

理學院量子資訊研究中心成果展

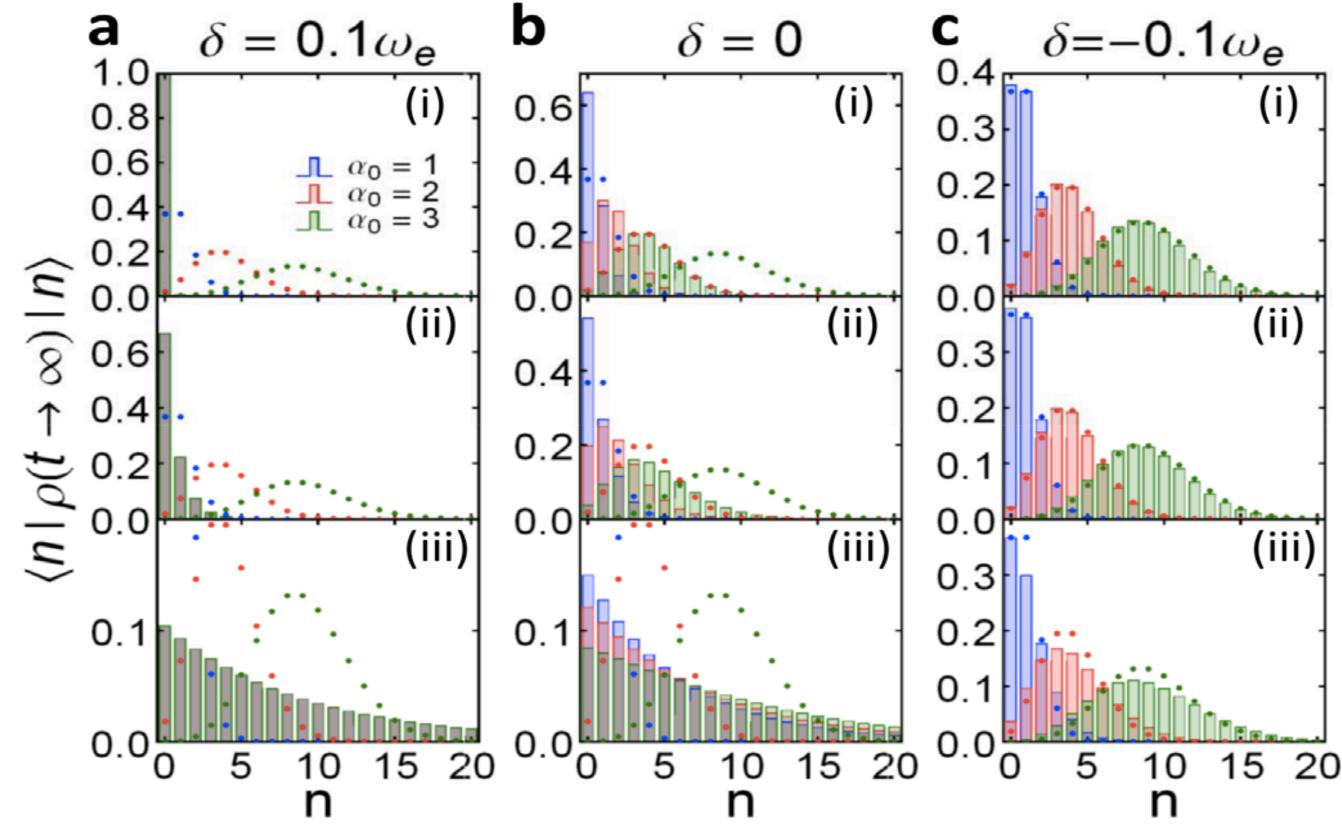
Department of Physics and Center for Quantum Information Science, National Cheng Kung University, Tainan 70101, Taiwan

1.光子晶體中玻色-愛因斯坦統計分佈的崩壞—(羅炳蒝,熊恒娜, 張為民*,國立成功大學物理系及理學院量子資訊研究中心)

光子晶體中的光子能隙(PBG)結構與其色散性質激起了人們對光子晶體的基礎研究與科技發展,其中又以由光子能隙引起的原子自發輻射抑制與光的局域性(localization of light)最為重要。這開啟了光子資訊科技中對光子操作元件的研究。應用上,探討有限溫度下光子的量子動力學對於光子晶體中由微波頻段的光腔與波導組成的全光學網路(all-optical circuit)的發展是非常重要的。

我們探討在有限溫度下的微腔光子學(micro/nano cavity photonics)。 我們發現由於光子能隙所引起的定域態(Localized state)長效非馬可夫 效應(PBG-induced localized long-lived non-Markovian photon dynamics) 導致光子晶體空腔中的光子不遵守玻色一愛因斯坦統計分佈。當光腔 頻率調控在光子能隙(PBG)內或靠近光子能帶邊緣(PBE)時,光腔中的 光子在經過非馬可夫耗散與熱漲落過程演變而成的量子態可以部份或 全部保留初始光腔量子態訊息(initial cavity state information),因而導 致玻色一愛因斯坦統計分佈的崩壞(breakdown)。即便在熱擾動能量 (photonic thermal energy)大過光腔的失諧能(cavity detuning energy)的 情况下也是如此。這個結果在各種光子晶體的光子能隙(PBG)結構中 都是成立的。在一維與二維光子晶體中,光腔的玻色一愛因斯坦統計 分佈的崩壞隨著光腔頻率的變化呈現漸變(crossover)的特性,而在非 与向性三維光子晶體(3D PCs with an anisotropic DOS)中則是呈現出瞬 變(critical transition)。不論這個崩壞的特性是漸變或瞬變,都是由光 子能隙造成的光局域(localization of photons)特性所引起的,因此這個 現象具普適性,在其它具有光子能隙結構的奈米材料中也可以觀察到。

♦ 不同初始相干態與失諧量(δ)下的穩態光子統計分佈:



Reference: P. Y. Lo, H. N. Xiong and Wei-Min Zhang*, Scientific Reports, Vol. 5, 9423 (2015), http://www.nature.com/articles/srep09423.

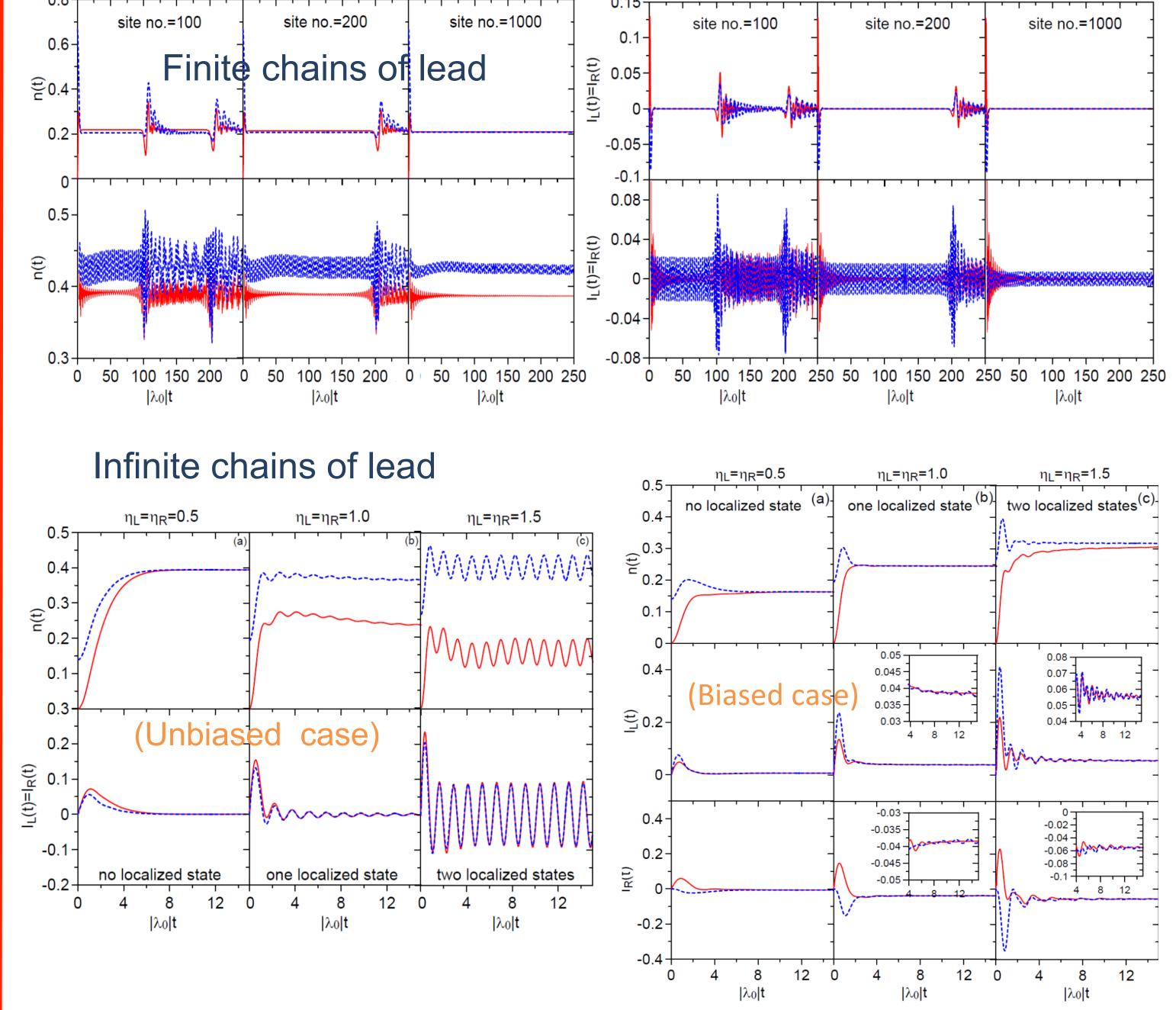
Ⅲ.量子至古典變遷的非馬爾可夫複雜性研究—(熊恒娜¹,羅炳蒝¹,張為民¹*,馮達旋²,Franco Nori³,¹國立成功大學物理系及理學院量子資訊研究中心,²澳門大學全球事務處,³日本理化研究所)

量子至古典變遷是由環境導致的退相干所引起的,它描述一個物 理系統如何由量子動力學演化過渡到古典統計力學所描述的範疇。以 往量子至古典變遷主要都是透過無記憶效應(馬爾可夫過程)的近似量 子演化來描述。在這裡,我們探討在非馬爾可夫(Non-Markovian)演化 過程中量子至古典變遷。我們的研究結果顯示: 一個開放量子系統在 受環境的影響下,任意給定的初始態最終演化到以下四種不同的量子 態:熱平衡態、類熱平衡態、量子穩態及量子持續振盪態, 我們發現物理系統在馬可夫(或弱非馬爾可夫)環境的影響下其量子熊 最終會趨向熱平衡態(或類熱平衡態)。在這個情况下系統最終將失去 它初始態中所含有的所有量子相干性,因而一如預期的導致量子至古 典變遷。然而,當物理系統處在強非馬爾可夫環境中,由於非馬爾可 夫的記憶效應,系統初態的量子相干性可以被部份或全部保留下來, 使系統演化至量子穩態或量子持續振蕩態而不發生量子至古典變遷。 這為量子元件的量子相干性操控帶來了新的特性。換句話說,量子元 件可以藉由其局域模式來維持它的量子振盪效應,而不會與其環境達 成熱平衡。由於被保留下來的量子振蕩並不會有量子退相干的效應, 這些新的特性將能為未來量子科技的發展開創新的道路。

Ⅱ.初態關聯效應對奈米電子元件裡電子的傳輸的影響—(楊珮芸, 林傳宇, 張為民*, 國立成功大學物理系及理學院量子資訊研究中心)

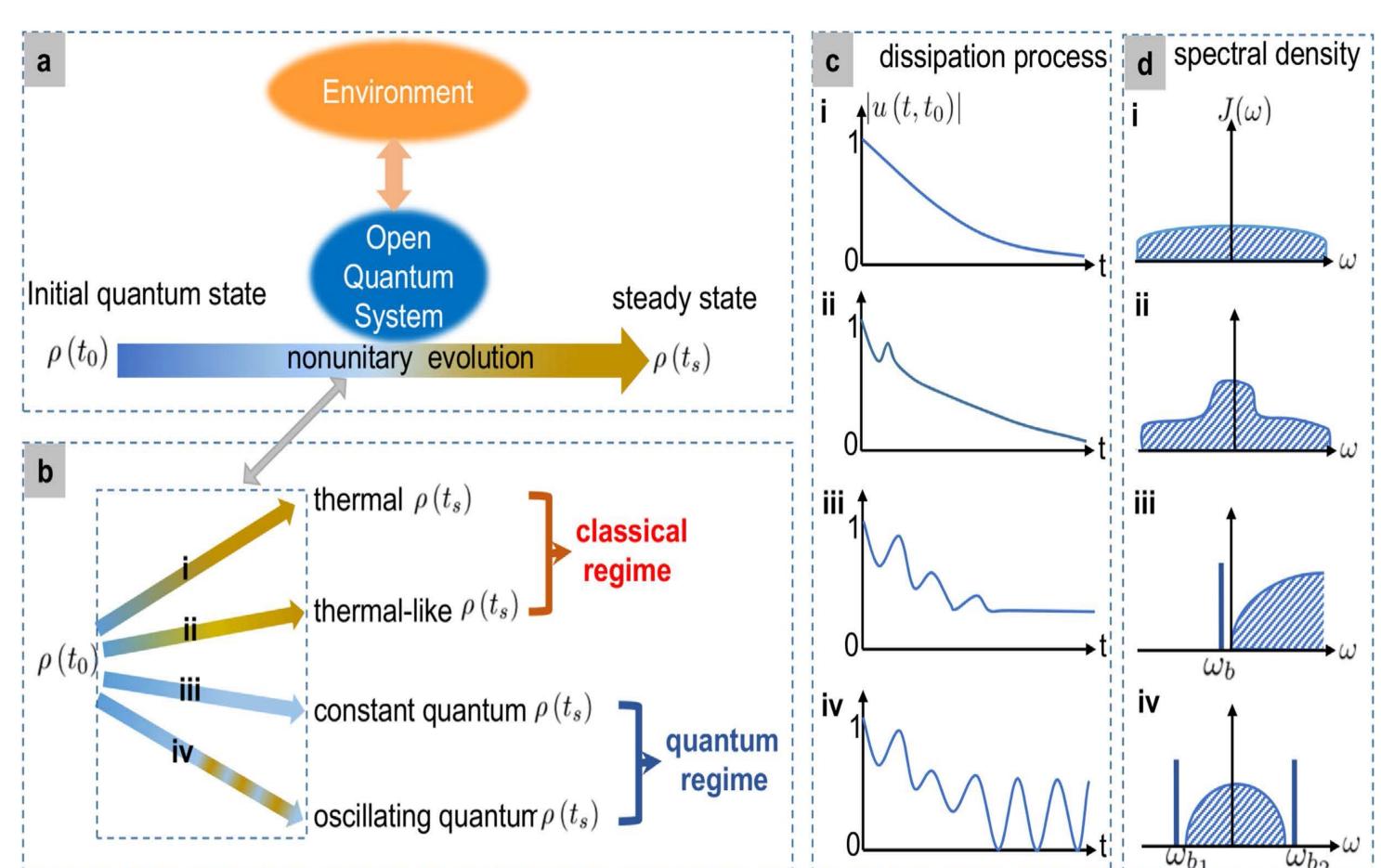
奈米量子元件中的初態關聯效應對電子傳輸的影響是一個存在已 久的問題。過去對於量子傳輸的研究主要侷限在穩態極限,因此初態 關聯效應並不重要。近年來實驗的進步使得我們可以觀察電子在奈米 元件裡的瞬時傳輸現象,研究初態關聯效應對電子傳輸的影響顯得更 為迫切。本文利用我們近幾年發展的奈米元件之非平衡態理論,試圖 能對這問題有所貢獻。

我們利用推廣的量子郎之萬方程(Quantum Langevin Equation)[3],導出了嚴格的能描述含量子初態關聯的非平衡態動力學及瞬時量子輸運的主方程(Master equation). 我們發現初態關聯效應只會影響開放系統的漲落現象(Fluctuation)而耗散現象(Dissipation)則和系統初態無關。藉由觀察系統的電子佔據數和奈米元件的瞬時傳輸電流我們發現初態關聯效應對瞬時傳輸的影響極大,而當系統有定域束縛態(Localized Bound States)存在時,即便在穩態時初態關聯效應也不可忽略。我們更進一步發現,當系統存在定域束縛態時,系統和環境無法達到平衡態,初態關聯效應對奈米元件的電子傳輸影響最大。



Reference: P. Y. Yang, C. Y. Lin, and W. M. Zhang, Phys. Rev. B **92**, 165403 (2015), http://journals.aps.org/prb/pdf/10.1103/PhysRevB.92.165403.

◇ 量子至古典變遷的各種形態:



Reference: H. N. Xiong, P. Y. Lo, and Wei-Min Zhang*, D. H. Feng, and F. Nori, , Scientific Reports, Vol. 5, 13353 (2015), http://www.nature.com/articles/srep13353.