

נושא הפרויקט: פרויקט בתקשורת קוונטית

הפרויקט יילקח במסגרת הקורס: פרויקט בתקשורת מחשבים

מספר הקורס: 236340

[הערה: לחילופין ניתן לקחת את הפרויקט במסגרת הפקולטה להנדסת חשמל –
למשל כ-פרויקט א' (044167)]

מרצה:	ד"ר ט. מור (מדעי המחשב) פרופ' מ. אורנשטיין (הנדסת חשמל)
אחראי פרויקט:	ד"ר מתי כץ mattyk@cs
דרישות קדם:	מבוא לעיבוד אינפורמציה קוונטית עדיפות תינתן לסטודנטים שלמדו/לומדים חלק מהקורסים הבאים אופטיקה/גלים ומערכות מפולגות/אלקטרו-אופטיקה סמינר בעיבוד אינפורמציה קוונטית מעבדה בהנדסת חשמל 1 / 1ח'
אתר המעבדה: (כתובת האתר)	http://www.cs.technion.ac.il/~qip-lab/optical.html

תיאור הקורס: פרויקט בתקשורת קוונטית

לפני כשני עשורים הוצע פרוטוקול ראשון להצפנה קוונטית הידוע בשם BB84 (Bennett-Brassard, 1984) ובעקבותיו אף הועלו הצעות רבות אחרות. פרוטוקול זה מבוסס למשל על קידוד של ביטים קוונטיים בעזרת מצבי קיטוב בשני בסיסים. בטיחות השידור מבוססת על כך שעל פי תורת הקוונטים לא ניתן לשכפל ביט קוונטי. במקביל הוצעו שימושים שונים לפרוטוקולים של תקשורת קוונטית המתבססים על שזירות שבין הפוטונים. בפרויקט זה נמשש מערכת בסיסית להצפנה קוונטית שתוכל גם להוות בסיס למערכת לתקשורת קוונטית. בכדי ליישם פרוטוקולים קוונטיים להצפנה ולתקשורת יש צורך במקורות אור של פוטונים בודדים, וכן בגלאים רגישים המסוגלים לגלות את הפוטונים הללו. בפרויקט המוצע תשתלבנה מספר קבוצות של סטודנטים אשר תפתחנה את אבני הבניין הדרושים להקמת מערכת שכזו.

בכדי לייצר פוטונים בודדים נשתמש בגבישים לא ליניאריים. השימוש בגבישים לא ליניאריים בכדי לשנות, להכפיל ולחלק אורכי גל ידוע זה זמן רב ומצא את מקומו בענפים רבים של תחום האלקטרו-אופטיקה. לאחרונה נמצא כי למקור פוטונים בודדים שנוצר בעזרת תהליך לא ליניארי יתרונות משמעותיים על פני הצעות אחרות. תהליך זה נקרא (Parametric Down Conversion- PDC) ובו קרן לייזר באורך גל משמשת ליצירת שני פוטונים באורכי גל 2, או במקרה הכללי יותר ליצירת שני פוטונים בעלי אורכי גל שונים 1, 2) תוך כדי שימור התנע והאנרגיה. לצרכים שלנו חשוב לייצר שני אורכי גל שונים: פוטון באור הנראה, תחום בו ישנם גלאים איכותיים, ופוטון באינפרא-אדום, תחום בו הפוטון יכול לנוע למרחק רב בסיב אופטי או באוויר.

בשנים האחרונות חלה התפתחות טכנולוגית מרשימה שמאפשרת גלוי של פוטונים בודדים בסיכוי גבוה. גלאים אלו משמשים בתחומים מגוונים ובהם: ספקטרוסקופיה, תקשורת אופטית, ולאחרונה אף להצפנה קוונטית. קיימים שני סוגים עיקריים של גלאים העשויים להתאים לרגישות הגילוי הנדרשת: מכפילי פוטונים (photomultiplier) וכן דיודות מפולת (Avalanche photon diode, APD). אנו נתרכז באפיון של גלאי APD מסוג InGaAs בתחום אורכי הגל של 1300, 1500 nm. בכדי להשיג את הרגישות הנדרשת יש להפעיל את הגלאי כמונה גייגר, זאת אומרת, במתחים הגבוהים מנקודת השבירה שלו (Breakdown), וכן לייצבו בטמפרטורה אופטימאלית.

אתגר נוסף החשוב למערכת ההצפנה/התקשורת הקוונטית הוא לגלות את המספר המדויק של פוטונים שפגעו בגלאי. נבנה מערכת גילוי אשר תדע להבחין בסיכוי גבוה בין מצב שבו פגע פוטון אחד בגלאי לבין מצב שבו פגעו שני פוטונים ועל ידי כך להבטיח כי מערכת ההצפנה תהיה חסינה יותר.

הפרויקט הכולל יכלול את המשימות הבאות:

1. הקמת מערך אופטי לתהליך ה-PDC ולמדידת שני פוטונים באורכי גל זהים ואחר-כך, באורכי גל שונים.
2. תכנון מונחה ופתוח של מעגל אלקטרוני מתאים להפעלת גלאי InGaAs כמונה גייגר. הקמת מערך ניסיוני למציאת נקודות מתח וטמפרטורה אופטימאליות של הגלאי.
3. מימוש מערכת לספירת פוטונים בודדים.
4. הקמת מערכת תקשורת קוונטית להעברת מפתח קוונטי מוצפן.

דרישות הקורס

כל סטודנט או זוג סטודנטים יבצע לפחות את אחת מהמשימות הנ"ל.