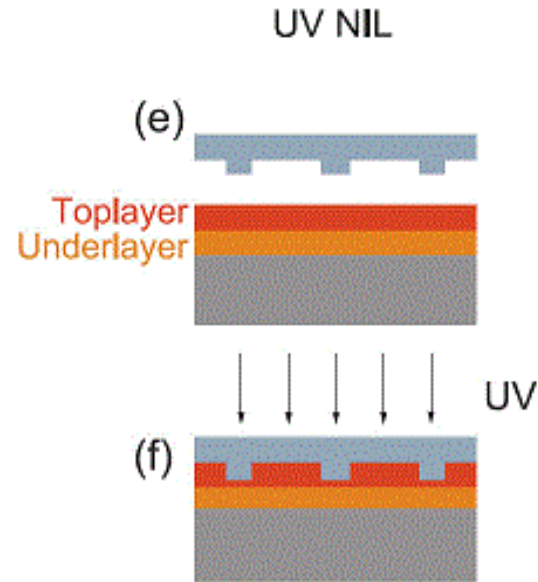
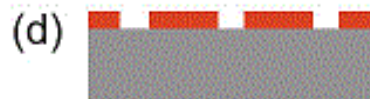
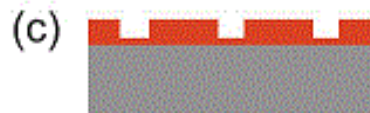
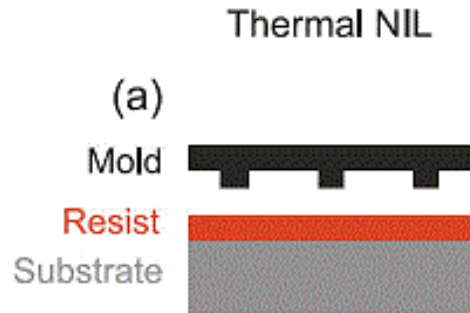
- Se transfieren los patrones deseados a una capa (típicamente un polímero) depositada en el sustrato
- Algunos ejemplos de técnicas de transferencia de patrones sin utilizar vacío:
  - Litografía de Nano-impresión (LIN) \*
  - Litografía Dip-Pen (LDP) \*
  - Litografía óptica \*

\* En general, estas técnicas no necesitan un ambiente de vacío, pero pueden utilizar una pequeña bomba mecánica para ayudar a sujetar el sustrato mediante la diferencia en presión.

# Litografía de Nanoimpresión (LNI)

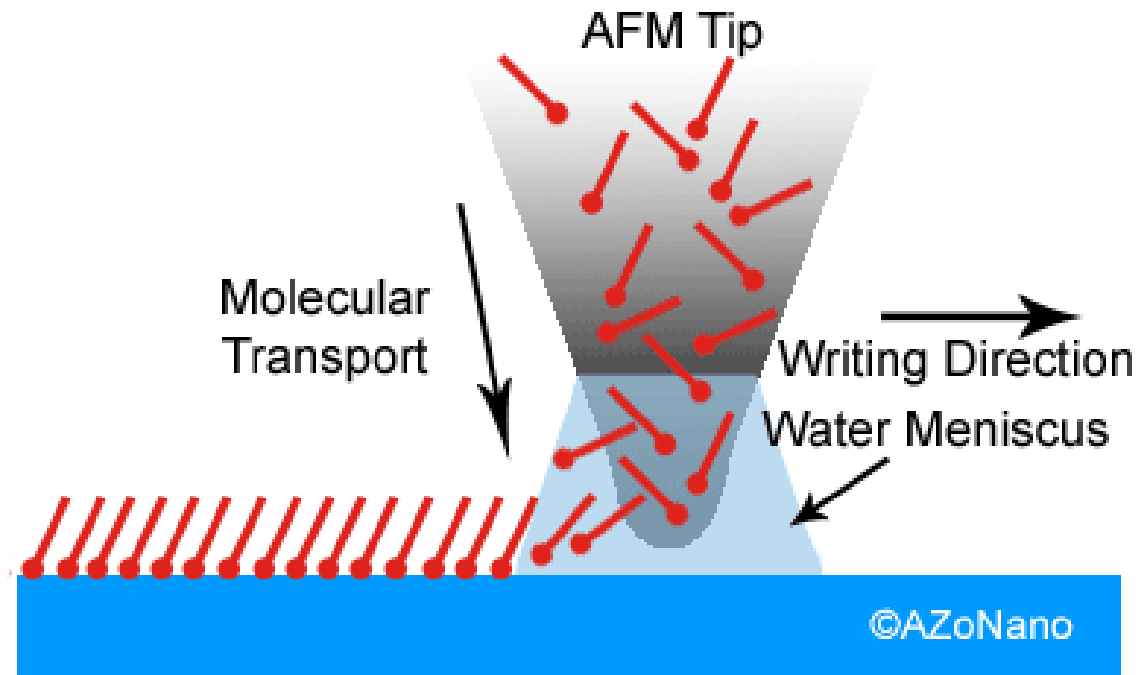
- Se transfieren los patrones en un molde maestro a una película de polímeros que ha sido depositada en el sustrato
- Algunos sistemas de litografía de nanoimpresión;
  - Litografía de nanoimpresión termal
  - Litografía de nanoimpresión ultravioleta UV- NIL

# Pasos en el proceso de LNI



# Litografía “Dip-Pen” (LDP)

- La litografía “dip pen” (LDP) es una técnica litográfica en la que se escribe directamente en el sustrato. Esta utiliza un microscopio de fuerza atómica (MFA) para construir un patrón en el sustrato en vez de eliminar material

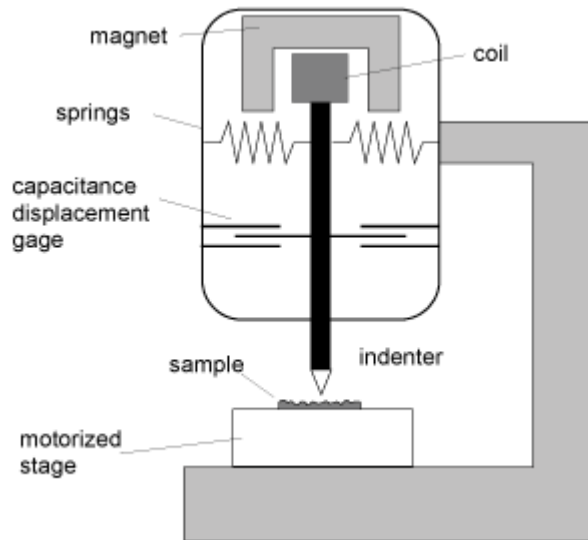




# **Ejemplos de Equipo de Caracterización que no Utiliza Vacío**

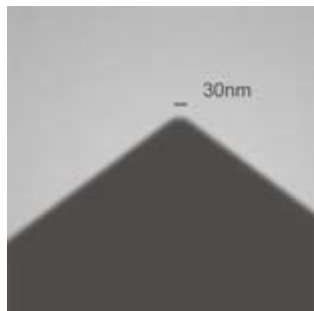
- Ejemplos de equipo de caracterización
  - Nano-indentador
  - Generador de perfiles de superficie
  - Microscopio óptico
  - Elipsómetro
  - Espectrofotómetro
  - Microscopio de Fuerza Atómica

# Nano-Indentador



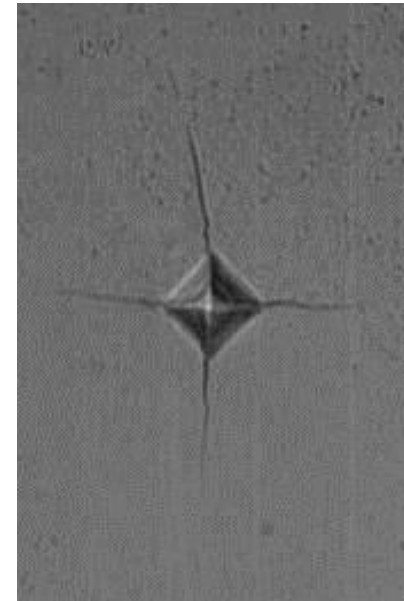
## La herramienta

[http://www.nanoindentation.cornell.edu/Machine/commercial\\_machine.htm](http://www.nanoindentation.cornell.edu/Machine/commercial_machine.htm)



## Ejemplo de una punta

[www.microstartech.com/index/NANOINDENTERS.pdf](http://www.microstartech.com/index/NANOINDENTERS.pdf)



## Resultado Típico

[web.mit.edu/3.052/www/Lectures2003/Lecture2.ppt](http://web.mit.edu/3.052/www/Lectures2003/Lecture2.ppt)

# Generador de Perfil de Superficie (Profilómetro)



# Perfil de Superficie

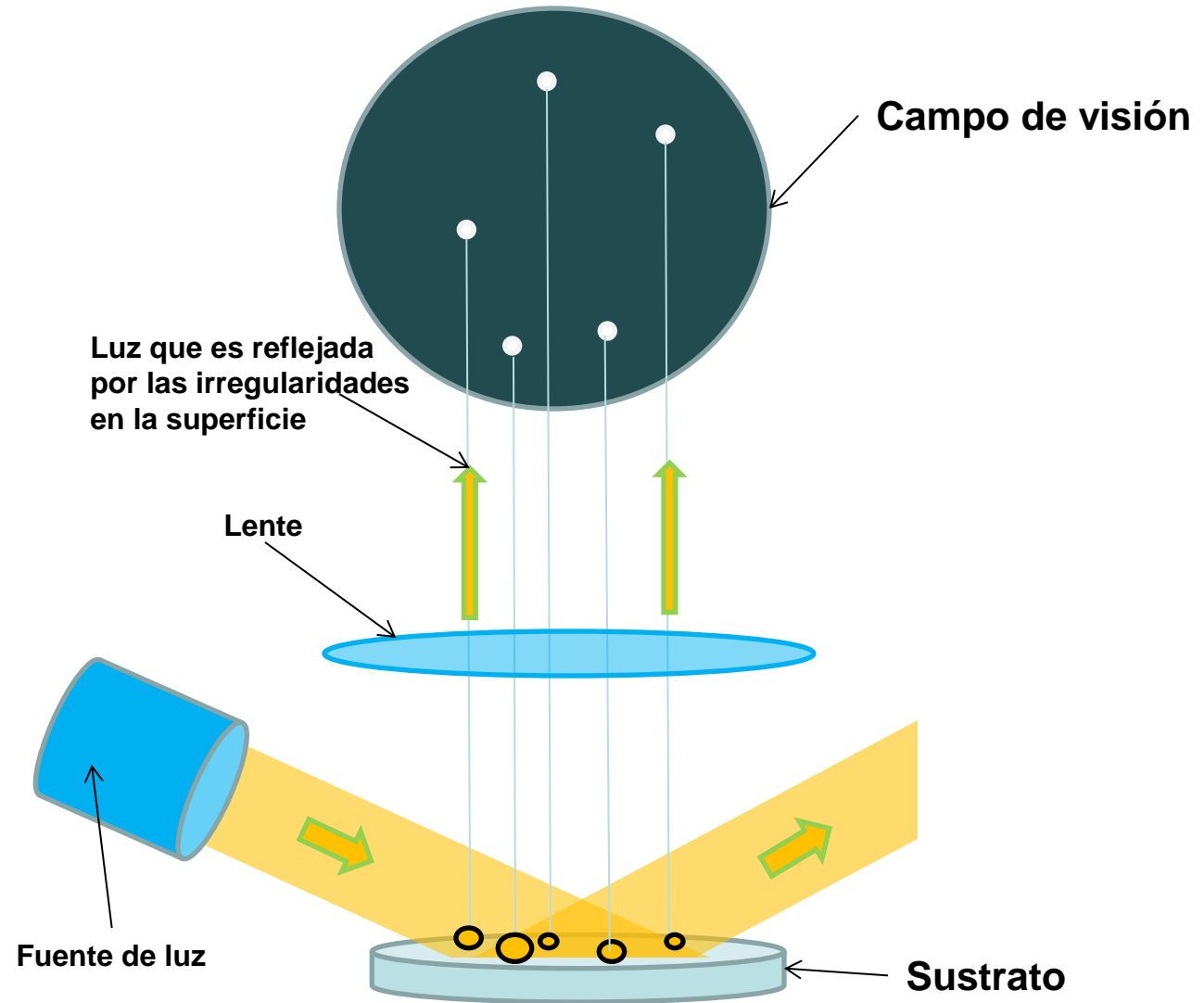
- Utiliza una sonda con punta de diamante con la que se pone en contacto físico directo con la superficie para determinar la topografía de la misma
- Se usa para medir:
  - El grosor de películas
  - Topografía de superficies
  - Altura de escalones en la superficie

# Microscopio Óptico

- El microscopio óptico es el más antiguo tipo de microscopio y utiliza luz visible y un sistema de lentes para ampliar una imagen
- Debido a la longitud de onda de la luz usada (luz visible), solo es capaz de producir magnificación de hasta (1,000 X)
- Algunos microscopios ópticos pueden conectarse a las cámaras y equipos para la detección de defectos como una medida sencilla y poco costosa de control de calidad

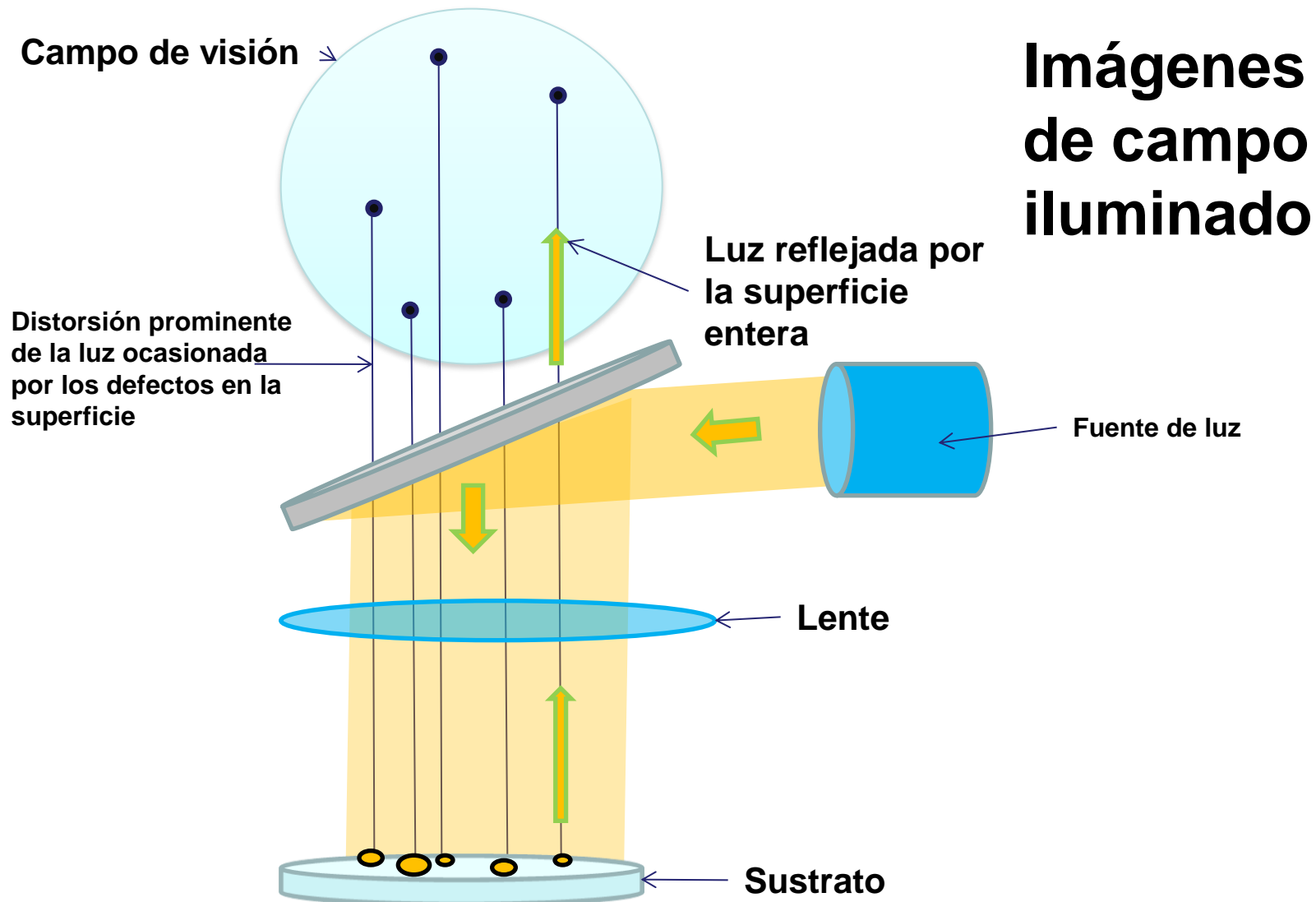
# Microscopio Óptico

## Imágenes de campo oscuro



Public Domain: Image Generated by CNEU Staff for free use

# Microscopio Óptico



# Microscopio Óptico



Public Domain: Image Generated by CNEU Staff for free use

© 2013 The Pennsylvania State University

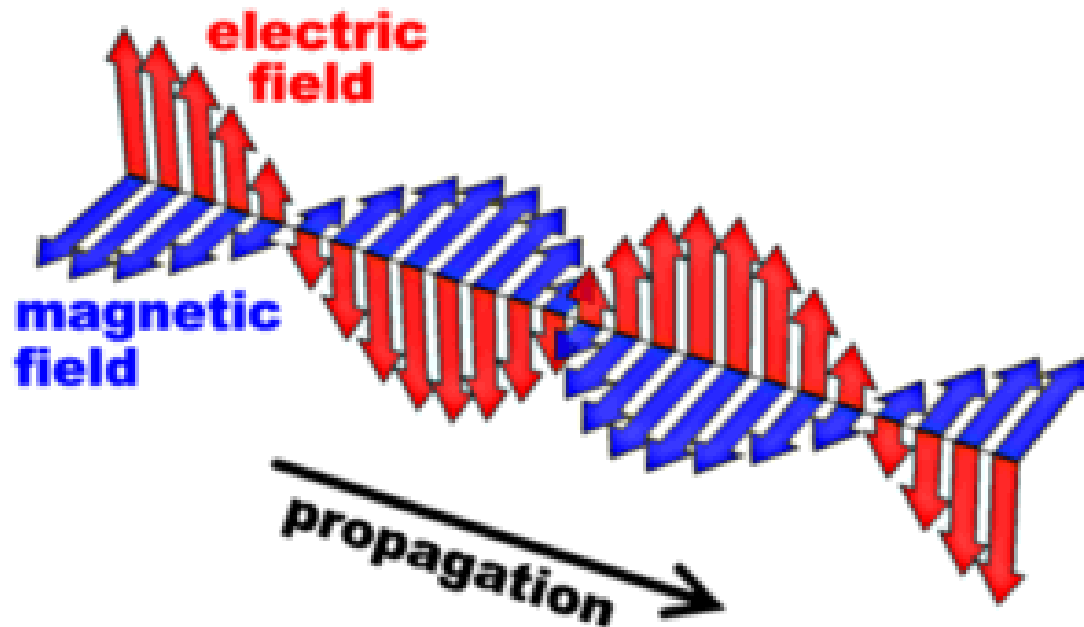


# Elipsometría

- Utiliza un **rayo laser de polarización lineal** que cuando es reflejado por la muestra sufre un cambio de polarización
- Midiendo el cambio de polarización ocasionado por la reflexión en la superficie se permite determinar el grosor de la película si se conoce:
  - El ángulo de reflexión
  - El índice de refracción

# Elipsometría

¿Cual es la polarización de una onda electromagnética?



<http://www.bing.com/images/search?q=++wave+polarization&view=detail&id=2546E3B9FAC650EB0871B2A5838D496EB76BE896&first=421&qvpt=++wave+polarization&FORM=IDFRIR>

# Elipsometría

- Las ondas electromagnéticas como la luz exhiben polarización, pero las ondas acústicas (ondas de sonido) en un gas o en un líquido no tienen polarización ya que la dirección de la vibración y la de propagación de la onda son iguales

# Elipsometría

## Polarización y gafas de sol



[http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized\\_light](http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized_light)

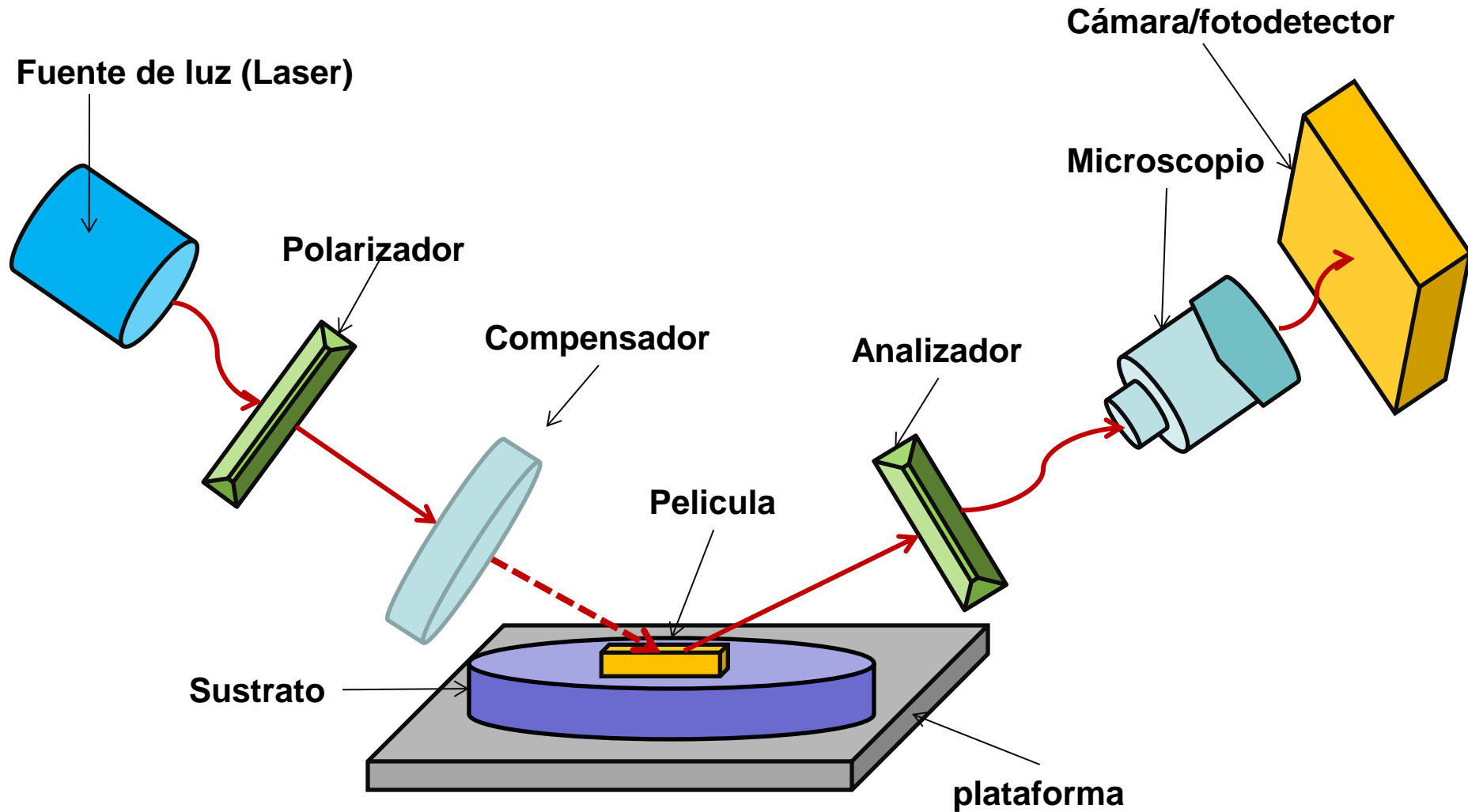


<http://www.polarization.com/water/water.html>

# Elipsometría

- La elipsometría es una técnica de medida que utiliza los cambios en la polarización que la luz de un laser experimenta cuando impacta una superficie transparente para determinar el grosor de la película depositada en la misma
- Es una técnica no destructiva y no hay contacto físico con la muestra
- Es un método de uso común para medir el grosor de películas

# Elipsometría



Public Domain: Image Generated by CNEU Staff for free use

# Elipsometría



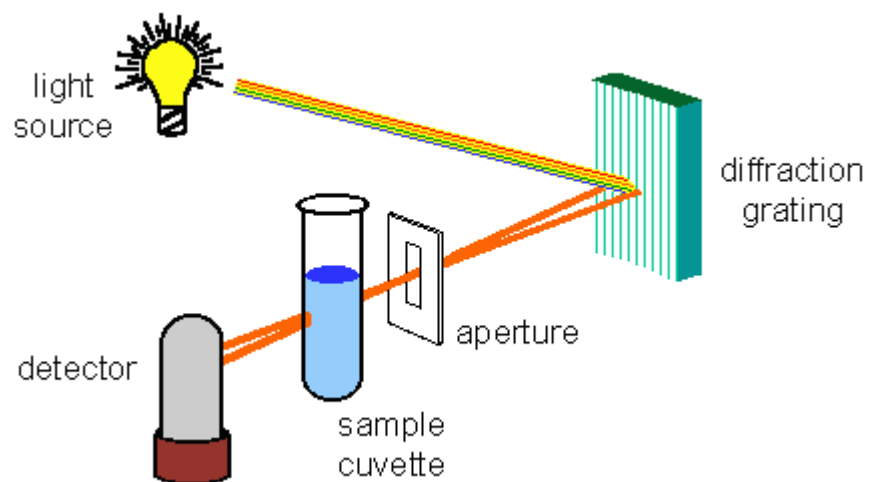
Public Domain: Image Generated by CNEU Staff for free use

# Espectrofotómetro

- El espectrofotómetro se usa para medir la reflexión, transmisión y absorción de luz como función de la longitud de onda
- Se puede utilizar para caracterizar gases, líquidos y sólidos



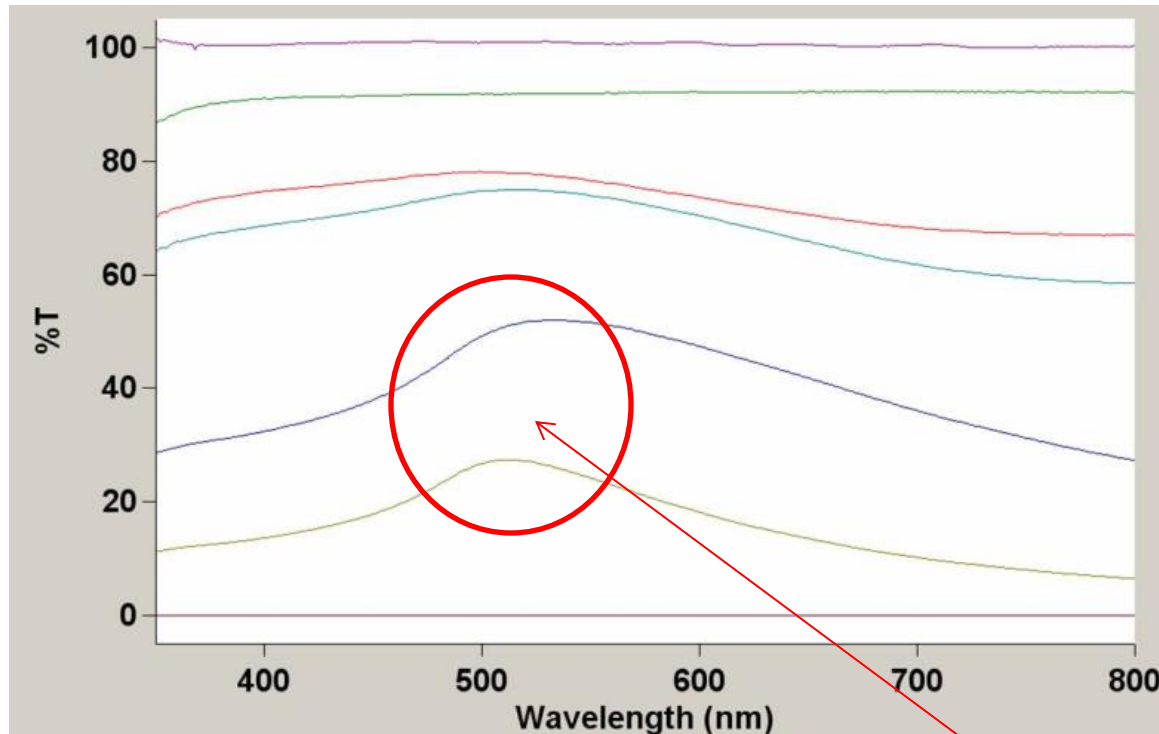
# Espectrofotómetro



© 2001 B. M. Tissue

<http://www.files.chem.vt.edu/chem-ed/spec/uv-vis/singlebeam.html>

# Gráfica del Espectrofotómetro



Esta gráfica muestra el espectro de transmisión de nano-cúmulos de oro de varios grosores depositados por sputtering como función del tiempo de deposición.

**Plasmons**

Public Domain: Image Generated by CNEU Staff for free use

# Microscopio de Fuerza Atómica (MFA)

- Se usa para medir la topografía de superficies
- Es un sistema basado en una sonda que físicamente rastrea la superficie de la muestra
- Se puede utilizar en varios modos de operación diferentes

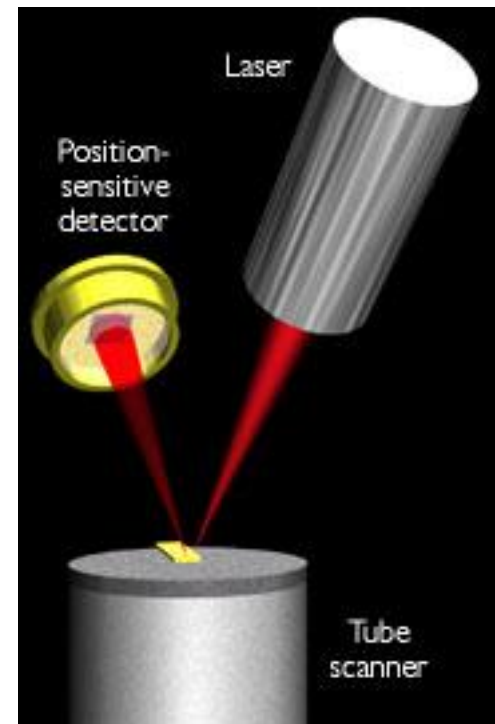
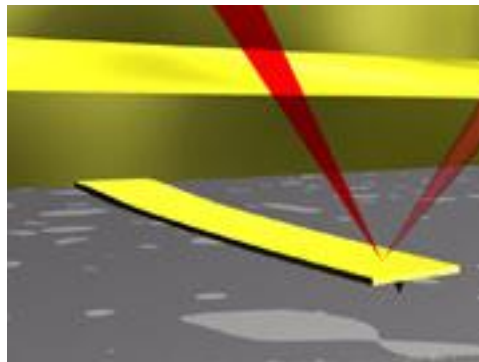
# Microscopio de Fuerza Atómica (MFA)

- Los microscopios tradicionales están limitados por la calidad del lente y las pérdidas debido a difracción.
- Los sistemas de sonda de rastreo físico no utilizan lentes. El grosor de la sonda es lo que limita la resolución.
- La información sobre la superficie se obtiene midiendo la deflexión de la sonda de su posición de equilibrio. Para esto se usa un laser y un detector sensitivo a la posición.

# MFA en su Configuración Básica

“Palanca óptica”- los datos se derivan de la interacción entre el LASER y la sonda

Note que el tubo rastreador mantiene la palanca en posición. El tubo rastreador esta hecho de un material Piezo-eléctrico



David Baselt, California Institute of Technology, Copyright © 1993 by David Baselt.