

## 給對奈米科學與技術實驗室有興趣的學生：

無論你是大學專題生、碩班或博班的新生，在你開始在交大電子充滿挑戰與樂趣的研究工作前，最重要的莫過於找到一個適合你的研究室和指導教授了。對教授而言，找到契合實驗室未來研究工作的學生也是同等重要的，畢竟科學研究在大學裡是高度勞(腦)力密集的【在公司裏是勞(腦)力 + 資本密集】，每一年我都花不算少的時間，跟許多新生晤談，了解他們的性向。所以，這裡我把一些學生常問的問題整理如下，希望能增加你對本實驗室的了解。

### Q1: 貴實驗室研究的主要方向是什麼？

Ans: 我們的研究主題是設計、開發、製作後 Silicon 時代的新穎元件，從整流特性的二極體，具良好開關特性的場效電晶體，到非揮發性記憶體等等都有。更具體的說，無論是哪一種元件，我們希望能利用許多奈米尺度下材料或結構上產生的新物理現象，來增進傳統 Silicon 元件的效能與功能，我們先前在傳統非揮發性記憶體上，結合了奈米尺度的金屬奈米點和有機碳分子結構來改善元件特性，就是很好的例子。現在我們積極從事的電阻式記憶體的開發也是一樣，利用奈米尺度下局部的氧化還原反應，來達到阻值切換的目的。所以我們不畫地自限，不侷限自己只專注於某些特殊的製程，材料或元件，多樣化的研究主題不但充滿挑戰性，也提供了實驗室學生彼此交流學習的機會。如果你對更詳細的研究主題有興趣，歡迎與我連絡。

### Q2: 這些研究方向聽起來很陌生，那對學生未來的發展有什麼幫助？

Ans: 乍聽之下，這些元件或牽涉到的物理並不是那麼地令人熟悉，但其基礎還是各位固態領域中所學習的半導體元件物理、固態物理、與積體電路製造技術等，只不過增加我們之前較少涉略的奈米科學的部分，而這部分在元件尺度已經微縮到小於 32 奈米的現在，是日益重要的。所以，我們的目的是訓練學生成為下一個世代的元件研發工程師，不但熟悉傳統半導體元件的範疇，更有能力結合奈米科學在不同物理、化學、材料、生物等領域的突破，建構未來新世代的電子元件。值得一提的是，元件的開發是整個微電子產業的火車頭，過去是、未來也是，能想像若沒有 1947 年電晶體和 1959 年 IC 的發明，這世界會變成什麼樣子嗎？所以在後 Silicon 時代裏，具備跨領域研究實力的元件設計專才，前景可說是十分看好。

### Q3: 好吧，老師打了那麼多的廣告，那問個比較實際的問題，聽說做實驗很花時間也很辛苦，請問實驗室的研究需要做很多實驗嗎？

Ans: 正確的說，實驗只是元件研究的一部分。一個嚴謹且完整的元件研究應該包含研究想法的醞釀，文獻蒐集，理論基礎建立，實驗設計，實驗執行，量測分析，數據整理，物理模型建立，數值模擬與驗證，最後將這個循環中所得到的結

果 feedback 到新的循環，依此循序漸進以改善元件特性。當然因為學生的成熟度與時間的限制，研究題目可以只包含其中之一(大學專題)，一部分(碩士)或完整的過程(博士)。但一般學生對固態組研究的刻板印象，卻只停留在潔淨室裏日以繼夜的實驗這部分，我們常跟學生說實驗有時候可以很有趣，但也有很多時候是必要之惡 (necessary evil)，其枯燥乏味的過程可以比擬為程式設計中的 Debug，沒有人寫程式的目的是為了來抓蟲的，所以怎麼增加研究過程中有趣且有學習意義的部分就變得很重要。因此我們鼓勵學生多思考，在你計畫實驗前多思考，在你完成實驗進行分析的時候多思考，而思考的訓練是身為指導教授可以從旁協助你的，我的學生即使做實驗也絕對不可以只是個會 Try-and-Error 的黑手，而是能思考的實驗學家 (Experimentalist)，依我的經驗，這不但能大幅縮短你在潔淨室工作的時間，更能提升研究的品質與樂趣。

#### **Q4: 老師到交大的時間不是很長，跟新的老師做研究有什麼優缺點？**

Ans: 整體而言，新的老師的研究領域會和系上比較資深的老師有一些區隔，缺點就是從事的研究大家會比較陌生一點，需要點時間才能進入狀況，優點就是適合願意接受挑戰的學生，日後豐碩的研究成果是可以期待的。新的老師因為還不用負擔系上太多的行政工作，與學生互動的時間也會來的充裕些，缺點就是研究資源上不像上軌道的研究團隊那麼的充裕。很幸運地，我們實驗室的前身是系上雷添福教授的薄膜技術與量測實驗室，所以以一個新實驗室而言，我們現有的資源算是蠻充裕的，學生從博士班、碩士班、專題生都有，實驗室的運作稱的上十分健全，學生研究室位於工四館 309C，不能說美輪美奐，但也寬敞舒適，並有實驗室自己獨立且完整的電性量測平台供學生使用，學生在奈米中心與 NDL 的實驗也都有熟悉潔淨室製成的博班學長可以指導。

#### **Q5: 可以描述一下老師指導學生的方式嗎？**

Ans: 我很強調與學生的互動與討論，所以除了 Group Meeting 外，跟每一個學生都有定期單獨一對一的 Meeting，討論的內容除了包含研究的方向與進度，經驗的分享，對學生未來生涯規劃的建議，更重要的是提供一雙向的溝通管道，相信與我相處過的學生不會認為我是個有架子的老師，除了固定的 Meeting 外，有什麼需要討論的事，只要我在辦公室，隨時歡迎學生敲門進來。

#### **Q6: 針對大學專題，老師有什麼特別要強調的？**

Ans: 大學專題是絕大部分電工系學生第一次接觸到研究的機會，在這之前，學生的責任就是單純的讀書考試寫作業，但對怎麼做研究卻是全然陌生的，第一次的經驗，尤其是成功的經驗，非常重要，因為這對你日後做研究上的信心以及興趣有很大的影響。受限於大學專題有限的時間，我的專題生原則上是不做實驗的，多是協助研究所學長完成元件量測、量測系統建構或元件模擬等，原因也是因為這樣成功的機率比較高。對專題我的要求很簡單，就是**專題生一定要學到新**

東西，現在要求專題生學的 LabVIEW 或是 COMSOL 就是希望他們在順利完成專題的同時，也學到了將來可以應用在自己研究所學習，甚至工作上有用的技能，技能是書本和實作間不可或缺的橋樑，也正是現在大學教育比較缺乏的部分，我希望我的專題生能在這方面有所收穫。

#### Q7: 針對碩班新生，老師有什麼特別要強調的？

Ans: 在碩班的階段，不只是學習做研究，更重要的是學會做事情的方法，怎麼時間管理，怎麼跟指導教授溝通，怎麼 team work，怎麼上台報告，研究不順利的時候怎麼調適，這都是之前教室課不會教的，但卻都是大家進入社會後最需要的能力。而碩班學生最大的敵人就是時間，怎麼在有限的兩年內完成該修的課程和碩士論文，這對再優秀的學生都是個挑戰，所以**最重要的是主動積極的態度**，如此才能將你有限的時間做最好的運用，常說沒有能力的問題只有態度的問題，如果你在研究上沒有適當的基礎，只要肯學，我有信心可以在三個月到半年內讓你跟其他碩班學生程度相當 (1 對 1 的 tutoring)，如果你真的沒有什麼研究上自己的想法，我們可以一起討論找到適合你的方向 (我跟你一起讀 Paper)，但如果你自己沒有積極的態度，要靠老師推一下才往前走一步，那我保證你沒辦法準時畢業，對你我都是折磨，當然研究的過程難免有不順利的地方，我自己讀碩士的時候到了研二了還在換題目，但如果你積極的話，我可以提供的幫忙也可以較多元，不會有使不上力的感覺。因大環境使然，碩班現在被定位成學校與社會的銜接教育，也難免演變成現在碩班教育大學化的詭譎，但希望透過我們一起的努力，我們實驗室的畢業生仍可以令人耳目一新。

#### Q8: 針對博班新生，老師有什麼特別要強調的？

Ans: 博班學生最關心的就是畢業的問題，常有學生問怎麼樣才可以畢業，好像老師是存心不讓學生畢業一般，我要說的是，以我的立場，我非常希望博班的學生越早畢業越好。博班學生的表現是整個實驗室的指標，優秀的博班學生畢業後離開學校，無論是留在學術界或到業界，他們的表現對整個研究群和指導老師都有加分的效果，我們常看到所謂各個領域的大師級老師，哪一個不是桃李滿天下的？但如果沒有受到完整訓練的博班學生，縱使僥倖畢業了，不但對老師是一種傷害，畢竟學術界是講求 reputation 的，對自己又何嘗不是呢？你一輩子都要背著這個 PhD 的頭銜，當你的能力跟頭銜不對等時，那只是一種累贅而以，你會後悔為什麼自己不是個碩士就好。所以，指導教授的把關就很重要了，我認為博班的階段最重要的就是**建立自己獨立研究的能力**，記得指導教授的名字永遠是掛在論文的最後，老師能提點你方向，但你才應該是研究的主導者，需要我盯著才能做研究的博班學生，我想即使你點數夠了，也還是不能達到我把關的標準的，因為離開學校後，不會再有像指導教授這樣囉嗦的人常常對你耳提面命的，做不好就滾蛋！所以你一定要在學校這個安全的環境裏，鍛鍊自己的能力，將來才能走出適合自己的路。

**Q9: 在來找老師進一步討論前，有什麼是我可以預先準備的？**

Ans: 希望由以上一些簡短的介紹，能幫助你對我們實驗室有一些基本的了解，實驗室網頁上也有許多其他的資料可以參考，我們由衷希望主動積極，願意挑戰新領域，希望建立獨立研究能力的學生加入我們，也非常歡迎跟我約時間做進一步的討論。為了讓我們的討論更有效率、更有建設性，有一些功課是你預先做的。首先，會來找我談，表示對我們的研究有一定的興趣，不防花一點時間自己蒐集些資料，大略了解一下我們的研究方向，在現在資訊取得如此便利的今天，應該不是太困難的事，我們討論的時候也較能針對你有興趣的部分做介紹。決定指導教授是足以影響你數年、乃至於未來發展的大事，花上個兩個鐘頭做些功課應該是相當划算的投資，也可以讓我了解你對研究的興趣與動力。請在與我洽談時也同時帶來你的成績單，我們可以就你的學習背景與可能的研究主題做進一步的討論。

侯拓宏 Oct 05, 2009