

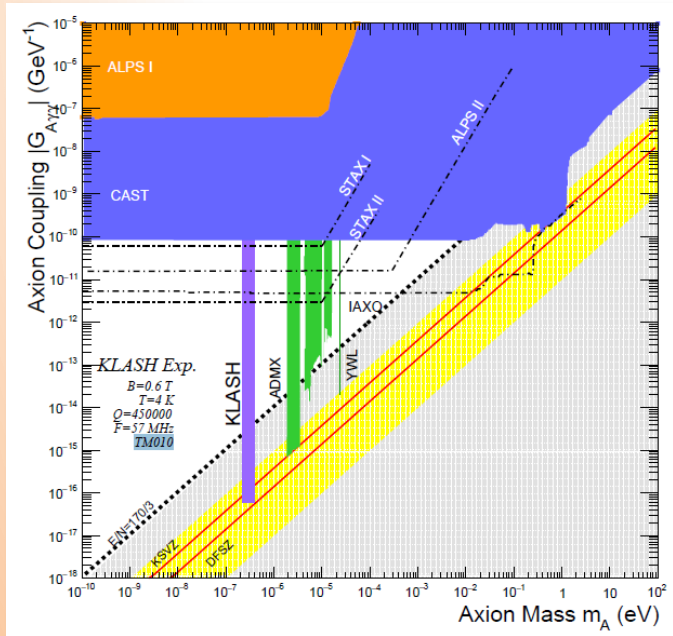
THE SIMP PROJECT

Single Microwave photon detectors

Preventivi GruppoV
G.Lamanna, P.Spagnolo

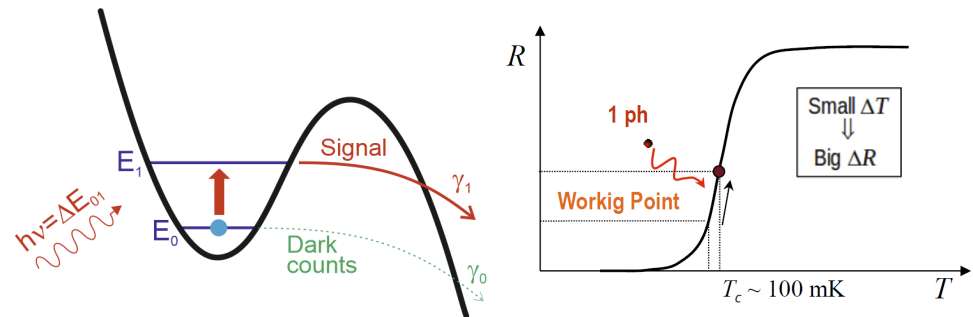
4.7.2019

SIMP Overview



- ~ Ricerca di materia oscura leggera, misura della massa dei neutrini, CMB, nuovi bosoni di bassa massa sono solo alcuni esempi in cui rivelatori sensibili a piccolissimi rilasci di energia sono fondamentali.
- ~ Eventi rari, come la ricerca di assioni, necessitano di una nuova classe di rivelatori di singolo fotone. Interesse nell'INFN: PVLAS, QUAX, AXIOMA, STAX, KLASH
- ~ Molte di queste applicazioni sono nel range delle microonde.
- ~ Tantissime applicazioni dal quantum computing all'homeland security

- ~ Due tecnologie considerate:
 - ~ Current Biased Josephson Junction Device (a.k.a. Qbits superconduttori): LNF, Salerno, CNR-IFN
 - ~ TES bilayer: Pisa, CNR-NANO, Tifpa, INRIM





INFN LNF

INFN PISA

INFN SALERNO

TIFPA

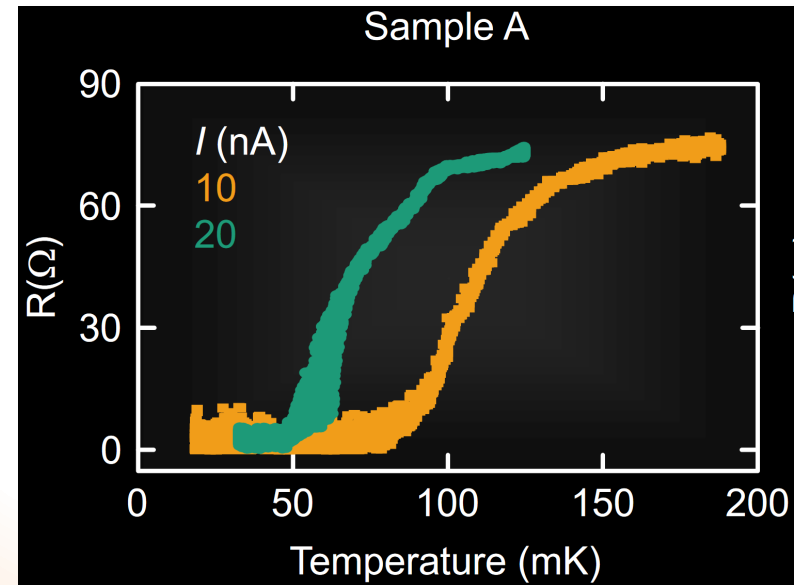
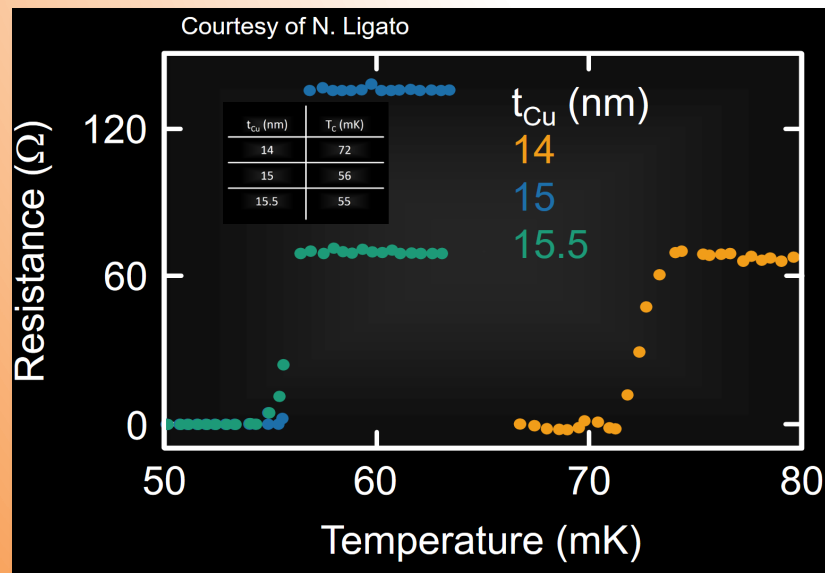
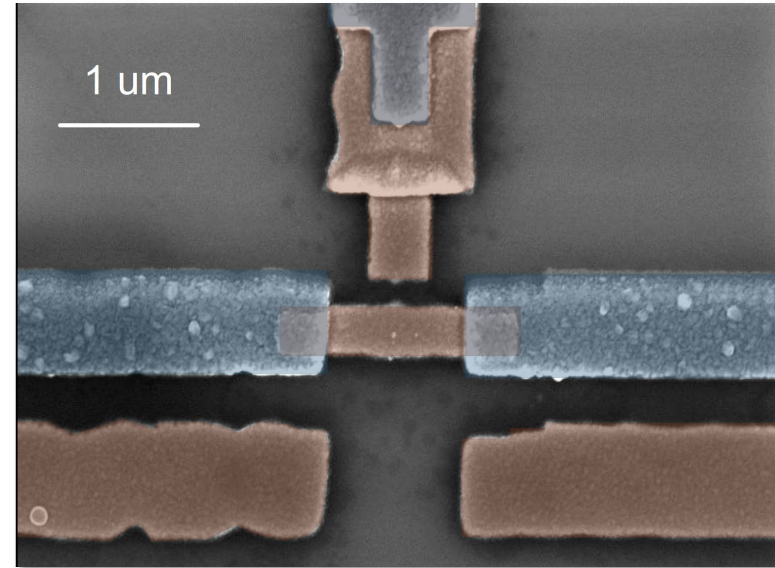
INRIM

CNR-NANO

CNR-IFN

SIMP 2019 activity (1)

- ~ Bilayer Cu/Al (constant Al: 10 nm)
- ~ Tuning della T_c con la corrente di bias $\rightarrow T_c = 50 \text{ mK} \rightarrow 1.04 \text{ GHz}$
- ~ Molto promettente, qualcosa ancora da capire (stabilità dei sample, risoluzione in energia da migliorare, ...)

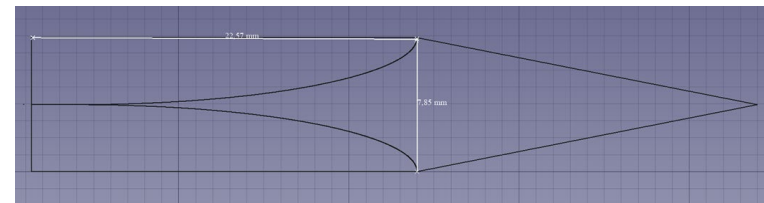
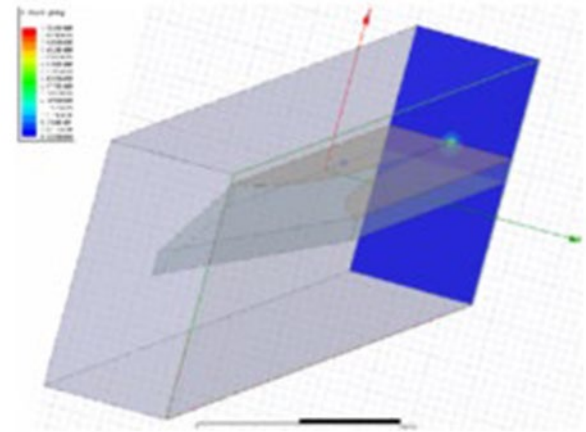


SIMP 2019 activity (2)



Many thanks to: F.Paolucci, D.Vaccaro, A.Tartari

- ~ Disegno del primo prototipo di antenna (basato su lavoro LNF)
- ~ Realizzazione di prototipo
- ~ Realizzazione prototipo guida d'onda



SIMP 2020 activity



- ~ **TES**: continuare gli studi sul sensore
- ~ **TES**: misure con giunzione Josephson polarizzata (Alluminio o Vanadio)
- ~ **TES**: integrazione con l'antenna
- ~ **ANTENNA**: costruzione guida d'onda
- ~ **ANTENNA**: caratterizzazione dell'antenna a caldo
- ~ **ANTENNA**: misure preliminari a freddo

Personale e Richieste 2020

	Costo k€	Note
Amplificatore MW 40 MHz	10	Modulo aggiuntivo
Wafer sputterati Al + Cu	2	
Target per sputtering (Al)	0.5	
Guida d'onda commerciale	3	tbc
Attenuatori, cavi cryo, ...	2	
Liquidi resist, develop, liquidi per etching, e altri consumables	2	
End Launch connectors	1	
Missioni	1	

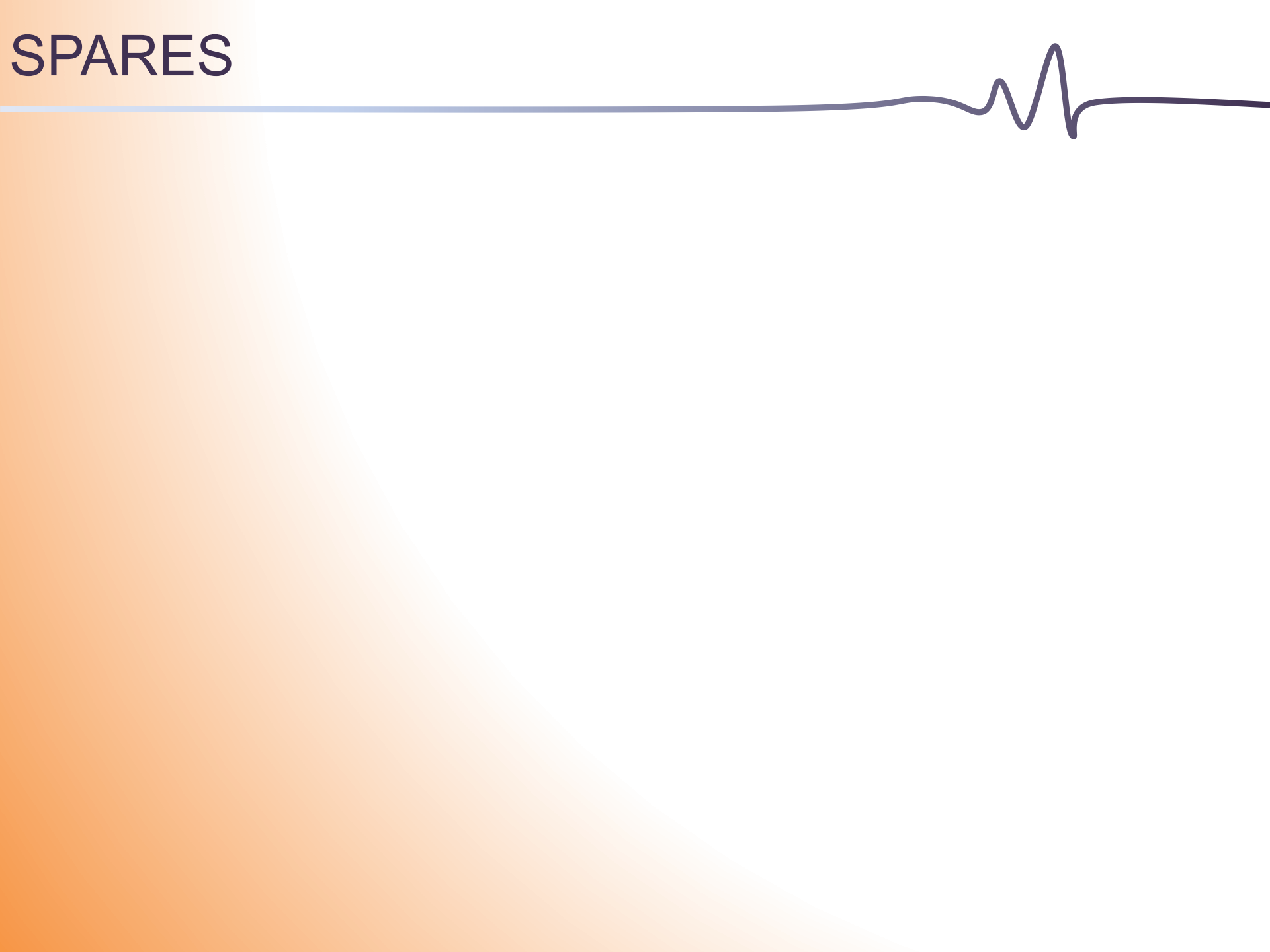
Nome	Ruolo	Percentuale
Lorenzo Bianchini	Ricercatore	10%
Gianluca Lamanna	Ric. Universitario (RTDB)	20%
Franco Ligabue	Ric. Universitario	5%
Federico Paolucci	Assegnista	10%
Luigi Rolandi	Prof. Universitario	15%
Paolo Spagnolo	Ricercatore	20%
Alessandra Toncelli	Prof. Associato	20-30%

Richieste alla sezione



- ~ Ci piacerebbe molto portare la maggior parte dell'attività per l'antenna in sezione:
 - ~ Camera pulita
 - ~ Spinner
 - ~ Kappa chimica
 - ~ Etching umido
- ~ In ogni caso sarebbe molto «bello» avere una convenzione ufficiale con il NEST
- ~ Per il momento semplice attività di meccanica (guide d'onda in alluminio, senza porte)
- ~ Sarebbe molto bello poter fare test a freddo in sezione:
 - ~ Criostato «Signorelli» fino a 300 mK sufficiente per testare antenna e (limitatamente) accoppiamento con TES
 - ~ Supportiamo moltissimo eventuale acquisto di Criostato a Diluizione, altrimenti saremo costretti a fare test fuori.

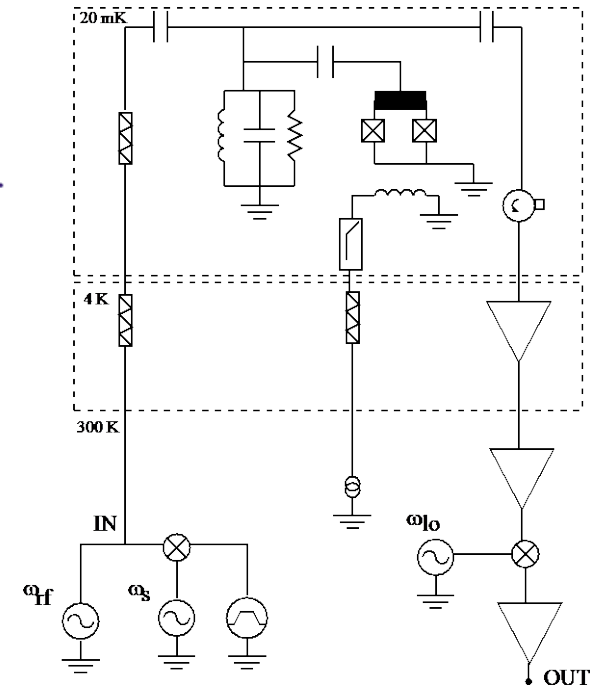
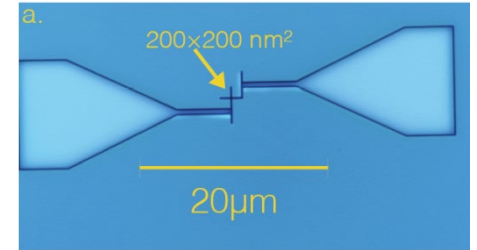
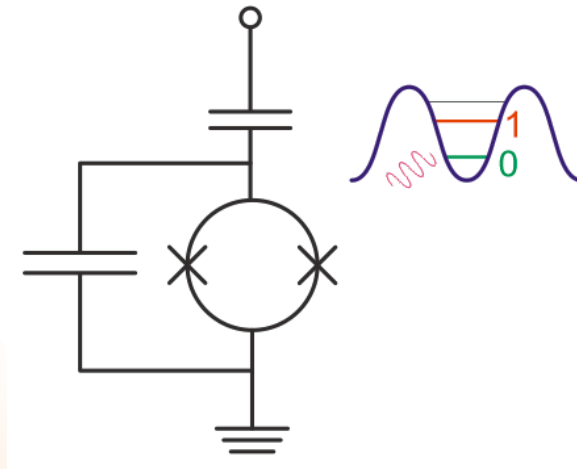
SPARES



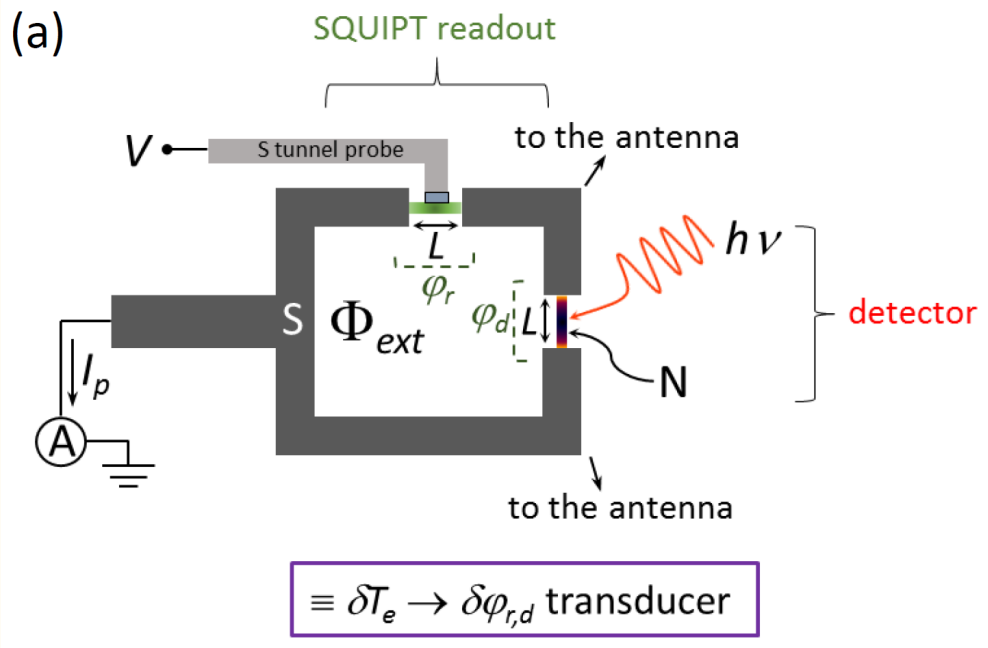
Super Conducting Qbits

- ~ Test e fabbricazione di Qbits SC (Transmon and Gatemon)
- ~ Accoppiamento dei qbit a una cavità risonante a 10 GHz, a temperatura criogenica < 100 mK
- ~ Lettura dello stato del qubit

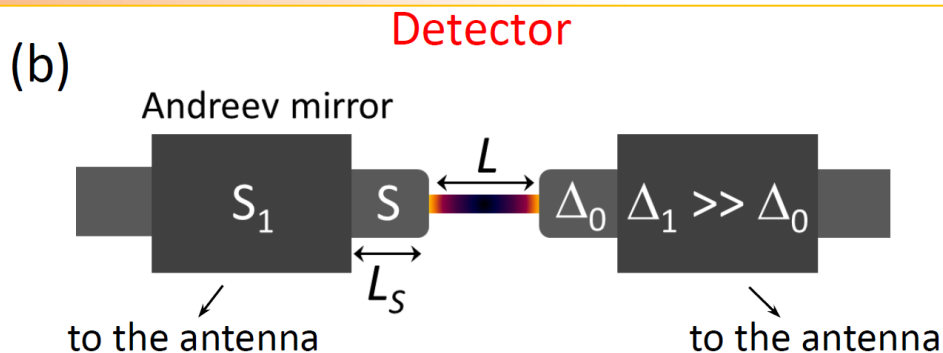
La presenza di un fotone in una cavità risonante induce una transizione nel Qbit quando questo è pilotato con un'opportuna radiofrequenza. Lo stato eccitato del Qbit può essere rilevato attraverso un altro segnale di frequenza opportuna.



Josephson photodetector via T-Phase conversion



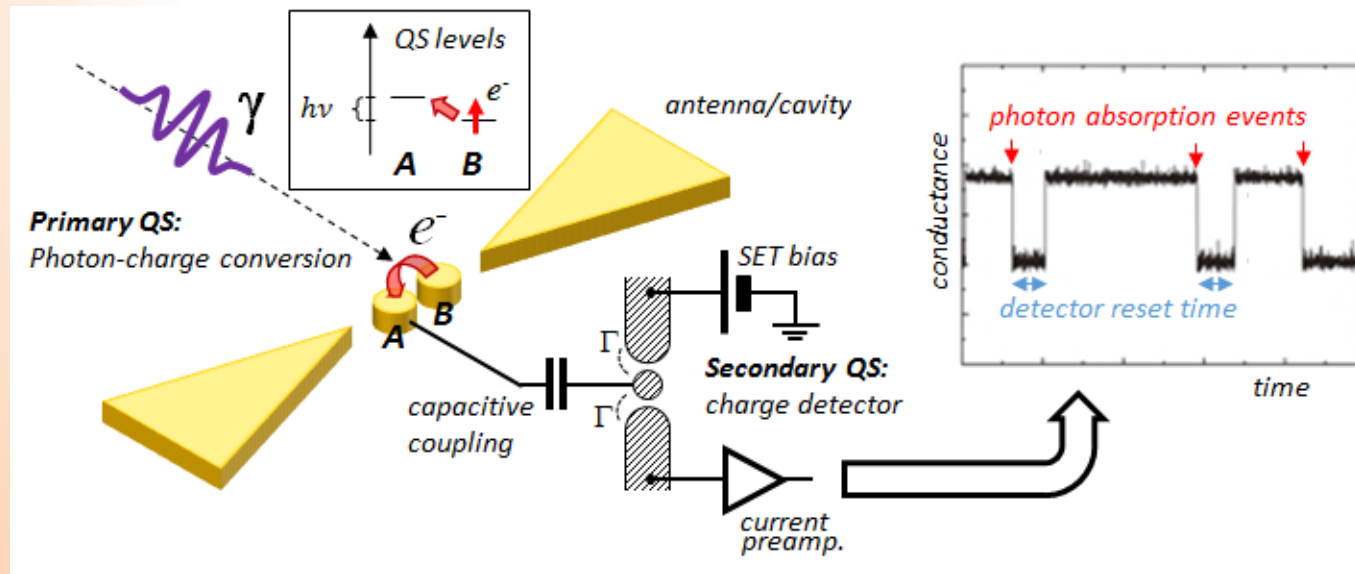
- ~ Dc-Squid in cui una delle due giunzioni SNS è usata come detector e l'altra come rivelatore
- ~ Il fotone da rivelare aumenta la temperatura della giunzione
- ~ L'aumento della temperatura cambia la fase della supercorrente nel ring
- ~ Tale differenza può essere rivelata con un interferometro SQUIPT integrato nel device



$$NEP_{expected} \approx 10^{-22} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$$

Responsabile WP:
F.Giazotto

Photodetector with nanostructured quantum device



~ Meccanismo di rivelazione basato su transizioni quantistiche tra orbitali atomici in nanostrutture

~ Quantum dots accoppiati:

- ~ QS #1: sistema quantistico in cui i livelli sono ingegnerizzati per favorire l'assorbimento dei fotoni nella frequenza voluta ("nano-condensatore")
- ~ QS #2: rivelatore di carica ad alta sensibilità (SET o 1D nanochannel su grafene o nanofilo)

~ NEP $\sim 10^{-20}$ W/Hz^{1/2} at 200 GHz su approcci simili

~ Principali problemi: lifetime degli stati, energia minima rivelabile, limitato range dinamico e lungo tempo di recupero.

