

出國報告（出國類別：考察）

參訪南洋理工物理系YiDong Chong 教授實驗室

服務機關：清華大學光電工程研究所

姓名職稱：李政誼,博士後研究員

派赴國家：新加坡

出國期間：2016/04/24-2016/04/29

報告日期：2016/5/17

摘要

南洋理工Nanyang Technological University位於新加坡，是全球頂尖知名學校，QS世界大學排名為全球13名，其國際化程度相當高，校內教授的研究大都為世界級領先。於2015年底聯絡Professor YiDong Chong。YiDong 教授在Metamaterial and optics的研究非常頂尖，不少論文為本人所引用與拜讀研究，如YiDong 教授於2008年提出CPA(coherent perfect absorber)概念,發表於Physical Review Letters 105, 053901 (2010)(Featured in Physics)。這個概念的有趣之處在於對於散射體而言，達到全面吸收體（有如天文黑洞）是可能的（一種reversal of laser概念），而這種狀態的Eigen-state是以gain和loss成對出現在複變頻率空間，對於其能源應用與對深刻認識散射理論都很重要。本人的博士研究探討散射體的散射極限，相當關切此議題，之前所發表在Phys. Rev. B 89, 155425 (2014)，並被MIT Technology Review所報導。

近年，YiDong 教授關切光學上如何達到光學拓撲絕緣體的研究，也就是該E M場能夠在表面上以one way傳播，而內部的場卻會以絕緣特性呈現導致forbid wave propagating。其研究成果發表於Physical Review Letters 110, 203904 (2013)，可見其重要性。儘管此議題原先為quantum hall effect廣泛在condense matter physics研究，但臺灣學者在光學研究上幾乎是付之闕如，因此，本人期望能夠過此一交流能對這課題有所認識，進而有機會從事該研究。

目次

壹、目的.....	4
貳、過程.....	5
參、心得與建議.....	7
一、心得：.....	7
二、建議：.....	8
肆、附錄.....	9
一、附件 1	9
二、附件 2	10
三、附件 3	11
四、活動照片	11

壹、目的

於 2015 年底聯絡 Nanyang Technological University 物理系 Professor YiDong Chong, 期望能有交流訪問的機會。YiDong 教授也很快回覆，允諾給與安排住宿財務支援，並建議我給予 seminar talk 以期交流研究心得。早期，YiDong 教授研究 CPA(coherent perfect absorber)，到近期研究光學領域的拓撲絕緣體，這是相當新穎且重要的研究，近年，不少從事 metamaterial 的學者也開始研究這類的議題，並應用該概念到其他領域上，如 metasurface。光學拓撲體 photonic topology 的主要特性是能讓 E M 場只沿著表面傳播，稱為 edge state，而內部呈現 forbidden propagated state，而且這樣的光場狀態可承受相當擾動和雜質影響。這類的議題在凝態物理相當火紅，並且已經發現在某些半導體物質上實驗證據。更有學者認為該研究會是下一個諾貝爾獎的領域。本人在博士班期間拜讀與引用 YiDong 老師的研究，很早就期盼有機會參訪實驗室，並希望有機會學習 photonic topology。YiDong 老師於大學時期就出國了，其求學背景相當令人印象深刻，大學為 Stanford University 主修物理、物理與電腦工程三主修，碩士與博士在 MIT 主修物理（其指導教授為 Marin Soljačić），博後在 Yale University。YiDong 老師在研究領域上也相當多元且重要，從早期的 quantum hall effect、quantum optics、EM metamaterial 到近期的 photonic topology 等。

貳、過程

於 4/24 前往新加坡，並入住他們所安排的 NTU 會館，由 YiDong 實驗室所 financial support。4/25 星期一早上與 YiDong 教授見面並參訪他們實驗室，該實驗室目前有兩位博後，四位研究助理，大家的能力與實力都剖為堅強。目前他們的研究領域有 PT 對稱、metasurface、photonic topology 等。YiDong 老師有讀過我們所發表的論文，對於如何定義散射相位、Goss Hanchen phase shift 在 curve space 上給予看法，對於往後的研究有非常的幫助。本人所關切的 photonic topology，YiDong 也花一個早上時間來說明如何進行計算；他以 Physical Review Letters 110, 203904 (2013)所發表的為例，首先要先了解 berry phase (berry curvature)的定義在 momentum space 計算，這方面的知識也與量子系統的動力學相關，然後再進行計算 Chern Number。對於二維散射原件體(photonic device)可寫成二維的 general scattering matrix(也就是先不假設有 time reversal、conservation of energy flux)透過 Bloch theorem 可求得 energy band gap，然後透過 chern number 可計算該 band state 的性質；若是該數值為零，既為 trivial photonic topology。要能夠產生 photonic topology nontrivial state 需要 time reversal breaking。這類的技巧在引入一個有如 vortex circulation 於二維散射原件體(photonic device)上。因此，chern number 將會有不同的結果，可產生 nontrivial state。儘管上述的結果為 bulk media 上，接著將塊材 truncate，透過適當的 boundary condition 就可以造成 one-way edge state with backscattering free,一種 edge state 的傳播現象，而其內物質則呈現 insulator，顧其名 topological insulator。這類現象不同於超導體這類相當敏感的物質，Topological insulator 的狀態就算有相當的 defect 也能夠維持其特性！因此，在凝態物理上，實驗學家極於找尋如何合成這類物質，期盼能有實際的應用！

此外也與該實驗室同學學習 Graphene 對於自旋電子的完整散射模型，討論 spin-orbital coupling 對散射的結果，以及 Skew scattering，對於 different spin state

會有 select 機制。另外，也與同學交換 PT 對稱的看法，我們討論如何在一般一維光學系統推導動力學 Paraxial dynamics 具有 PT 特性的研究。此外，YiDong 教授也教導 Berry phase 和其物理，在量子系統中，即便任何開放系統作用到還原其最初的環境，其波函數本身會有一個 berry phase 於內，典型的例子為 Aharonov–Bohm effect。

參、心得與建議

一、心得：

YiDong Chong 教授的英文相當道地，因此要了解他的問題不會太難，當然要回答問題本身是剖難。對於散射理論，YiDong 相當了解，因此問了許多相當不好回答的問題。此外，校園相當大，約是清大四倍大。吃住都很方便。校園相當國際化，英文是共通語言。該校學生普遍都很認真，而且相當國際化，在交流這段期間，大都會在他們實驗室與他們討論物理，看的出他們下了相當的功夫在研究上。實驗室的同學不少來自對岸，他們都是極有良好程度與認真研究的。由於此次的交流有部分是由 NTU financial support(住宿上)，因此需要給予演講，後來也認識變換光學的老師：張百樂教授 Zhang Baile，張老師本身從事變換光學實驗研究，有不少重量級的論文成果，對於變換光學的研究未來，剖有一番見解。對於我們日前發表於 Phys. Rev. B 89, 155425 (2014)，主要討論在於量子相位問題，張老師認為我們的研究缺少探討此一問題。但也由於我們的量子隱形斗篷並非是完美的，這問題我們並沒有深入研究。但是對於往後該方面的研究議題有相當大的幫助。儘管在 NTU 只有五天，但是每天早上我會與 YiDong 老師討論物理，下午在去實驗是與同學討論如何計算問題，每天的求學都相當充實，勝過一年讀書的量，使得這五天感覺如是留學三個月。這五天也學習到他們求知的過程，他們會先從 google scholar 找尋題材，在與 YiDong 老師討論。並且他們都會以 latex 整理其發現與研究過程。當有了適當的問題，自然研究上就會容易許多。

二、 建議：

也由於這段體會，回來要好好更加用功在研究上才行。出國參訪有助於了解頂尖實驗室的研究課題與研究態度和如何找尋問題。期望未來能有更多機會前往頂尖大學參訪，交換心得並且讓自己往後更加努力在研究上。藉由此一機會也能認識外國的學者和朋友，也或許未來能有一起合作研究的機會。

另外，本人也對他們在學術交流的財務申請流程作業剖為驚訝，如本人的住宿財務支援，只要影印我的護照即可，並不需要填寫任何表格。

肆、附錄

一、附件 1

邀請函 From Professor YiDong Chong

Dec 22, 2015

Dr. Jeng Yi Lee
No. 101, Section 2, Kuang-Fu Road,
Hsinchu, Taiwan 30013, R.O.C.

Dear Dr. Lee:

I would like to formally invite you to come to Nanyang Technological University (NTU) for a scientific visit and collaboration. This visit will be from 24 April 2016 to 28 April 2016, and it will be for the purpose of collaborating on the theory of metamaterials and related topics in optics and photonics. My research group will reimburse you for 5 nights stay at the Nanyang Executive Centre (NEC).

Yours sincerely,



Nanyang Assistant Professor
Chong Yidong
yidong@ntu.edu.sg
NTU, Singapore

二、附件 2

給 N T U 物理系演講公告



PAP Seminar Announcement

Universal Phase diagram for passive electromagnetic/quantum scatterers and hiding the interior region of core-shell Quantum particles with invisible cloaks

By

Dr. Jeng Yi Lee

Institute of Photonics Technologies, National Tsing-Hua University, Hsinchu 300, Taiwan

Date: 28 April 2016, Thursday
Time: 3pm – 4pm
Venue: MAS Executive Classroom 1 (MAS-03-06)
Host: Asst Prof Chong Yidong

Abstract

Following the exciting development of electromagnetic metamaterials, the problem of designing functional subwavelength-devices has attracted much recent attention. Invisible cloaks, compact resonators, coherent perfect absorbers, superscatterers and superabsorbers have been theoretically proposed. All of them are constructed with isotropic and homogeneous multi-layered structures.

In the first part of this talk, a phase diagram for electromagnetic scatterers is introduced based on the competitions among absorption and scattering cross sections. It can display all allowable solutions and physical boundaries for scattering coefficients regardless of any structures and materials. The characteristic eigen-solutions for anomalous scatterers reported in the present literatures is clearly illustrated in the phase diagram. A new Inverse design method is also presented for designing light interactions with particles.

In the second part, we introduce an alternative method to achieve a quantum invisible cloak and create a hidden region by core-shell structures only, which is totally different from the transformation method. Based on the scattering cancellation method, we introduce concepts of Goos-Hanchen phase shift and management of conservation of probability flux flow into the shell layer by tuning the effective mass and potential in the shell. In this way, any materials embedded in the hidden region will not modify the scattering cross section, allowing this special isotropic-multi-layered quantum scatterer to have invisibility and cloaking simultaneously. Our methodology can be applied in other fields, such as electromagnetic and acoustic systems, etc.

Short Biography

Jeng Yi Lee received the B.S. degree in Mechanical engineering and physics from National Cheng Kung University, Taiwan, in 2006, the M.S. degree in physics from National Central University, in 2009 and the Ph.D. degree in Institute of photonics technologies from National Tsing Hua University in 2015. After finishing a master degree, he served as the integration process engineer in Taiwan semiconductor manufacturing company. In the period of Ph.D., under supervisor of Professor Ray-Kuang Lee, he studied enhanced photocatalytic activity on nanoparticles, invisible cloaking by different approaches and designed anomalous scattering structures. Currently, he becomes a postdoctoral at National Tsing Hua University. His research interests include quantum and classical electromagnetic scattering theory, invisible cloaking on semiconductor/electromagnetic devices, solar energy harvesting issue, multiple scattering and simple PT system.

SCHOOL OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES
DIVISION OF PHYSICS AND APPLIED PHYSICS
SPMS-PAP-02-01, 21 NANYANG LINK, SINGAPORE 637371
Tel: (65) 6316 2962 Fax: (65) 6795 7981

二、附件 3

給 N T U 會館住宿證明



Nanyang Executive Centre

Attention : Yi Lee Jeng
Company : SPMS
From : Sei Nambu

Fax :
Tel :
Email :
Date : 26-JAN-16

Thank you for choosing Nanyang Executive Centre as your preferred choice of accommodation. We are pleased to confirm the following reservation:

Guest Name : Yi Lee Jeng
Confirmation No. : 103693
Arrival Date : 24-04-16
Departure Date : 29-04-16

(The check-in time is after 2pm and check-out time is before 12 noon)

Rooms/Room Type : 1 / STD
Persons(Adult/Child) : 1 / 0
Daily Rate per Room : SGD 144.00 per night (10% off the publish rate of \$ 160 with complimentary breakfast daily)

Please be informed that we have airport transfer services available from any airport terminals in Singapore to the Nanyang Executive Centre, and vice versa. Please contact NEC for the arrangement and applicable charges 3 days in advance to the arrival date.

(Rates are subject to 10% Service Charge and 7% Goods and Services Tax, where applicable).

三、活動照片



