

学校编码: 10384

分类号_____密级

学号: 2052009015333720520090153337

UDC

廈門大學

博 士 学 位 论 文

金属纳米结构的表面等离子体特性的
实验和理论研究

— 从近场耦合到增强拉曼光谱

Experimental and Theoretical Investigation of
Surface Plasmonic Properties of Metal nanostructures -
from Near-field Coupling to Enhanced Raman Spectroscopy

指导教师姓名: 任 斌教授

专业名称 : 物理化学

论文提交日期: 2013 年 11 月

论文答辩时间: 2013 年 12 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2013 年 12 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

**Experimental and Theoretical Investigation of
Surface Plasmon Optics and Enhanced Raman Spectroscopy
on Metal Nanostructures**

A Dissertation Presented

By

Xiang Wang

Supervisor: Prof. Bin Ren

Submitted to the Graduate School of Xiamen University for the

Degree of

Doctor of Philosophy

Department of Chemistry, Xiamen University

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（）课题（组）的研究成果，获得（）课题（组）经费或实验室的资助，在（）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

摘 要	I
Abstract.....	IV
第一章 绪 论	1
1-1 表面等离子激元光学.....	1
1-1-1 表面等离子激元光学的发展.....	1
1-1-2 金属的介电常数	3
1-1-3 传播的表面等离子激元 (PSPP) 的特点和应用	8
1-1-4 局域表面等离子激元 (LSPs) 的特点和应用	12
1-2 拉曼光谱和表面增强拉曼光谱 (SERS)	23
1-2-1 拉曼光谱	23
1-2-2 表面增强拉曼光谱 (SERS)	26
1-3 针尖增强拉曼光谱 (TERS)	29
1-3-1 TERS 的基本原理	29
1-3-2 TERS 的理论模拟	31
1-3-3 TERS 的应用和发展现状	33
1-3-4 TERS 面临的挑战	44
1-4 本论文的目的和主要研究内容.....	48
参考文献.....	51
第二章 实验	59
2-1 金 (111) 单晶的制备和处理.....	59
2-2 金针尖的制备	60
2-3 TERS 仪器装置	61
2-4 拉曼仪器.....	64

2-5 金纳米粒子单层膜的制备	64
2-6 电化学阻抗 (EIS) 测试	65
参考文献.....	67
第三章 金属纳米结构中 LSP 与 PSP 的耦合	68
3-1 前言	68
3-2 FDTD 理论的基本原理.....	68
3-3 金纳米粒子二聚体耦合的近场增强和远场散射	71
3-4 金纳米粒子二聚体与金膜耦合体系研究	75
3-4-1 金纳米粒子二聚体与金膜耦合体系的 FDTD 理论模拟	75
3-4-2 多个金纳米粒子与金膜的耦合	84
3-4-3 耦合体系的实验验证和新型均匀 SERS 基底的实现.....	87
3-5 LSP 和金膜 PSP 耦合的三维光学逻辑电路的实现	93
本章小结.....	100
参考文献.....	101
第四章 金属的光致发光与 TERS	104
4-1 引言	104
4-2 金属纳米粒子的 PL 与 SPR 的关联	109
4-3 TERS 中 PL 对光谱强度的影响	111
4-4 金属的 PL 对 TERS 光谱形状和相对强度的影响	115
4-5 不同分子的 TERS 背景	118
本章小结.....	125
参考文献.....	126
第五章 TERS 研究金 (111) 单晶表面分子自组装层的动态行为	129
5-1 金 (111) 表面分子动态行为的 TERS 研究.....	129

5-1-1 前言.....	129
5-1-2 TERS 信号的验证	134
5-1-3 自由吸附状态下 4-PBT 分子的 TERS 研究.....	137
5-1-4 分子模板囚禁下 4-PBT 分子的 TERS 研究.....	141
5-1-5 自相关函数对表面分子行为的动力学分析	149
5-1-6 分子在表面动态行为的二维相关光谱分析	154
5-1-7 TERS 实验中杂峰的来源	160
5-1-8 分子表面状态改变对 TERS 光谱的影响	163
5-2 分子在表面高覆盖度下的 TERS 和电化学研究.....	166
5-2-1 引言.....	166
5-2-2 吸附 4-PBT 分子的金 (111) 表面的电化学研究	167
5-2-3 在金 (111) 表面吸附不同时间的 4-PBT 分子的 TERS 研究 ..	174
本章小结.....	178
参考文献.....	179
展 望	184

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Table of Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	IV
Chapter 1 Introduction	1
1-1 Surface plasmon optics	1
1-1-1 Development of surface plasmon optics	1
1-1-2 Dielectric constant of metal	3
1-1-3 Features and applications of PSPP.....	8
1-1-4 Features and applications of LSPs	12
1-2 Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS)	23
1-2-1 Raman spectroscopy	23
1-2-2 Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS)	26
1-3 Tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS)	29
1-3-1 Principle of TERS.....	29
1-3-2 Theoretical simulation of TERS.....	31
1-3-3 Status and applications of TERS	33
1-3-4 Challenges for TERS	44
1-4 Research objective and contents of this thesis	48
References	51
Chapter 2 Experimental	59
2-1 Preparation and treatment of Au (111)	59
2-2 Preparation of gold tips	60
2-3 Setup of TERS	61
2-4 Raman instruments	64
2-5 Fabrication of the gold-nanoparticles monolayer	64

2-6 Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurements	65
References	67
Chapter 3 Coupling of LSP and PSP in metal nanostructures	68
3-1 Introduction	68
3-2 Principle of FDTD simulation	68
3-3 Near-field enhancement and far-field scattering of gold-nanoparticle dimer	71
3-4 Investigation of coupled gold-nanoparticle dimer and gold film	75
3-4-1 FDTD simulation of coupled gold-nanoparticle dimer and gold film	75
3-4-2 Coupling of multi nanoparticles and gold film	84
3-4-3 Experimental verification of coupling system and realization of new uniform SERS substrate	87
3-5 Realization of 3D optics logical circuits based on LSP and PSPP	93
Summary	100
References	101
Chapter 4 Photoluminescence (PL) of metals and TERS	104
4-1 Introduction	104
4-2 Relation between PL and SPR of metal nanoparticles	109
4-3 Influence of PL on TERS intensity	111
4-4 Influence of PL on the shape and relative intensity in TERS spectra	115
4-5 TERS background of different molecules	118
Summary	125
References	126

Chapter 5 Investigation of dynamic process of molecule monolayer on Au (111) with TERS	129
5-1 Study of dynamic process of molecules on Au (111) surface with TERS	129
5-1-1 Introduction	129
5-1-2 Verification of TERS signal	134
5-1-3 TERS study of freely adsorbed 4-PBT molecules	137
5-1-4 TERS study of 4-PBT molecules captured in molecular template	141
5-1-5 Autocorrelation function analysis of the dynamic of surface molecules	149
5-1-6 Two-dimensional correlation spectroscopic analysis of dynamic behavior of surface molecules	154
5-1-7 Source of impure peaks in TERS	160
5-1-8 Influence of changes of molecular states on TER spectra	163
5-2 TERS and electrochemical study of molecules with high surface coverage	166
5-2-1 Introduction	166
5-2-2 Electrochemical study of 4-PBT molecules adsorbed on Au (111)	167
5-2-3 TERS study of 4-PBT molecules on Au (111) with different adsorption time	174
Summay	178
References	179
Outlook	184

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库