

誌謝

千言萬語就在準備提筆的這一刻在腦海中浮現，在研究所的這段求學期間，面臨了人生上許多的考驗。很慶幸在我的身邊，總是有許多上天所派來的天使為我加油打氣，讓我能渡過這許許多多的考驗。讚美主。這篇論文的完成，要感謝的人很多，僅以此文表答我衷心的感謝。

首先感謝我的指導教授丁君毅老師，從大學時代時起就受到您許多的照顧。您嚴謹的實驗態度、準確的邏輯推理和知識的淵博都讓我欽羨不已。在研究所的這段期間，感謝您對我悉心的教誨並適時指正我的缺點。不厭其煩的對愚笨的我解說，讓我的視野更為遼闊。並且關心我的生活，使我在求學期間獲得了心靈上的支持。更要感謝您費心的幫助我校訂，才讓我能順利的完成這邊論文，誠摯的感謝您。

口試的過程中，感謝黃光裕老師和劉國鈞老師細心的審閱，並指正我論文中的不足。因為兩位老師寶貴的建議，讓這本論文更加豐富完整。感謝蕭錫鍊老師在研究所初期所給予的指導和幫助。論文的準備程序能如此順利，要特別感謝物理系系主任林進家老師和助理林倖雅小姐在研究過程中給予的協助。尤其是倖雅姐，謝謝您幫助我論文程序的進行。

在這段期間，感謝我的同學、好友們給予我的支持和鼓勵。謝謝

金龍再三更半夜聽我訴苦，謝謝志宇、宗霖、君偉和炫婷給我的支持和鼓勵。謝謝 MG 讓我學會更勇敢、更堅強。謝謝學弟宗霖在實驗上的協助，好讓我實驗能進行的更順利。感謝所有曾給我與幫助何鼓勵的朋友們，我好開心能有你們這些朋友。在我難過痛苦時，給我予支持和鼓勵。我想在未來的日子裡，我會更加珍惜這些陪伴著我的好友們。我知道，你們是最棒的！

最後要感謝我的家人，感謝我最愛的爸媽無怨無悔的付出，若不是他們長久以來的支持，不可能有我今天的小小成果。也謝謝弟弟和妹妹一直以來對我的加油打氣，我相信你們也是最棒的。爸媽，若我有任何一絲成就，你們就是這一切的理由。即便我沒有任何成就，我都會盡我的一切能力來榮耀你們，謝謝你們，我愛你們。

阿婆，很抱歉來不及讓你看到，將這篇論文獻給我最愛的家人。

摘要

掃描穿隧顯微術可掃描出原子級解析度的影像，目前已被廣泛的使用於各種表面材料及奈米結構的研究中。要利用此技術來研究 DNA，則需要一個良好的樣本製備程序。在本研究中，我們成功的發展出 DNA 樣本的製備流程。選擇黃金當作 STM 掃描的基板，經過退火處理，可得到原子級平坦的晶格表面。利用 FastTag 將 DNA 固定於退火處理過的 Au 基板上，而得到均勻散佈的 DNA 樣本。在大氣中使用 STM，掃描出清晰的 DNA 分子影像。除此之外，探針經防漏電處理後，更可以在去離子水中掃描 DNA 影像。這些研究成果，將可用來對 DNA 做更進一步的研究與分析。

Abstract

Since the Scanning Tunneling Microscopy (STM) can achieve atomic-scale resolution in imaging, it has been used to study surface nanostructures of various materials. In order to image DNA with STM, a protocol of preparing DNA immobilized on annealed gold foil has been developed. Using STM in air, clear image of DNA has been obtained. Moreover, DNA in de-ionized water can also be imaged by using tungsten tip coated with nail polish. These progresses can shed light on further studies in the molecular biology.

目 錄

誌謝	i
摘要	iii
Summary	iv
目錄	v
表目	vi
圖目	vii
第一章 簡介	1
第一節 研究動機引言、背景	1
a. STM 與 AFM 技術之發展	1
b. STM / AFM 對 DNA 掃描之發展	6
第二節 文獻評述	8
a. STM, AFM 與電子顯微鏡之比較	8
b. AFM 掃描空氣中與溶液中 DNA 之結果	9
c. STM 掃描 DNA 之結果	11
第三節 待決問題	14
第四節 推論題目	16
第二章 研究方法	18
第一節 Au 基板的製備	18
第二節 STM 探針的製備	19
第三節 DNA 樣本的製備	21
第三章 實驗結果與討論	23
第四章 結論	27
參考文獻	28

表目

表 1. 不同顯微鏡技術之比較

32

圖目

圖 1a-b. AFM 探針。	33
圖 2a-b. 使用自動斷電系統得到的鎢針, 鎢絲直徑為 0.25mm (188X)	34
圖 3a. 退火處理前, 黃金表面並無晶格面。(325X)	35
圖 3b. 退火處理後, 黃金表面有許多晶格面形成。(325X)	35
圖 4a. Au(111) 的晶格紋路。	36
圖 4b. Au 晶格階梯。	36
圖 5a-b. 均勻的 Cysteaminen 散佈在 Au 的晶格階梯上。	37
圖 6. 較厚的 Cysteamine, 已看不見金的表面結構。	38
圖 7a-b. 附著在金表面的 Cysteamine, 有無法確認的絲狀紋路。	39
圖 8. FastTag 利用光觸發反應, 以共價鍵連結到 DNA 分子上。(示意圖)	40
圖 9. 一層 DNA 如網狀一般吸附在黃金晶格階梯上。	41
圖 10. 密密麻麻的 DNA 吸附在黃金表面上。	42
圖 11a. 一層 DNA 吸附在黃金表面上比較 a、b 可明顯看出 DNA 的散佈。	43
圖 11b. 圓圈形 DNA 散佈在其中。(如箭頭所示)	43
圖 12. 在黃金表面上單獨留下的清晰 DNA 分子, 捲曲在一起。	44
圖 13. X174RF-II DNA 的 Condensation unit。	45
圖 14. λ -DNA 的 Condensation unit。	46
圖 15. 水份對 STM 掃描的影響。	47
圖 16. 帶有水份的 DNA 會使影像清晰度受到影響。	48
圖 17. 使用 STM 在去離子水中掃描 DNA。	49