

【附件三】成果報告

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號：PEE1101067

學門專案分類：工程

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

以數位匿名工具提升工程領域學生課堂即時回饋與課堂連結之研究
(配合課程名稱：半導體元件物理)

計畫主持人：陳俐吟

執行機構及系所：陽明交通大學光電工程學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期：2022 年 9 月 13 日

目錄

一、 本文	1
1. 研究動機與目的.....	1
2. 文獻探討.....	1
3. 研究問題.....	2
4. 研究設計與方法.....	3
(1) 實驗場域與課程設計.....	3
(2) 研究架構.....	3
(3) 研究對象.....	4
(4) 研究工具.....	4
5. 教學暨研究成果.....	4
(1) 教學過程與成果.....	4
(2) 教師教學反思.....	9
(3) 學生學習回饋.....	9
6. 建議與省思.....	11
二、 參考文獻	11
三、 附件	12

以數位匿名工具提升工程領域學生課堂即時回饋與課堂連結之研究

一、 本文

1. 研究動機與目的

申請人除了固定開設系所內部的基礎必修科目、專業選修科目之外，近年來積極參與設計與開設跨領域課程，因此有機會接觸來自不同學院的學生，發覺光電系的學生相較於其他領域的學生而言在課堂上更為沉默寡言；在多種不同場合內與其他工程領域的教師討論後，發現這似乎並非是光電系的學生獨有的狀況，而是一般工程領域系所常見的狀況：許多來自不同系所的工學院、電機學院的老師在課堂上為了能即時了解學生的學習狀況，會在課堂上詢問學生是否了解課堂上所述重點，然而在工程領域的課程課堂上要得到學生的回饋往往難如登天，最常看見的情景一問大家有沒有問題時，課堂上僅剩一片靜默。申請人為了能夠更掌握學生的學習狀況，申請人於 109 學年上學期教授「半導體元件物理」時，在每一個章節結束後使用 Kahoot!測驗學生對於重要概念的掌握程度，以答題正確率來評估學生在每個重要概念上的掌握程度，雖已較能掌握學生在哪些觀念需要加強說明，但仍稍嫌不夠即時。申請人亦曾在課後詢問學生對於課堂的意見，但往往得到的都是「沒什麼問題」、「應該聽得懂」、「嗯…還好…」等不算是建設性的回答；申請人也曾採取發問會加分的策略，鼓勵學生在課堂上或者是課後寫心得小卡的方式發問，但效果仍然有限。如此一來，申請人難以即時得到足夠的資訊以修正上課的內容與步調。由於以上所採取的策略仍為具名的方式，推測有可能是在工程領域的學生因為較不習慣當面發表意見、害怕問出笨問題等等的因素，而較難提出即時的回饋。針對此工程領域課堂上常見的困境，申請人是以想提出本年度的教學研究實踐計畫，探討在工程領域學生為主的課程中，是否能透過數位匿名工具使學生更願意即時提供意見回饋，並進一步加強學生與課堂、授課教師之間的連結。由於學生較不習慣給予即時的回饋為工程領域常見之困境，此研究議題相信將能提供工程領域教師作為未來授課活動設計、有效率的評估教學成效的參考，預期將能有極為廣泛且具體的影響力。

本教學研究計畫主題為：以數位匿名工具提升工程領域學生課堂即時回饋與課堂連結之研究。申請人自 109 學年起為交大光電系開設「半導體元件物理」專業選修課程，所涵蓋的內容包含半導體能帶結構、半導體異質接面能帶結構、基礎半導體元件特性與應用等，是銜接光電系基礎課程至專業應用課程的重要橋接課程。此課程的教授方式較屬於講述教學法，唯為了使學生獲得較高的學習成效，除透過架構化後的系統式教學外、更以問答方式加強師生互動、丟出較有變化的問題引導學生深入思考，並在每個章節結束後使用 Slido 即時互動軟體測驗用以簡略判斷學生對於那些概念的掌握仍不完全，可即時加強說明。此外，本課程屬於陽明交通大學光電系的重要選修課程之一，學生在本課程的學習體驗將影響後續選擇半導體相關領域的意願，因此有效提升學生於本門課的學習成效亦對培育半導體元件專業人才相當重要。本教學研究實踐計畫的目的有三：(1) 發展工程領域專業課程所適用之教學策略；(2) 探討本研究所採用之策略是否能有效增加工程領域的學生提供即時回饋的意願，是否對增進學生與課堂、老師連結有幫助；(3) 根據以上研究過程與結果提出改善工程領域專業課程的教學實務建議。

2. 文獻探討

以往的教育方式將教師視為知識殿堂中不可撼動的權威者，是課堂上的靈魂人物，然而隨著時代推進，許多教學相關研究指出以學生學習為中心(learner-centered teaching)的教學，不僅能反映學生的多元需求，更能提高學生的學習成效，有效傳遞知識。既以學生的學習為中心，教學策略就必須圍繞著如何提高學生的學習成效來設計。根據相關研究顯示，台灣大專

學生的學習動機(learning motivation)、學習投入(student engagement)與學生的學習成效有正向顯著關係(陳榮政、張家淇, 2017)。學生的學習動機可進一步分為外在動機與內在動機：外在動機為受環境因素影響形成的，如教師提供的獎勵(分數、獎品等)；內在動機則為學習者自身產生的，如學生的興趣或成就感(張春興, 1994)。如何有效誘發學生的學習動機，則有賴於教師對學生特質的掌握、學習情境的控制與課程執行方法的設計等，具體策略包含了解學生的困難與想法、根據學生能力安排適宜的學習活動、以鼓勵/讚美建立學生的信心、建立學生學習的正向歸因、彰顯課程的重要/實用性、運用學習探索技巧、建立學生與教師良好互動等(Bogle, 2005; Davis, 1999; Hofer, 2006; Kember, 2006; Newstead & Hoskins, 2003; Small, 2006)。學生的學習投入指的是學生在學習中所展現的行為、感覺進而思考的歷程(Kuh, 2003, 2009)；亦有研究將學習投入亦可分為三個向度：行為學習投入、認知學習投入、情緒學習投入(張鈿富、林松柏、周文青, 2012)。行為學習投入主要指學生參與學習活動的時間，越長的投入時間或越高的投入頻率能獲得較佳的學習成效(Greene, Marti, & McClenney, 2008; Kuh, Kinzie, Schuh, & Whitt, 2005)；認知學習投入則主要指學生在學習上所投入的心力以及學習策略，其中又以學習策略最為重要(Kuh et al., 2005)；情緒學習投入則比較偏重於學生的內心狀態，包含對教師、教材、同學甚至環境的觀感，學生的學習動機亦會影響學生的情緒學習投入程度，亦有研究顯示當提升學習興趣時能同步提升學習投入的程度，亦對學習成就能有正面助益(William, Williams, Kastberg, & Jocelyn, 2005)。因此，若課程的執行策略可以引發學生的學習動機，並使學生有更多的學習投入時，將有助於學生提升學習成效，方有機會讓專業知識進一步內化成為可應用的能力。

由上述的文獻探討，我們可以歸納出一個大方向：讓學生大量投入學習活動，學生可能有更高的學習動機，而較有機會提升學習成就，最後此學習過程能轉變成穩定且長久的正向回饋。申請人在這幾年的授課中曾思考工程領域的課程是否要以「翻轉教室」教學模式授課，透過學生的大量投入，以提高學生的學習成效；然而申請人擔心學生課前影片或文獻閱讀成效較難掌握，當學生課前預習學習成效不佳時，在課堂上可能會因無法即時融入討論而造成更重的挫折感；研讀專業知識本就是不輕鬆的事，課前與課後的學習投入品質實難掌握，因此轉而思考是否有機會在有限的課堂時間就使學生有著足夠的學習投入？申請人於 108 年度的教學研究實踐計畫曾提出使用 5E 探究教學模式於中山光電系專業選修課程「色彩學導論」。5E 探究教學法將教學過程分成環環相扣的五個階段：參與(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻化(elaboration)與評量(evaluation)(Trowbridge & Bybee, 1990)，由學期末的分析結果可得知學生在「應用知識解決問題的能力」此題項有高達 4.2 的平均值，顯示使用 5E 探究法於工程專業選修課程能有效提升學生的知識應用能力。是以可看到藉由提升學生在課堂上的參與，再搭配適當的課程活動設計，能有效的增加學生應用知識解決問題的能力。而在這過程中，申請人也察覺雖學生能藉由課堂活動較為投入課程內容，但若提及希望學生提供回饋時，學生仍然裹足不前，難以開口。學生若能提供即時回饋，授課教師即能將此回饋納入課程設計中，也可視為學生一同參與課程設計的一種方式，從另一個面向增加學生對課程的參與度，也有助於授課教師即時評估(assess)學生是否能達到預計的學習成效(intended learning outcome)，是否需要修正課程教學與學習活動(teaching and learning activities)，達到建設性調準(constructive alignment)(Biggs & Tang, 2011)，如此一來才能以有效率的方式提升教師教學與學生學習的效能。

3. 研究問題

本研究所欲解決之問題為：面對較不習慣在課堂上提供實時回饋之工程領域學生，教師如何有效藉由得到學生的回饋而即時掌握學生學習情形以及調整教學與學習活動，以提升學生工程專業科目的學習成效？本研究針對工程領域學生的學習成效提出兩個假設：(1)匿名提問工具對學生給予實時回饋的意願有正相關；(2)藉由學生提供實時回饋提升課程參與度對

提升學生的學習成效有正相關。109 學年度上學期所開設之半導體元件物理，某幾週課程已導入匿名提問方式作為此教學研究計畫的前期測試，可發現透過匿名提問授課加上小組討論發表活動的那週，學生的投入大幅提升，不僅課堂上交流與討論熱烈，課後的反饋也較以往來熱烈，顯現透過匿名提問鼓勵學生發問再加上小組討論與發表學生的學習興趣可能有一定程度的提升，惟仍須藉本計畫進行系統化的研究方能證明對於實時回饋意願以及學生學習成效是否真有正相關。

4. 研究設計與方法

如前所述，修習「半導體元件物理」的學生大多來自於工程專業相關系所，學生較不擅於在課堂上即時發言表達意見或問問題，因此本研究計畫提出使用可匿名的數位工具作為學生發問的平台，而教師則以行動研究的方式探討數位匿名工具是否能有效的是否能加強學生與老師之間的互動，提升學生與課程內容、授課教師間的連結，進而提升學生的學習成效，以下將分項詳述研究方法。

(1) 實驗場域與課程設計

「半導體元件物理」為交大光電系的專業選修課程，從半導體中的載子行為開始介紹，進而談到半導體的能帶結構、pn 接面二極體、MOS 電容、MOS 電晶體等，是交大光電系培育半導體元件開發與應用專業人才的搖籃。本課程是 3 學分的學期課程，每周課程內容與進行方式如附件一所示。

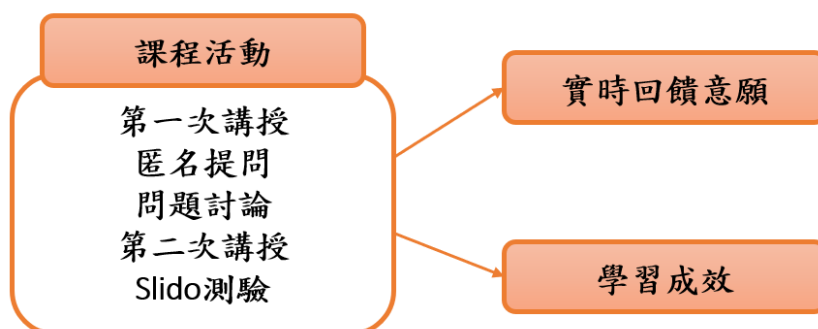
前三分之一課程著重於半導體基礎特性，包含載子的運動與複合，中間則著重於半導體接面、金屬-半導體接面的電壓電流特性、能帶結構的分析，後三分之一課程則與基礎電機體元件的能帶結構及操作原理有關，並強調對於能帶結構以及 IV 特性的分析能力。課程透過教師講授、Slido 匿名提問、Slido 單元測驗進行。計畫申請時原本有規劃小組解題活動，但後因疫情緣故改為線上課程故取消此規劃(因非實體課程，教師較難即時掌握小組討論狀況)，改以個人單元型即時小測驗。

期中考為個人紙筆測驗，測驗學生對於半導體基礎物理的掌握程度，期中考與 Slido 單元測驗的結果皆能提供學生與教師自我檢視學習與教學成效的機會，做為課程教與學策略調整的參考。

前測資料為自評問卷，用以了解學生修課之動機及自我評鑑修課前對於半導體元件物理的認知程度；後測資料為自評問卷，旨在讓修課學生自我評鑑修課前後對半導體元件物理的熟悉度、學習興趣的提升程度用以與前測結果比較，了解學生修課後對課程內容的認知程度是否已有效提升，同時用以了解學生對於匿名提問對於學習成效與興趣的影響程度。

本課程採多元化評量，涵蓋兩個面向：(1)專業知識的整體性認知；(2)知識應用能力。執行方式則包含：個人筆試檢核、Slido。

(2) 研究架構



圖一、本教學研究實踐計畫研究架構圖

本研究針對工程領域學生的學習成效提出兩個假設：(1)匿名提問工具對學生給予實時回饋的意願有正相關；(2)藉由學生提供實時回饋提升課程參與度對提升學生的學習成效有正相關。將於課程進行中提供數位匿名提問工具給學生發問，研究此提問方法對於工程領域學生提供實時回饋的意願與工程專業課程學習成效的影響，並以此研究發展教學策略對學習成效的影響分析，並提出教學實務建議。

(3) 研究對象

研究對象為選修「半導體元件物理」的學生，本課程並無設定先修課程限制，修課學生以年級分類：大二學生 1 名、大三學生 17 名、大四學生 6 名、碩士班二年級學生 2 名，共計 26 名；修課學生以科系分類：光電系：21 名、電機系：2 名、機械系：1 名、生科碩 2 名。

(4) 研究工具

本研究將探討面對使用數位匿名工具對於學生的實時回饋率及學生學習成效的提升效果。研究工具包含問卷調查、期中期末紙筆測驗、Slido 提問數與提問內容、其他提問信件與教師觀察紀錄。

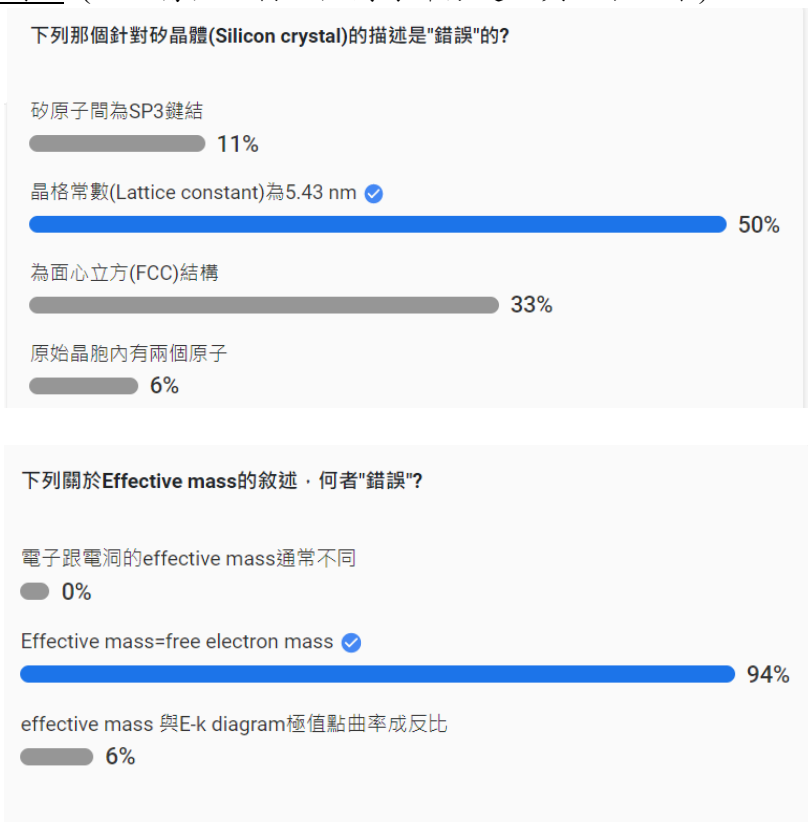
5. 教學暨研究成果

(1) 教學過程與成果

(1)-1 教學過程

前三分之一課程著重於半導體基礎特性，包含載子的運動與複合，中間則著重於半導體接面、金屬-半導體接面的電壓電流特性、能帶結構的分析，後三分之一課程則與基礎電機體元件的能帶結構及操作原理有關，並強調對於能帶結構以及 IV 特性的分析能力。課程透過教師講授、Slido 匿名提問、Slido 單元測驗進行。

Slido 單元測驗 (由於篇幅限制，僅摘錄部分題目與回答結果)





在一個半導體材料上施加一個定電場後，關於其上漂移電流(drift current)的敘述，何者正確

19

半導體中的電流僅由主要載子的漂移電流貢獻

5%

電子的漂移電流方向與電洞的漂移電流方向相反

16%

載子遷移率越大，漂移電流越大 ✓

74%

電子的漂移電流大小恰等於電洞的漂移電流大小

5%

Slido 匿名提問

Join at
slido.com
#197 487



有任何問題想問、或對上課有任何建議嗎(不會公開)

1

Participants don't see results

Show results



Anonymous

元件變小後的短通道效應在應用上的優缺點是什麼？

期中、期末紙筆測驗

請見附件二、附件三。

(1)-2 研究分析成果

本研究設計了自評問卷分別於學期初及學期末施測，採五等量表。本門課共有 26 名學生選修，期初回收 21 份問卷，有效卷數率為 80.8%，期中之後因為疫情關係所以改為線上上課，故影響了期末問卷的回收率，期末回收 11 份問卷，期初與期末問卷皆為有效問卷之份數為 11 份，有效卷數率為 42.3%。針對學習成效提升的相關問題，本研究僅使用期初與期末均同時為有效問卷者作為分析樣本，針對其他一般問題，期中與期末的問卷皆納入使用。本研究所分析的問題分類條列如下。

1. 總體修課學生對核心能力/半導體物理專業知識/修課動機自我評測的前測成績平均

值為何?

2. 總體修課學生對核心能力/半導體物理專業知識自我評測的後測成績平均值為何?
3. 總體修課學生對核心能力/半導體物理專業知識自我評測的前後測成績是否有差異?
4. 總體修課學生認為匿名提問對於提升學習成效的助益程度

本研究亦使用期中/期末紙筆測驗評估學生是否具有專業知識的整體性認知與知識應用能力。

前測分析：總體修課學生對核心能力/半導體物理專業知識/修課動機等自我評測的前測成績平均值為何?

本教學研究計畫所定義之核心能力包含：協同合作能力、深入思考能力、應用知識解決問題能力；半導體專業知識則包含：半導體能帶結構、半導體接面與金屬-半導體接面、半導體元件特性；修課動機則包含：對課程內容感興趣、授課時段、授課老師風評、同學/學長姐推薦、對就業有幫助。

- 總體修課學生對核心能力自我評測的前測成績平均值為何?

本題使用平均數分析總體學生對於各項核心能力的自我前測成績是否有差異，分析結果如下表。

核心能力	平均數	標準差
協同合作能力	3.81	0.499
深入思考能力	3.62	0.652
應用知識解決問題能力	3.29	0.700

由此表可發現，大家對於各項核心能力的自我評測結果相當接近，平均值落在 3.29-3.81 之間，其中以「應用知識解決問題能力」的平均值最低，為 3.29，「協同合作能力」的平均值最高，為 3.81。

- 總體修課學生對半導體專業知識的前測成績平均值為何?

本題使用平均數分析總體學生對於半導體專業知識的自我前測成績是否有差異，分析結果如下表。

半導體專業知識	平均數	標準差
半導體能帶結構	2.71	0.933
半導體接面、金屬-半導體接面	2.45	0.897
半導體元件特性	2.08	0.816

由此表可發現，大家對於各項半導體專業知識相關的自我評測結果相當接近且偏低，平均值落在 2.08-2.71 之間，其中以「半導體元件特性」的平均值最低，為 2.08，「半導體能帶結構」的平均值最高，為 2.71。分數偏低的可能原因是半導體元件物理為光電系進入半導體專業領域之基本課程，因此學生在這之前未曾接受過較系統性的半導體物理相關知識，因此自評成績皆較低。此亦可從前測問卷中的半導體專業知識的問題測驗的得分率得到印證，本問題測驗共六題，第 1-2 題與半導體能帶結構有關，得分率為 74.3%；第 3-4 題與半導體接面、金屬-半導體接面有關，得分率降至 51.4%；第 5-6 題與半導體元件特性有關，得分率降至 34.8%。

- 總體修課學生對修課動機的前測成績平均值為何?

本題使用平均數分析總體學生對於修課動機是否有差異，分析結果如下表。

修課動機	平均數	標準差
對課程內容感興趣	4.14	0.773
授課時段	3.10	0.970
授課老師風評	3.38	0.999
同學/學長姐推薦	2.90	1.151
對就業有幫助	3.76	0.750

由此可見學生修習此課程的動機大多為對課程內容感興趣，其次為對就業有幫助，授課時段與同儕是否推薦皆屬於較無關的動機。

後測分析：核心能力/半導體物理專業知識自我評測後測平均值為何？總體修課學生對核心能力/半導體物理專業知識自我評測的後測成績與前測之比較？關於匿名提問的看法？與教師互動之經驗？

- 總體修課學生對核心能力自我評測的後測成績平均值為何？

本題使用平均數分析總體學生對於各項核心能力的自我後測成績，分析結果如下表。

核心能力	平均數	標準差
協同合作能力	4.02	0.513
深入思考能力	4.36	0.547
應用知識解決問題能力	4.39	0.864

平均值落在 4.02-4.39 之間，其中以「應用知識解決問題能力」的平均值最高，為 4.39。

- 總體修課學生對核心能力自我評測的前後測成績差異為何？

本題僅使用期初問卷與期末問卷皆有成功回收之卷數做前後測差異的分析，共分析 11 份，分析結果如下：

核心能力	後測		前測		成對差異
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均值
協同合作能力	4.02	0.513	3.90	0.514	0.08
深入思考能力	4.36	0.547	3.55	0.498	0.81
應用知識解決問題能力	4.39	0.864	3.19	0.833	1.20

由此表可發現，各項核心能力的後測分數平均值皆較前測分數為高，其中又以「應用知識解決問題能力」的提升度最高，提升了 1.20，可能是與課程作業設計、即時單元小測驗的內容有關係；「協同合作能力」此項較無明顯提升，可能與後來課程轉為線上，取消了小組活動，因此學生並未從這門課上得到協同合作之經驗。

- 總體修課學生對半導體專業知識的後測成績平均值為何？

本題使用平均數分析總體學生對於半導體專業知識的自我後測成績，分析結果如下表。

半導體專業知識	平均數	標準差
半導體能帶結構	4.38	0.857
半導體接面、金屬-半導體接面	4.22	0.776
半導體元件特性	4.05	0.816

學生於各項半導體專業知識的後測成績皆很接近，平均值落在 4.05-4.38 之間，而且呈現明

顯的趨勢，針對較為基礎的項目「半導體能帶結構」有較高的自我後測成績，而較為進階與應用的項目「半導體元件特性」則自我後測成績較低。

● 總體修課學生對半導體專業知識自我評測的前後測成績差異為何？

本題僅使用期初問卷與期末問卷皆有成功回收之卷數做前後測差異的分析，共分析 11 份，分析結果如下：

半導體專業知識	後測		前測		成對差異
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均值
半導體能帶結構	4.38	0.857	2.85	0.925	1.53
半導體接面、金屬-半導體接面	4.22	0.776	2.72	0.758	1.50
半導體元件特性	4.05	0.816	2.29	0.908	1.76

由此表可發現，各項半導體專業知識的後測分數平均值皆較前測分數為高，表示學生於半導體元件物理這門課上應有不錯的學習成效，故可以有效提升針對半導體物理的自我後測分數；其中又以「半導體元件特性」的提升度最高，提升了 1.76，可能是因為學生於修習這門課之前對半導體元件的應用知識明顯較為缺乏，因此前測成績較低所造成的影響。

● 總體修課學生認為匿名提問對於提升學習成效的助益程度？

本題使用平均數分析總體學生對於半導體專業知識的自我後測成績，分析結果如下表。

我認為匿名提問有助於...	平均數	標準差
學習半導體元件物理	3.64	0.643
降低學習半導體元件物理的恐懼	4.00	0.739
理解不同的觀念	3.82	0.833
提升我在課堂上的參與度	4.00	0.953
提升我發問的意願	4.00	0.739

學生於匿名提問對學習上的幫助回饋分數皆很接近，平均值落在 3.64-4.00 之間，應屬認為匿名提問對於學習上有一定程度的幫助。

● 其他關於與教授互動及課程互動之題項

本題使用選擇題方式讓學生自由回答關於與教授互動及課程互動的題項，各題項回應如下(回收卷數 11 份)：

我在系上其他工程領域專業課程課堂上跟教師互動的頻率

選項	幾乎沒有	偶爾	時常	非常多
人數	3	6	1	1
比例 (%)	27.3	54.5	9.1	9.1

回答幾乎沒有以及偶爾的學生人數總和大於回收卷數的一半，可見本課堂上的學生在工程領域上的專業課程跟教師互動的頻率還是偏低。

我在其他非工程領域專業課程課堂上跟教師互動的頻率

選項	幾乎沒有	偶爾	時常	非常多
人數	3	7	0	1
比例 (%)	27.3	63.6	0.0	9.1

回答幾乎沒有以及偶爾的學生人數總和大於回收卷數的一半，可見本課堂上的學生在非工程領域上的專業課程跟教師互動的頻率還是偏低。

我在這學期所提出的問題數 (包含當面提問、EMAIL 提問、線上提問、匿名提問等)

選項	0	1-3 題	4-6 題	7 題以上
人數	0	9	1	1
比例 (%)	27.3	63.6	0.0	9.1

學生皆有於本課堂提出過問題，包含回答在其他課程幾乎不會與教師互動的學生們亦有提出過問題，可見匿名提問應對學生提供實時回饋有所助益。

(2) 教師教學反思

由學生的問卷評量與回饋中，可發現匿名提問對於學生的學習成效有助益，除了能提升學生的發問率，促進師生互動，亦可幫助老師即時得到課堂上的回饋。從課堂上的觀察亦明確感受到提供了匿名提問這個管道之後，有助於授課教師得到學生的即時回饋；授課中若能即時得到學生的回饋有助於教師即時修正課程內容，及回答學生學習上的盲點，亦對於教師的課程設計與學生的學習成效有明確的幫助。舉例而言在本學期的課程中，有兩個小節是在學生課後的提問時，我才發現原來學生並不具備相關的先備知識，因此會對課程內容有所誤解，而進一步影響到後續的學習；因此在這兩次的學生提問之後，我得以於下一堂課前提供相關學習資料幫助學生銜接課程難度有落差之處。此外，非常有趣的是除了匿名提問外，本課程中具名的 EMAIL 提問以及來信約 office hour 討論的信件數也增加了，匿名提問對於學生來說，也許只是在剛開始不太認識老師以及較不熟悉課堂狀況時的一個保護方式，但一旦老師遞出橄欖枝(匿名提問工具)後，學生反而因此更敢問問題。

(3) 學生學習回饋

以下為學生質性回饋的內容：

1. 匿名提問對你有幫助嗎？是那些？

因為記憶很差 所以當有新觀念是依據舊觀念所推算出來的 我會很想全都理解一遍 但舊觀念常常忘記 而匿名提問可以讓我不會害羞讀提出教過的問題。

倒也還好，我有問題都直接問了。

有 課堂上可能老師問有沒有問題時 會不敢回答 但能透過匿名提問來發問。

有。上課有問題的時候可以即時傳達，不用等到下課已經忘記要問什麼的時候再問老師。

有 可以少一些問問題的壓力。

由於遠距，所以較看不出成效，但我想這個措施若是在實體課程，是個很棒的措施，可以比較勇於發問。

有些同學可能會在匿名討論區提出很好的問題，幫助我解答共同疑惑，若沒有匿名提問，同學可能會選擇私下請教老師。

本身不是電資院的，所以怕自己問一些沒 sense 的問題。有匿名的話會比較敢問

我都直接找老師的，所以匿名提問對我來說有沒有都沒差 (□▽□)

比較不會害羞

有，可以放心提問

2. 你覺得匿名提問適用於半導體元件課程嗎？為什麼？

因為記憶很差 所以當有新觀念是依據舊觀念所推算出來的 我會很想全都理解一遍 但舊觀念常常忘記 而匿名提問可以讓我不會害羞讀提出教過的問題。

都行。

還行，因為半物內容蠻多都跟觀念有關的，感覺還是比較適合當面詢問。

視問題的特性決定是否適用。感覺有些問題不是文字可以描述出來的，需要透過跟老師直接詢問來理解。匿名提問較適用於同學已了解大部分觀念，只是卡在一個小地方時。

適用，因為這堂課除了推導公式的部分，有很多地方都需要用觀念理解，這時候就很適合提問。

是。我覺得適用於任何課程，若是碰到簡單的問題，不會因為害羞而不敢發問。

適用，因為此課程會不斷使用前幾章節教過的內容，匿名提問不受時間限制，讓同學可以在其他時間自行複習整理後再提出問題。

適合，因為有很多細節在溫習之後會有很多疑問。

任何課程都適用。

特別是針對比較害羞但對可能有一定吸收力的同學~

但也只能針對不太艱澀的計算，畢竟較繁瑣的計算還是面對面教學比較能針對個人的疑問進行提點"

適合，很容易有小問題。

普通，因為這堂課適合公開大家的問題並一起討論。

3. 你覺得匿名提問適用於所有工程領域課程嗎？為什麼？

很適合 因為工程大多會和邏輯上有關 但常常學生會跟不上老師的教課邏輯速度 但因為教授有進度壓力 學生可能會不好意思當面提出問題 所以如果有匿名提問可以讓學生專攻於自己不懂的地方提問。

我覺得可以。

要看該課程是比較著重於計算還是觀念，計算的話就還蠻適合的。

不適用。例如實作課程，老師需實際了解是哪位同學的作品遇到什麼問題才可以依實際狀況解決。

是，對於講解原理的部分會很有幫助。

是。我覺得適用於任何課程，可以不用害羞的去得知想要知道的知識。

應該適用於大部分的工程領域課程，原因同上題。

適合，因為每個人的底子不一樣，也許微積分看不懂，或是物理觀念不足，匿名可以減少發問的恐懼。

適用。

這一點感覺就是因人而異，與 topic 無關。

不一定，有些科目的問題可能口頭比較好表達。

普通，理由同上。

6. 建議與省思

如前所述，授課教師發現於課堂上提供了匿名提問的管道之後，課程中具名的 EMAIL 提問以及來信約 office hour 討論的信件數也增加了。匿名提問對於學生來說，也許只是在剛開始不太認識老師以及較不熟悉課堂狀況時的一個保護方式。匿名提問相當適合個性較為害羞的學生以及老師作為課堂初期的實時回饋工具，當建立起師生間的互動關係後，提問方式可以更有彈性，甚至教師可以試著於現場即時丟出問題，鼓勵學生具名即時互動，增進學生於課堂上的參與度。針對不同學習對象，以及不同授課教師的個性，應皆可以思考如何發展出適合的破冰方式，幫助師生之間拉近距離，保持溝通管道的暢通，應都能增進學生的實時回饋率以及幫助教師針對每堂課上的學生做即時的課程內容調整修正，以有效增進學生的學習成效。

二、參考文獻

1. Bogle, E. (2005). Motivating strategies. In S. L. Tice, N. Jackson, L. M. Lambert, & P. Englot (Eds), *University teaching: A reference guide for graduate students and faculty* (2nd ed.) (pp. 46-56). New York: Syracuse University Press
2. Davis, B. G. (1999). *Tools for teaching*. San Francisco: Jossey-Bass.
3. Hofer, B. K. (2006). Motivation in the college classroom. In W. J. McKeachie, & M. Svinicki (Eds.), *McKeachie's teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers* (12th ed.)(pp. 140-150). Boston: Houghton Mifflin.
4. Kember, D. (2006). *Excellent university teaching*. Hong Kong: Chinese University Press.
5. Newstead, S. E., & Hoskins, S. (2003). Encouraging student motivation. In H. Fry, S. Ketteridge, & S. Marshall (Eds), *A handbook for teaching & Learning in higher education* (2nd ed.) (pp. 62-74). Sterling, VA: Kogan Page.
6. Small, R. V. (2005). About motivation. In S. L. Tice, N. Jackson, L. M. Lambert, & P. Englot (Eds), *University teaching: A reference guide for graduate students and faculty* (2nd ed.) (pp. 30-45). New York: Syracuse University Press.
7. Webb, N. M., & Palinscar, A. S. (1996). Group process in the class room. In D. C. Berliner, & R. C. Calfee (Eds), *Handbook of educational Psychology* (pp. 841-873). New York: Simon & Schuster Macmillan.
8. 張春興(1994)。教育心理學-三化取向的理論與實踐。台北市：東華。
9. 張世忠(1999)。教材教法之實踐-要領、方法、研究。台北市：五南。
10. 鄧宜男(2001)。合作學習在大學課程的應用。通識教育，8，25-59。
11. 汪慧玲、沈佳生(2013)。合作學習教學策略對大專學生之學習成效與學習態度之影響：以兒童發展評量與輔導課程某單元為例。台中教育大學學報，27，57-76。

三、附件

附件一、「半導體元件物理」每周課程規劃

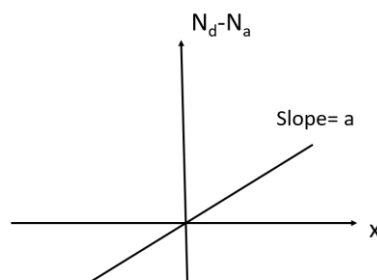
時間	課程內容	課程內活動
第一周	課程介紹、前測資料收集	講授、問卷填答、測驗
第二周	半導體基礎特性、能帶理論	講授、提問與討論、Slido
第三周	半導體中的電子與電洞	講授、提問與討論、Slido
第四周	載子運動	講授、提問與討論、Slido
第五周	載子複合	講授、提問與討論、Slido
第六周	p-n 界面	講授、提問與討論、Slido
第七周	p-n 二極體電壓電流特性	講授、提問與討論、Slido
第八周	金屬-半導體界面	講授、小組活動、提問與討論、Slido
第九周	期中考試	期中考試
第十周	金屬-氧化物-半導體能帶結構	講授、提問與討論、Slido
第十一周	金屬-氧化物-半導體電容	講授、提問與討論、Slido
第十二周	金屬-氧化物-半導體電晶體能帶結構	講授、提問與討論、Slido
第十三周	金屬-氧化物-半導體電晶體操作原理	講授、小組活動、提問與討論、Slido
第十四周	半導體元件製程技術	講授、影片、提問與討論、Slido
第十五周	半導體元件尺寸微縮之挑戰	影片、提問與討論、Slido
第十六周	期末考、後測資料收集	期末考、問卷填答

附件二、期中紙筆測驗題目

- (20%) Ge atoms are doped into InP with a concentration of 10^{15} cm^{-3} . If Ge atoms are fully ionized, and 20% Ge replace In atoms and 80% Ge replace P atoms at $T=300 \text{ K}$. (a) Please calculate the electron and hole concentrations. (b) Determine the position of the Fermi level with respect to E_{Fi} . (For InP at $T=300 \text{ K}$, numbers of atoms in $1 \text{ cm}^3 = 4 \times 10^{22}$; intrinsic carrier concentration $= 1.3 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$)
- (20%) Explain the following items or answer short questions:
 - Fermi-Dirac distribution function
 - Avalanche breakdown in junction diodes
- (20%) The two equations shown below demonstrates the relation between carrier mobility and doping concentration.
 - What is the definition of carrier mobility?
 - Why does the doping concentration affect the carrier mobility?
 - Considering an n-type silicon semiconductor resistor is to be designed so that it carries a current of 5 mA with an applied voltage of 5V. Design a resistor for $N_d = 4 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ to meet the required specification.

$$\mu_p (\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}) = \frac{420}{1 + [(N_a + N_d)/1.6 \times 10^{17}]^{0.7}} + 50 \quad \mu_n (\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}) = \frac{1318}{1 + [(N_a + N_d)/1 \times 10^{17}]^{0.85}} + 92$$

- (20%) Considering a pn junction at $T=300 \text{ K}$ with a doping concentration $N_d - N_a = ax$ as shown below. Please derive expressions for: (a) the electric field distribution, (b) the potential distribution, (c) build-in potential, and (d) the depletion-layer width.

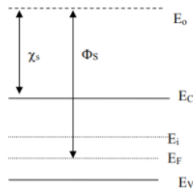


5. (20%) A metal-semiconductor junction is formed between a metal with a work function of 4.3 eV and p-type silicon with an electron affinity of 4.0 eV. The acceptor doping concentration in the silicon is $N_a=5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Assume $T=300 \text{ K}$. (a) Sketch the thermal equilibrium energy-band diagram. (b) Determine the energy barrier (which is also called as Schottky barrier) between the interface. (c) Sketch the energy-band diagram with an applied reverse-biased voltage of $V_r=3 \text{ V}$. (d) Sketch the energy-band diagram with an applied forward-bias voltage of $V_f=0.25 \text{ V}$.

附件三、期末紙筆測驗題目

Q1. (45 %) Considering an MOS capacitor composed of an aluminum metal gate, a SiO₂ insulator, and Si as the semiconductor. The work function of aluminum is 4.1 eV. The oxide thickness is 12 nm. The electron affinity of silicon is 4.05 eV. ($\epsilon_0=8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$, $\epsilon_{\text{Si}}=11.7$, $\epsilon_{\text{SiO}_2}=3.9$). The temperature is 300K. The silicon is uniformly doped with boron so that $\Phi_s=4.9 \text{ eV}$.

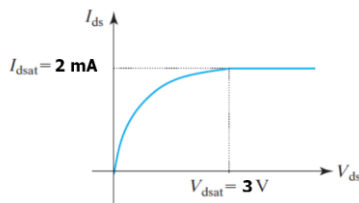
- Is this an NMOS or PMOS capacitor/transistor?
- What is the flat-band voltage?
- What is the threshold voltage?
- Please draw its capacitor-voltage characteristic plot.
- Please draw the energy diagram illustrate the three regions: depletion, accumulation, inversion.
- What is the doping concentration of boron?
- Will the threshold voltage decrease when the MOS is operated under 77K? Why?
- How can we reduce the threshold voltage? Please also illustrate if there is any limitation or trade-offs in your proposed strategies.
- Will the threshold voltage decrease when there are some negative charges trapped in oxide? Why?



The energy band diagram of Si

Q2. (15%) Considering an MOS transistor composed of an aluminum metal gate, a SiO₂ insulator, and Si as the semiconductor, which the parameters of the materials are all same with Q1. (You may or may not need the following information: $m = 1$, $L = 0.5 \mu\text{m}$, $W = 2.5 \mu\text{m}$. Do not consider velocity saturation)

- What is the gate voltage V_{gs} one must apply to obtain the I-V curve?
- What is the surface mobility of the MOS?
- Is the surface mobility obtained in (b) higher or lower than the bulk mobility? Please illustrate some possible reasons.



I-V curve

Q3. (20%) Please clearly illustrate following terms (not only translate) and their effect on MOS transistors. (a) Body effect; (b) velocity saturation; (c) series resistance; (d) velocity overshoot.

Q4. (20%) For an NMOS device with velocity saturation, indicate whether V_{dsat} and I_{dsat} increase, decrease, or remain unchanged when the following device parameters are reduced.

	W	L	T_{ox}	V_t	V_g
V_{dsat}					
I_{dsat}					