

Quantum Correlations in Semiconductor Photonic Chips

Candidate: **Saverio Francesconi** (saverio.francesconi@stud.unifi.it)

Advisor: **Prof. Francesco Marin** (francesco.marin@unifi.it)

Co-advisor: **Prof.ssa Sara Ducci** (sara.ducci@univ-paris-diderot.fr)

Photonic technologies are playing a key role in the development of quantum information applications. In particular, photonic circuits, where several optical components are integrated in the same device, open the way to the realization of an optical quantum computer. In this context, semiconductor photon pair sources, thanks to their compactness, room temperature operation and optoelectronic properties offer a huge potential for the realization of quantum photonic chips.

The work of this thesis has been carried out at "Université Paris Diderot" in the team QITe and it is focused on the study of a semiconductor photon pair source made of AlGaAs, exploiting Spontaneous Parametric Down Conversion (SPDC). Based on a counterpropagating phase-matching scheme, the device is transversally pumped and emits guided telecom photons travelling in opposite directions. This geometry renders the device very versatile for frequency correlations engineering through the properties of the pump beam.

Among all the possible degrees of freedom carried by the photons, we have focused on the frequency correlations between the photons of the pair. The presence of this kind of correlations can be, either a richness or an issue, depending on the considered application. Therefore, a complete control of them is highly desirable.

In the first chapter we give a complete description of the processes undergoing in the source, first from a classical point of view and then from the quantum one. We introduce the Joint Spectral Amplitude (JSA) of the biphoton state, linking the frequency correlations with the pump beam characteristics. This allows to identify the beam size as a first means to engineer the frequency correlations, producing in particular uncorrelated, correlated or anti-correlated frequency states.

In particular, the possibility of generating frequency uncorrelated states opens the way to the use of the source as heralded single photon emitter. Moreover, aiming to the realization of photonic circuits, the source has been integrated with a 50:50 beam splitter. In the second chapter, performing an "integrated Hanbury-Brown and Twiss experiment", we measure the second-order auto correlation function ($g^{(2)}(0)$), whose value characterizes the quality of the device as single photon emitter. Introducing the Schmidt mode decomposition, we analyse the frequency correlations and their effects on the value $g^{(2)}(0)$.

In the third chapter we explore the possibility to engineer frequency correlations via the phase properties of the pump beam. Our numerical simulations show how a simple phase modulation leads to highly correlated frequency states. Finally, we detail the experimental setup we have developed to simultaneously shape intensity and phase of the pump beam, using a Spatial Light Modulator, in order to demonstrate frequency correlation engineering with our devices.

Correlazioni Quantistiche in Chip Fotonici a Semiconduttore

Candidato: **Saverio Francesconi** (saverio.francesconi@stud.unifi.it)

Relatore: **Prof. Francesco Marin** (francesco.marin@unifi.it)

Correlatore: **Prof.ssa Sara Ducci** (sara.ducci@univ-paris-diderot.fr)

Le tecnologie fotoniche stanno avendo negli ultimi anni un ruolo chiave nello sviluppo dell'informazione quantistica e delle sue applicazioni. In particolare, i chip fotonici, dove diversi componenti ottici sono integrati nello stesso dispositivo, sono un primo passo verso lo sviluppo del computer quantistico ottico. In questo contesto, le sorgenti di fotoni realizzate con materiali semiconduttori offrono grandi potenzialità, soprattutto grazie alla loro compattezza, funzionamento a temperatura ambiente e proprietà elettro-ottiche.

Il lavoro di questa tesi, realizzato all'"Université Paris Diderot" nel gruppo QITE, riguarda lo studio di una sorgente di coppie di fotoni costituita di AlGaAs che sfrutta il processo di *Spontaneous Parametric Down Conversion*. La sorgente, basata su uno schema di *phase-matching* contropropagante, è pompata trasversalmente ed emette fotoni che viaggiano in direzioni opposte. Questa geometria rende il dispositivo versatile per realizzare ingegneria delle correlazioni in frequenza, attraverso le proprietà del fascio di pompa. Tra tutti i gradi di libertà dei fotoni, questo lavoro è focalizzato sulle loro correlazioni in frequenza, perché nelle applicazioni dell'informazione quantistica un loro completo controllo è altamente auspicabile.

Nel primo capitolo viene data una descrizione completa del processo che avviene nella sorgente, sia da un punto di vista classico che da un punto di vista quantistico. Introducendo la *Joint Spectral Amplitude* (JSA) dello stato di bi-fotone, si illustra come le proprietà spaziali del fascio di pompa possano essere usate per controllare le correlazioni in frequenza dei fotoni. In particolare, attraverso simulazioni numeriche, viene mostrato come è possibile produrre stati in frequenza correlati, non correlati oppure anti-correlati.

La possibilità di produrre stati non correlati permette l'utilizzo della sorgente come emettitore di fotoni singoli annunciati e le sue caratteristiche sono testate utilizzando un dispositivo dove la sorgente è integrata con un *beam splitter* 50:50. Infatti, attraverso un esperimento di "Hanbury-Brown e Twiss" direttamente integrato, viene misurata la funzione di correlazione del secondo ordine $g^{(2)}(0)$, il cui valore riflette la purezza dello stato quantistico emesso. Infine, introducendo la decomposizione della JSA in modi di Schmidt, sono analizzate le correlazioni in frequenza e i loro effetti sulla $g^{(2)}(0)$.

Nel terzo capitolo è esplorata la possibilità di effettuare ingegneria delle correlazioni in frequenza attraverso la fase del fascio di pompa. Con l'utilizzo di simulazioni numeriche viene mostrato come la semplice introduzione di uno sfasamento di π conduca a stati in frequenza altamente correlati. Per poter generare sperimentalmente questo tipo di stati in frequenza con la nostra sorgente, è stato sviluppato un setup che ci permette di mettere in forma contemporaneamente intensità e fase del fascio di pompa, utilizzando uno *Spatial Light Modulator*.

Questionario di valutazione del percorso formativo per laureandi

Leggi con attenzione tutte le seguenti istruzioni.
Rispondi alle domande con molta attenzione premendo il tasto "Prova adesso a rispondere al quiz".

Quando hai finito di rispondere a tutte le domande

1. premi il pulsante in fondo alla pagina "Invia tutto e termina"
2. stampa la schermata successiva come attestato di compilazione del questionario e trasmettila al Presidente del tuo Corso di Studi via posta elettronica.

Quiz disponibile: mercoledì, 27 maggio 2015, 12:00

Chiusura: lunedì, 27 maggio 2019, 12:00

Riepilogo dei tuoi tentativi

Tentativo	Completato
1	domenica, 4 giugno 2017, 10:23

Non sono permessi ulteriori tentativi

[Continua](#)

unifi elearning

Sei collegato come SAVERIO FRANCESCONI (Esco)

© Progettazione e realizzazione piattaforme MOODLE in Unifi: SIAF - Servizio E-Learning e Formazione