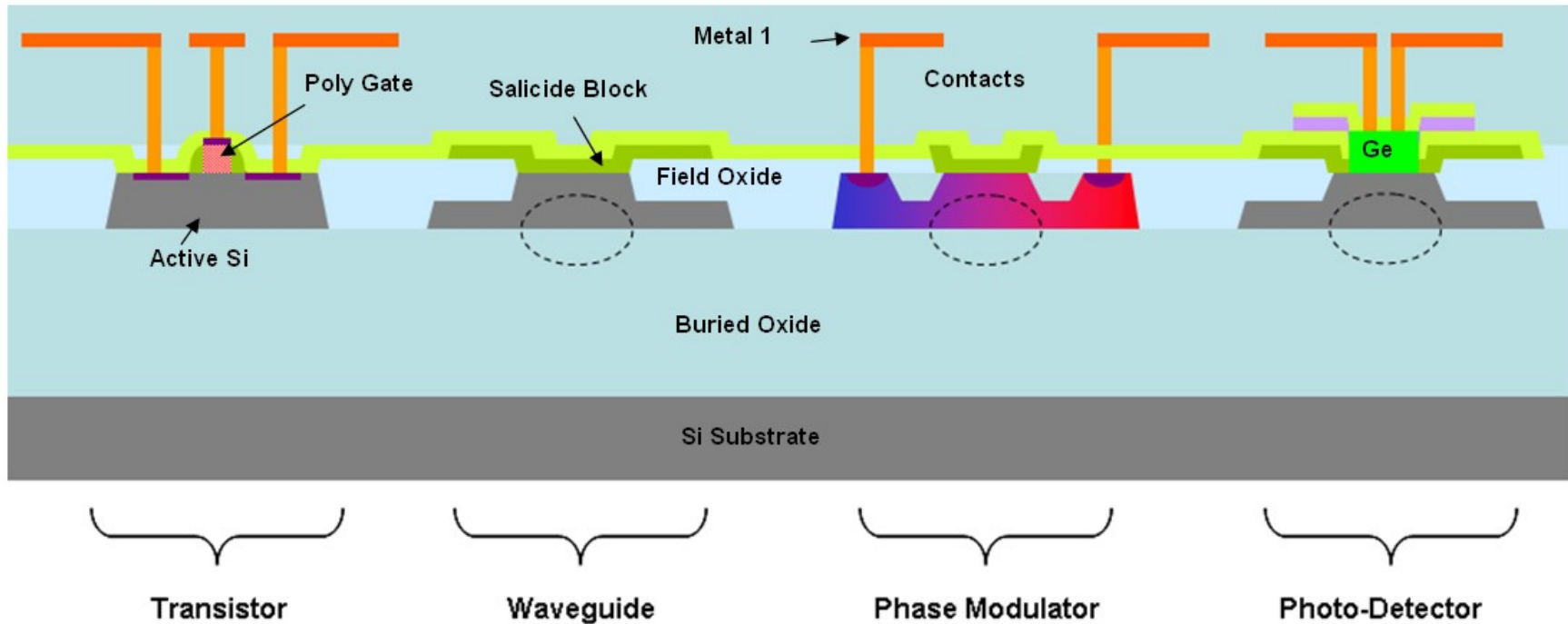


# QUICHE

## QUantum Integrated CHip Experiment

- RN: A. Salamon (INFN RM2)
- Sezioni : RM2 (2.90 FTE), MI (1.05 FTE), Camerino-PG (0.60 FTE), Salerno-NA (0.60 FTE)
- Durata: 1 anno (sigla esplorativa in vista di un progetto piu` ambizioso)
- Scopo del progetto:
  - disegno e simulazione (senza produzione) di circuiti integrati per applicazioni di quantum computing basati su guide d'onda in tecnologia Silicon On Insulator a 1550 nm (RM2-MI)
  - test di semplici dispositivi a “componenti discreti” in fibra a 1550 nm su banco ottico (RM2-PG)
  - caratterizzazione e test a 1550 nm di un APD (Avalanche Photo Diode) con giunzione Si-Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> (RM2-NA)

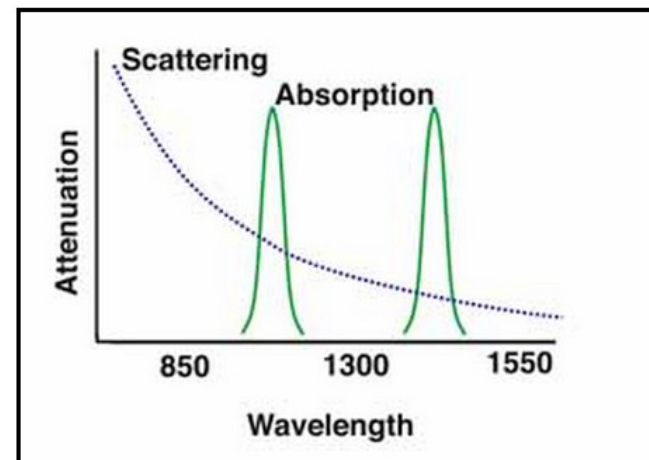
# Fotonica su silicio



Perche' 1550 nm?

Perche' il silicio?

- Ottimo materiale, ad alto indice di rifrazione (3.5) e bassa dispersione
- Disponibile in grande quantita'
- Possibilita' di integrazione su singolo chip con processi CMOS-compatibili



# Quantum Computing

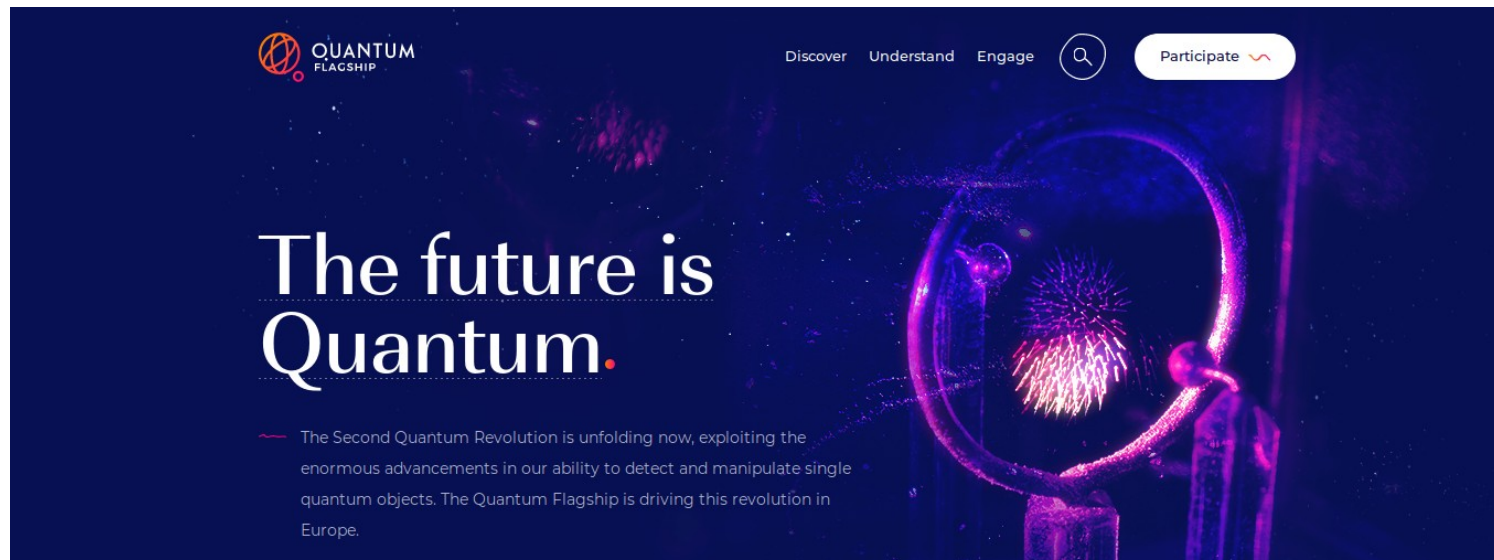
- [1982] R. P. Feynman suggerisce di costruire un computer basato sulla manipolazione di funzioni d'onda per poter simulare la natura con un calcolatore quantistico
- [1997] P. W. Shor propone un algoritmo di fattorizzazione dei numeri primi operante su un computer quantistico più efficiente dell'analogo classico
- [2001] Knill, Laflamme e Milburn dimostrano come sia possibile usare l'ottica lineare per l'elaborazione di informazioni quantistiche con i fotoni servendosi di splitter, interferometri e linee di ritardo
- [2017] R. Santagati, J. W. Silverstone et al realizzano un dispositivo integrato SOI (Silicon On Insulator) incorporante funzionalità per la generazione, la manipolazione, e l'analisi degli stati entangled a due qubit, basato su proprietà ottiche lineari e non lineari

# Quantum Computing

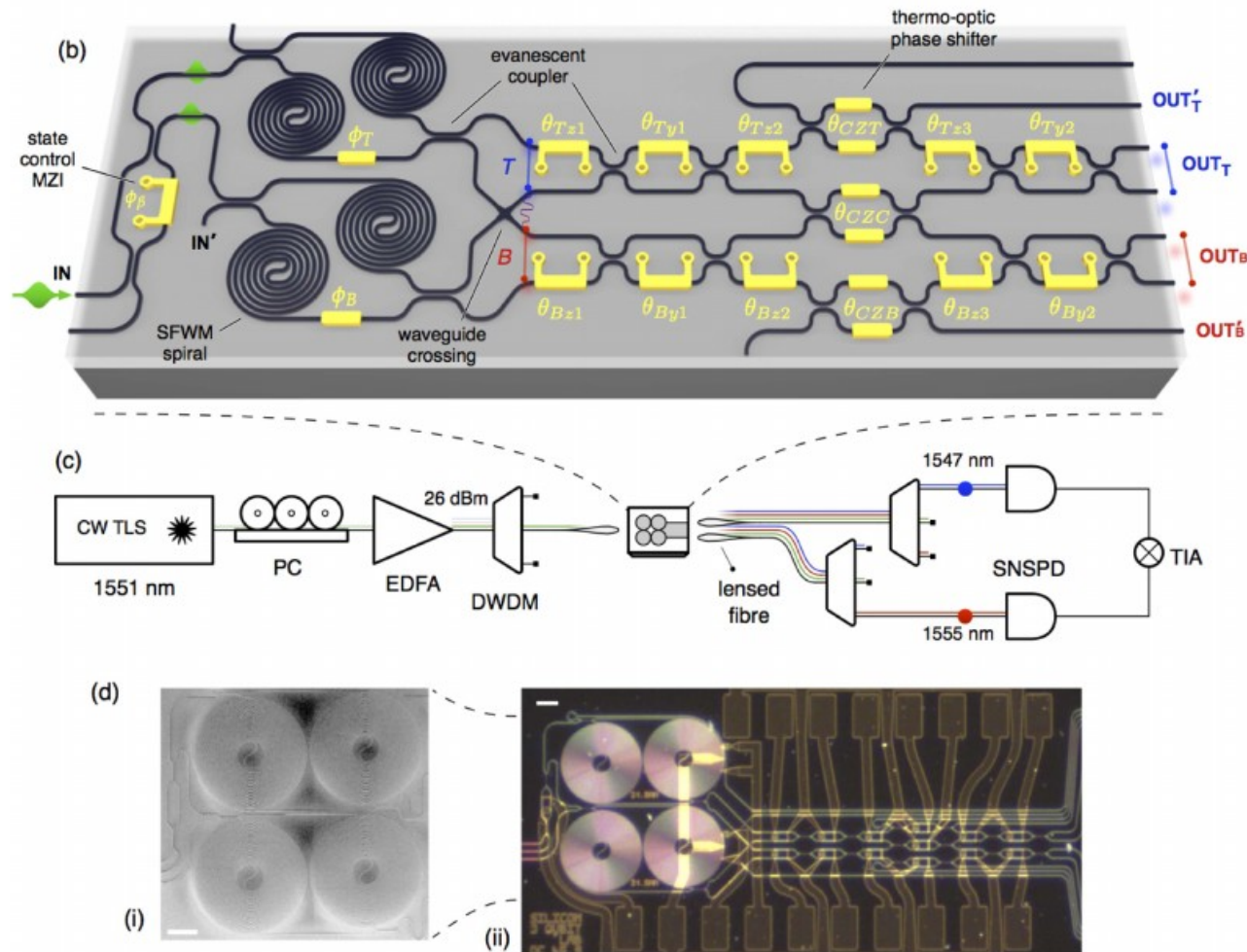
## Nota del MIUR sul Piano Triennale 2019-2021

*Con riferimento al ricco e prezioso bagaglio di know-how nell'ambito delle architetture di calcolo, e delle tecnologie associate, si incita l'INFN ad avere un ruolo significativo nelle attività di ricerca e sviluppo del settore, non tralasciando la nuova sfida connessa con le Tecnologie Quantistiche che la UE ha lanciato con una nuova Flagship ad esse dedicata.*

## EU Quantum Technology flagship



# Quantum computing con Silicon Photonics



L'intenso fascio di pompa genera nella guida d'onda di silicio all'interno del chip due fasci di fotoni entangled per effetto di un'interazione nonlineare (Spontaneous Four Wave Mixing, SFWM).

I fotoni entangled, prodotti a coppie, vengono manipolati su chip, letti con fibre con lenti, separati spazialmente da un dispositivo DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) e successivamente rivelati mediante rivelatori di singolo fotone a nanofili superconduttori (SNSPD) accoppiati a Time Interval Analyzer (TIA).

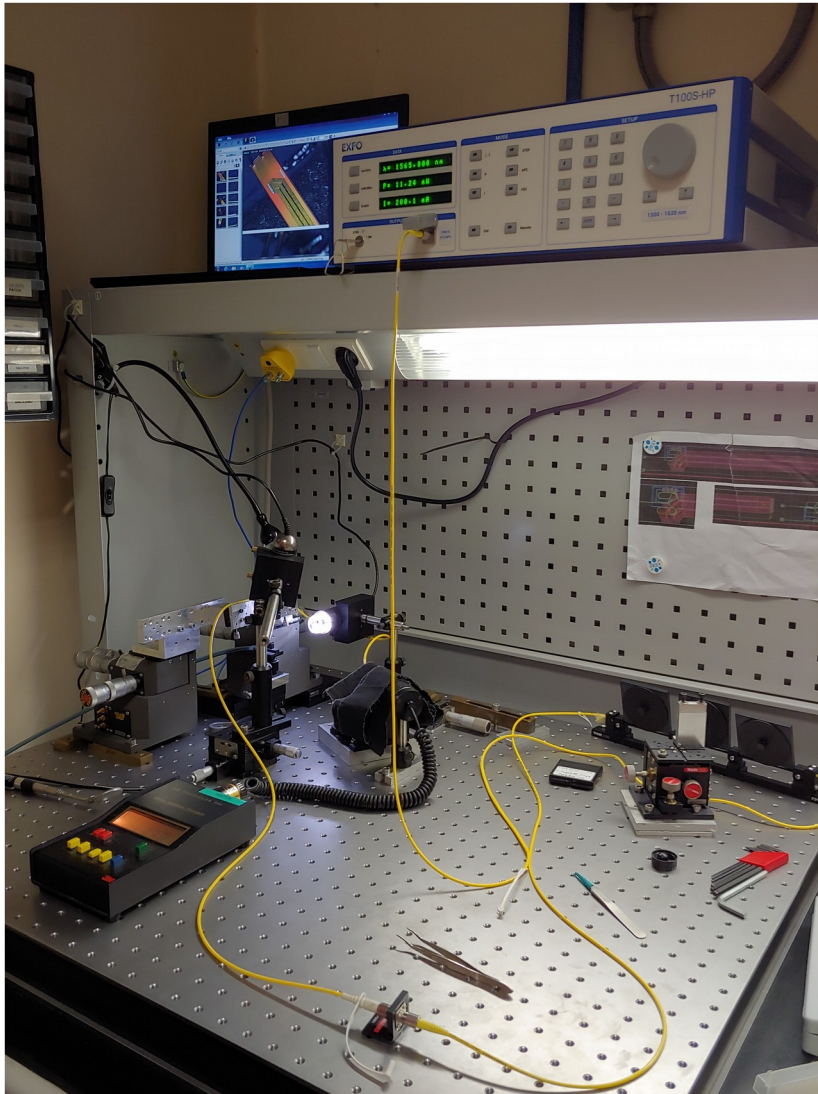
# QUantum Integrated CHip Experiment

Il progetto proposto si configura come evoluzione del progetto della CSN5 SPE (Silicon Photonics Experiment) e si articola su tre linee di ricerca:

- disegno e simulazione (senza produzione) dei circuiti elementari per il Quantum Computing con la fotonica su silicio
- test a componenti discreti su banco ottico dei circuiti elementari per il Quantum Computing
- studio di un Single Photon Detector integrato per la fotonica su silicio (giunzion Si-Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>).



# Il laboratorio di fotonica INFN del progetto SPE 2017-2019



- Laser EXFO T100S-HP tunable-wavelength @ 1550 nm 20 mW
- Fotodiodo PIN rise time 6 ps
- Amplificatore 40 GHz + due bias T 40 GHz
- Tre microprobe pitch 100-150  $\mu\text{m}$
- Banco ottico, microscopi, micromovimenti
- Un run sottomesso, due run pagati da sottomettere
- Piu` tutta la strumentazione elettronica preesistente APE/NA62 (oscilloscopi, generatori di segnale, alimentatori, microscopio, stazione saldante, ...)

# Anagrafica (Tor Vergata)

- Casalboni: 60%
- De Matteis: 60%
- Paoluzzi: 20%
- Proposito: 60%
- Salamon: 50%
- Salvato: 60%
- Salina: 0%

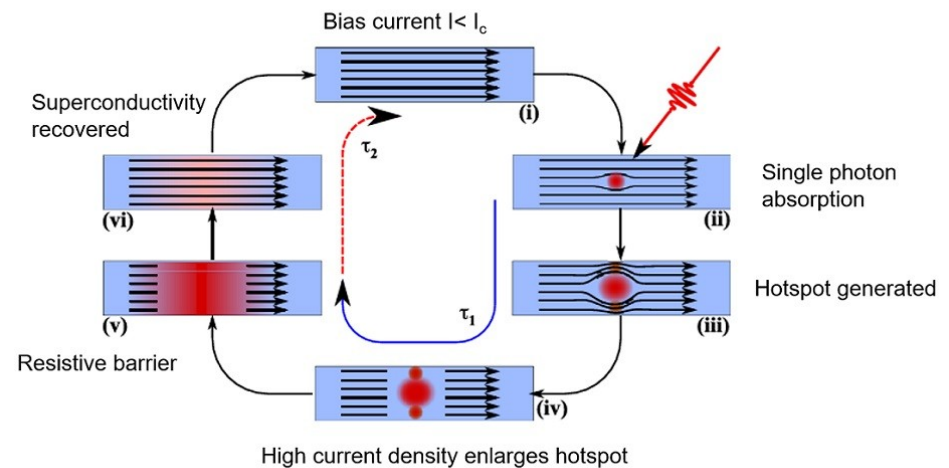
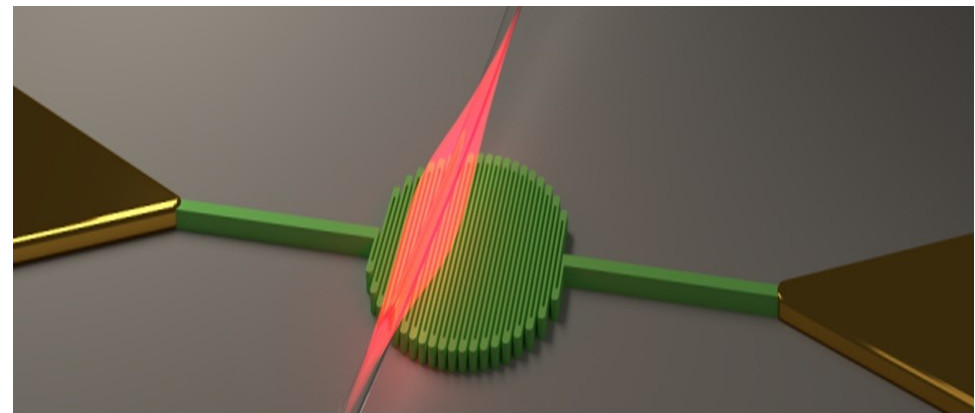


# Richieste (Tor Vergata)

- Missioni: **1 kEuro + 1 kEuro SJ**
- Consumo: **1 kEuro**
- Inventario: MUX/DEMUX DWDM (1 da 96 canali, 2 da 40 canali) **13 kEuro**
- Inventario: Componenti ottici discreti (4 splitter/combiner e 2 delay line) **6 kEuro**
- Inventario: SNSPD (Superconducting Nanowire Single Photon Detector) Single Quantum, eff.  $\geq 50\%$  @ 1550 nm, dark count rate  $\leq 500$  Hz, timing jitter  $\leq 50$  ps **50 kEuro**

# SNSPD

## Superconducting Nanowire Single Photon Detector



- The superconducting nanowire single photon detector (SNSPD) is constituted by a thin film of superconducting material shaped into a meandering nanowire.
- The detectors are operated at 2.5 Kelvin and a constant current below the critical current of the superconductor is applied to the device.
- Once a single photon is absorbed in the meandering nanowire, superconductivity is locally broken. As a result, the current is directed towards the amplification electronics and creates a voltage pulse.