

SISTEMA CRIOGENICO DENOMINATO “SQUARE -1”

**PROGETTAZIONE E RELAZIONE
CON DISEGNI ESECUTIVI
REALIZZAZIONE
ISOLCERAM SRL
IN COLLABORAZIONE CON IL
DOTT. DANIELE DI GIOACCHINO
INFN LABORATORI DI FRASCATI
11-12-2015**

INTRODUZIONE

Il sistema "SQUARE-1" è una delle parti di uno strumento prototipo innovativo denominato "SQUARE" (acronimo di Squid Arrays for Emerging applications). Tale apparato realizza "immagini di microstrutture magnetiche con risoluzione sub-micrometrica" di micro dispositivi, film con strutture sub-micrometriche. In particolare, consente di studiare e caratterizzare le proprietà magnetiche locali dei materiali ed anche realizzare figure magnetiche tridimensionali (3D) eventualmente presenti nei campioni analizzati.

Il sistema "SQUARE-1" è formato da un criostato per elio liquido e da un porta-campioni integrati con un sistema di rivelazione magnetica sensibile basato su un micro-gradiometro-SQUID e una micro movimentazione X-Y-Z- Θ denominata EXAPOD. Questi due strumenti sono a disposizione presso il laboratorio LAMPS dei LNF-INFN.

Il sistema "SQUARE-1" da noi progettato è in grado di controllare la posizione del micro-gradiometro montato sul dito freddo del criostato a distanze micrometriche dalla sottostante piattaforma dell'EXAPOD. Il sistema è disegnato per essere inserito in una pre-esistente camera in vuoto con un complesso porta-campioni da montare sulla piattaforma dell'EXAPOD. Il porta-campioni circolare ha una zona centrale dove collocare il campione con dimensioni massime di 1cm x 1cm di area, intorno a questa zona il progetto prevede dei sensori di distanza e parallelismo microcrometrici capacitivi; un secondo dito freddo collocato sotto il campione per il controllo della temperatura e una bobina per produrre un campo magnetico di circa $B=100\text{mTesla}$.

La progettazione del sistema SQUARE-1 tiene conto per l'integrazione in un unico apparato i diversi strumenti che ora descriveremo:

a) SISTEMA DA VUOTO

Il sistema da vuoto è formato da:

- 1) Camera da vuoto dimensioni NV400ISO H 500 mm.
- 2) Pompa Varian TriScroll 300 per il pre-vuoto.
- 3) Pompa turbo molecolare Varian V701 per alto vuoto.
- 4) Valvole pneumatiche e tubi per linee da vuoto.
- 5) Pressione $P \approx 10^{-7}$ mbar (turbo molecolare Varian V701 e Varian TriScroll 300)

In seguito sono mostrati i disegni della camera da vuoto

Nota: La flangia superiore "denominata Pezzo 2" nei disegni esecutivi seguenti, è stata sostituita per accogliere il criostato del sistema "SQUARE 1".

CAMERA ALTO VUOTO

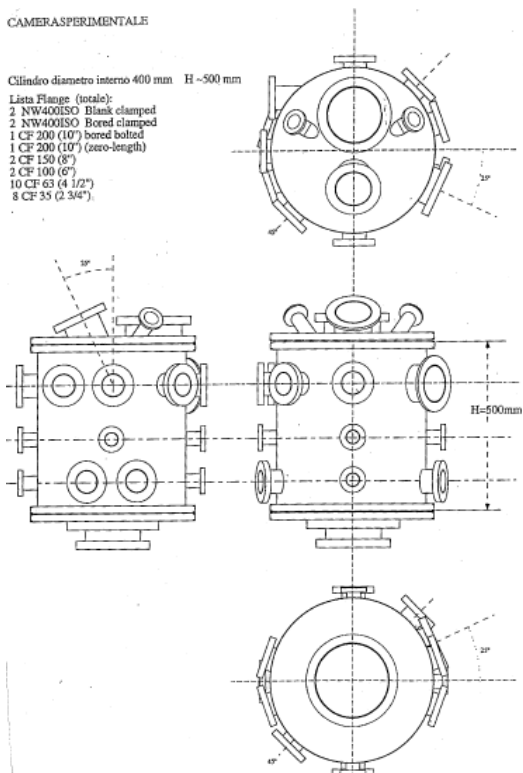


Figura 1- Camera da vuoto: disegni esecutivi.

CAMERA SPERIMENTALE
 Pezzo n. 1

Indice flange:

D1,D2	NW400ISO	Bored clamped
A1,A4		CF 35 (2 3/4")
B1,B2,B3,B4		CF 35 (2 3/4")
C2		CF 100 (6")
A2,A3,A5,A6		CF 63 (4 1/2")
C1,C3,C4,C5,C6,C7		CF 63 (4 1/2")

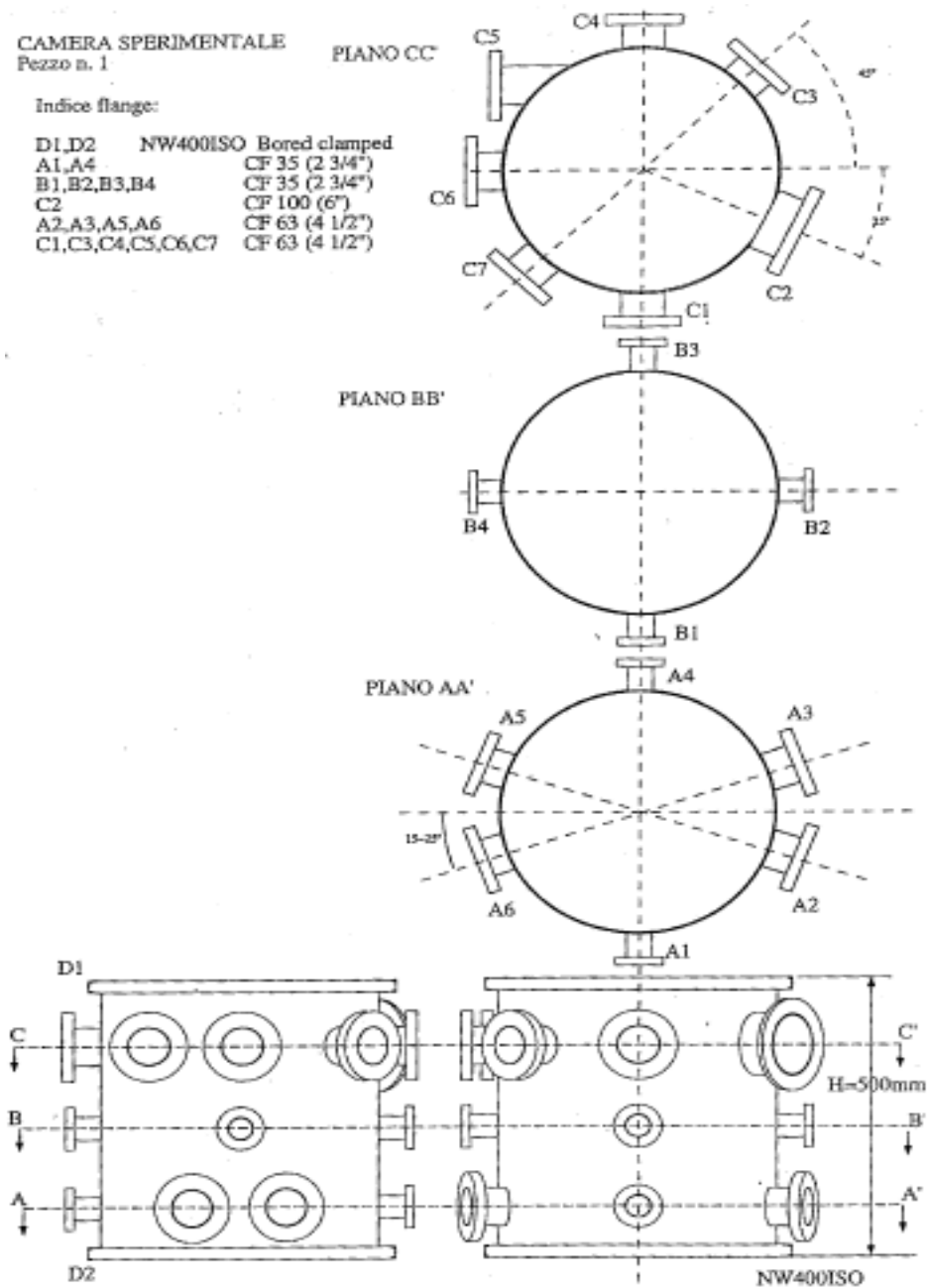


Figura 2 - Camera da vuoto: disegni esecutivi

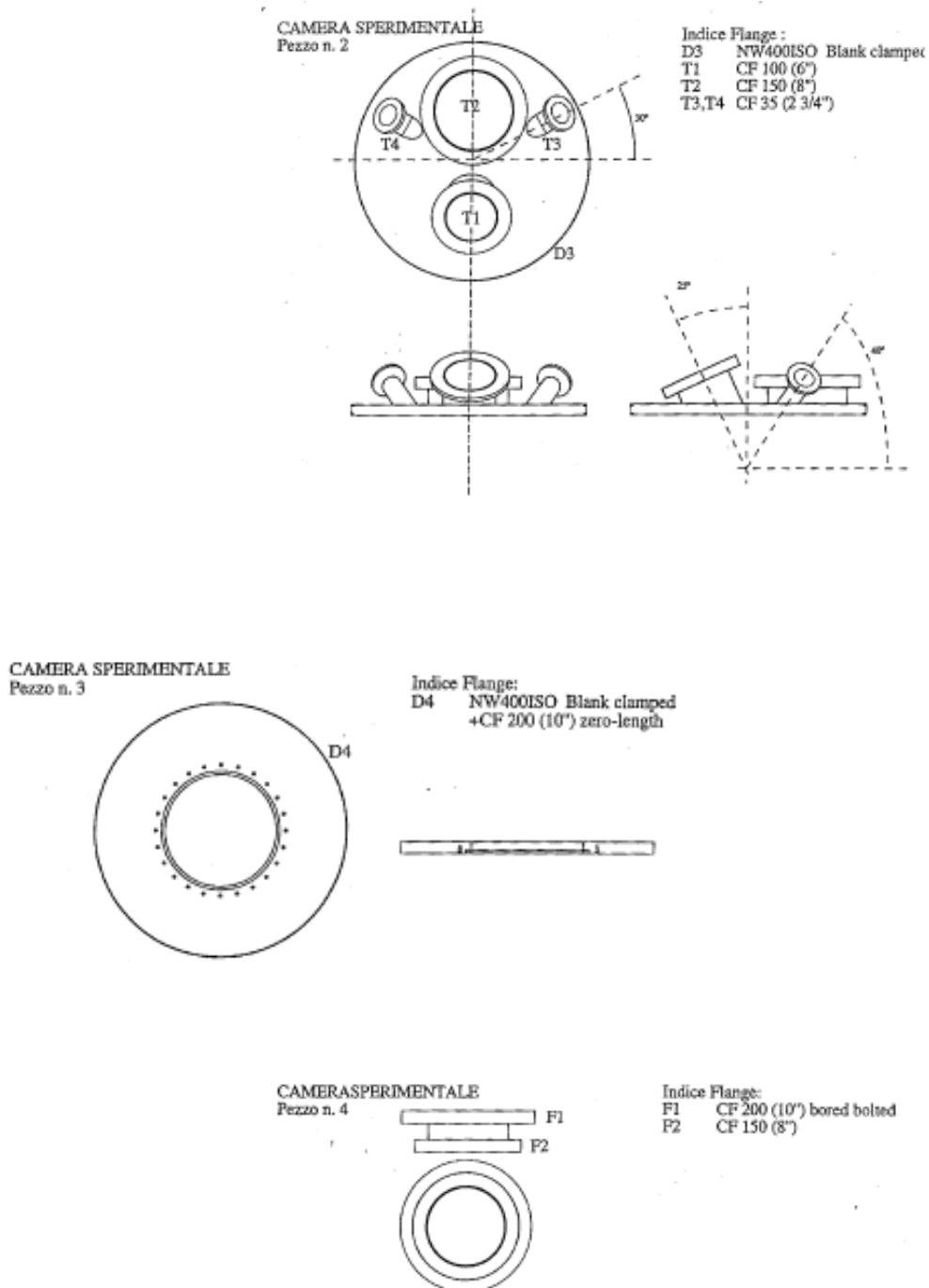


Figura 3 – Camera da vuoto : disegni esecutivi

b) Supporto (Banco) camera sperimentale

La camera da vuoto è fissata su un supporto regolabile con tre movimentazioni X-Y-Z. L'intervallo di movimentazione è per ciascuno asse di ± 50 mm. Sono presenti anche piedi regolabili.

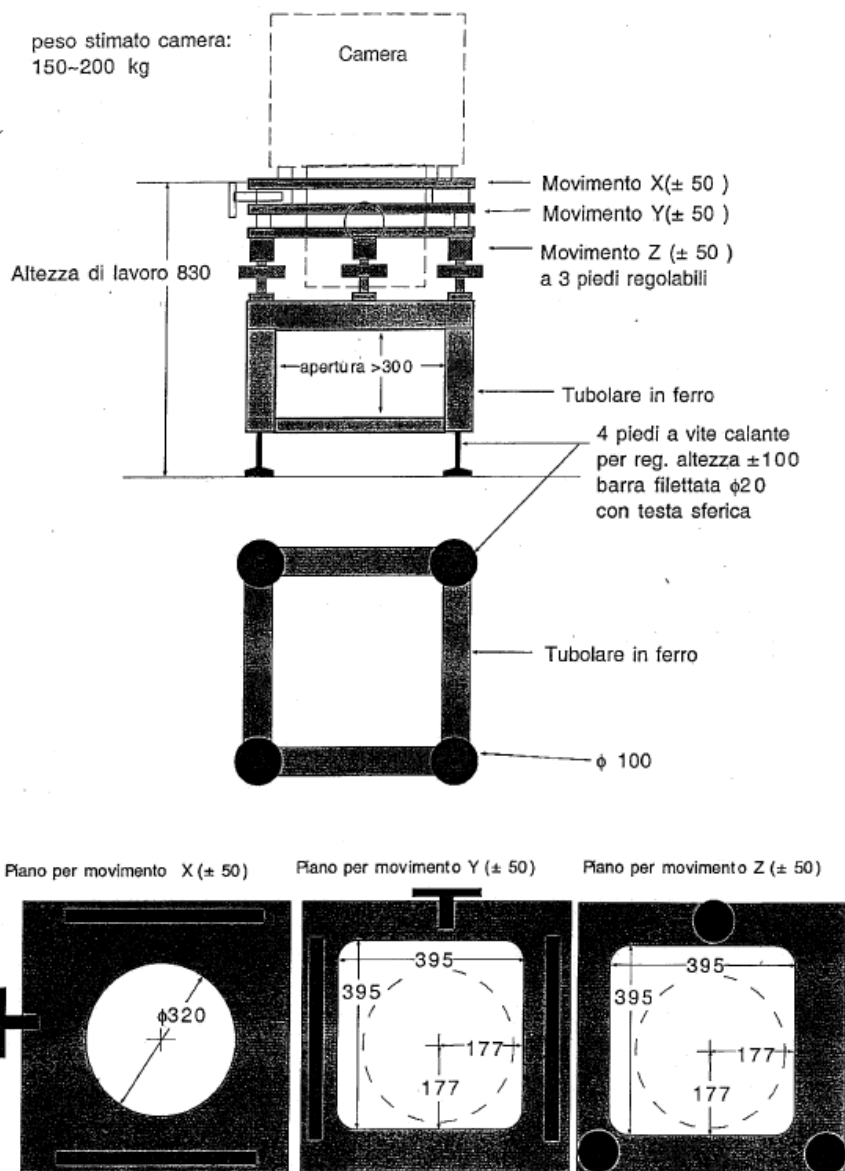


Figura 4 – Supporto del sistema da vuoto (le unità sono in millimetri)

c) **MICRO MOVIMENTAZIONE “EXAPOD”**

L'apparato consente la manipolazione con precisione micrometrica in condizioni di alto vuoto con un manipolatore a 6 assi e spostamento di 50 mm

- Spostamenti $s = \pm 1 \mu\text{m}$, angoli $\theta = \pm 1 \mu\text{rad}$
- Temperatura operativa fino a -50°C

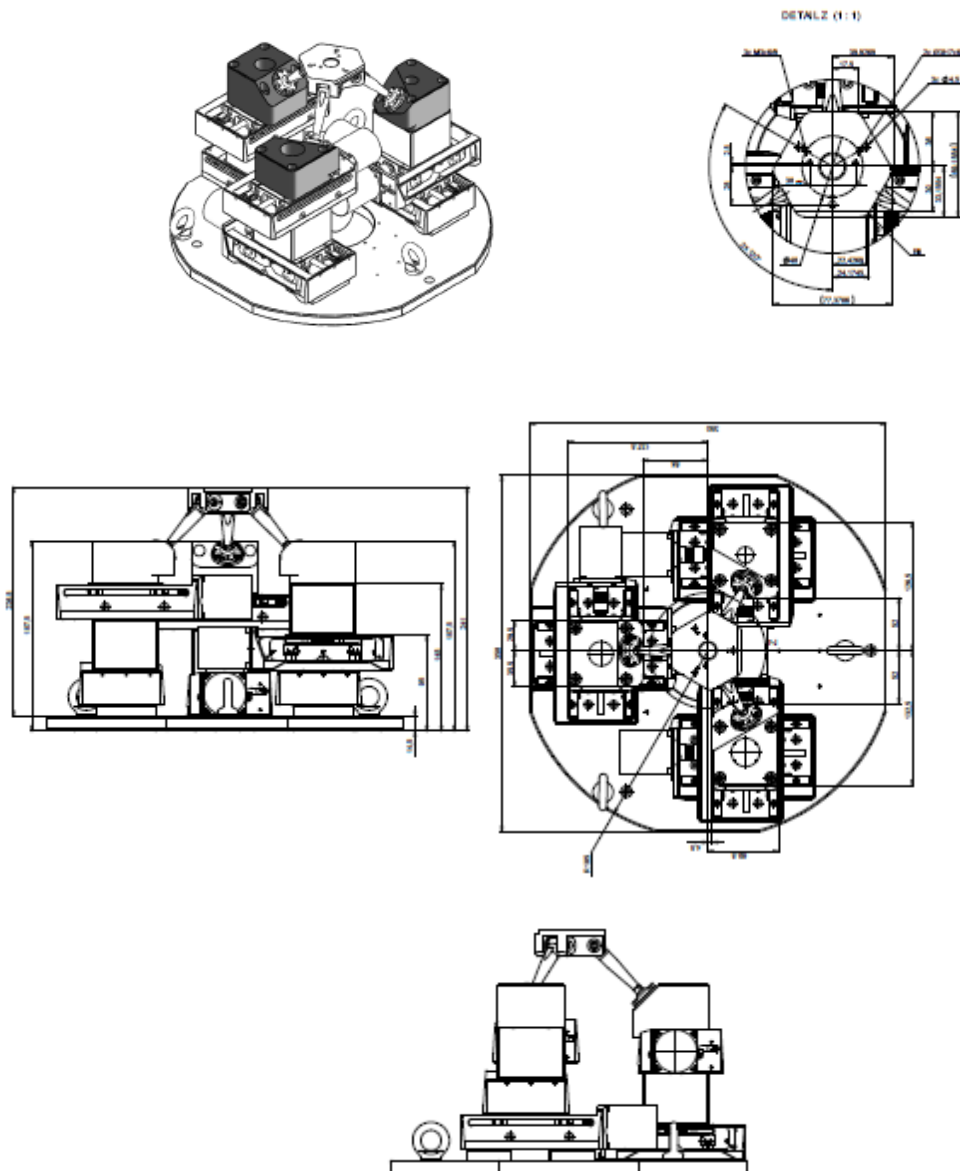


Figura 5 – Disegni rappresentativi del sistema di movimentazione micrometrica Exapod. Il criostato è fornito da passanti da vuoto per connettere l’Exapod al sistema di controllo.

Di seguito sono mostrate delle fotografie della camera da vuoto con la micro movimentazione "EXAPOD", posta nel suo interno (figura 6) e sistema solo della micro movimentazione (figura 7)

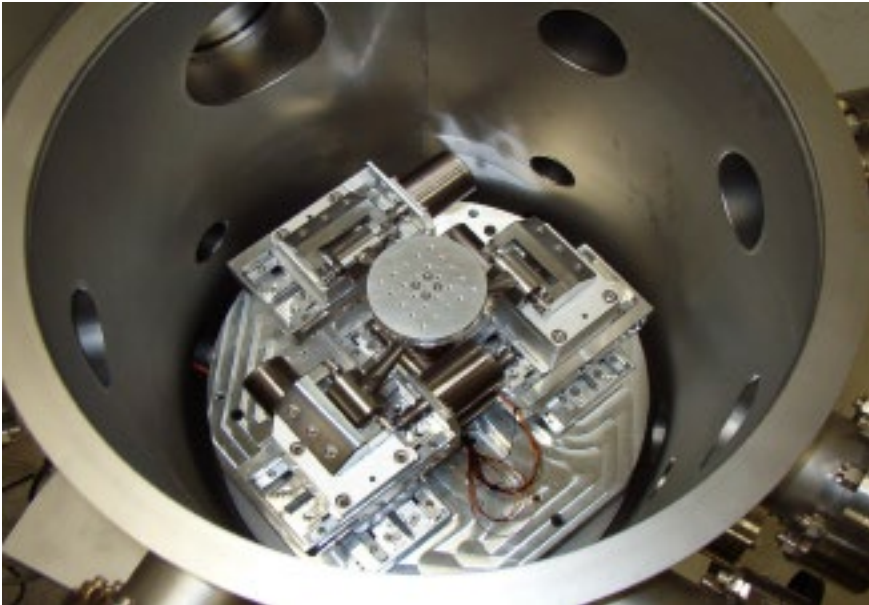


Figura 6 – Camera ad alto vuoto con sistema di movimentazione "Exapod"

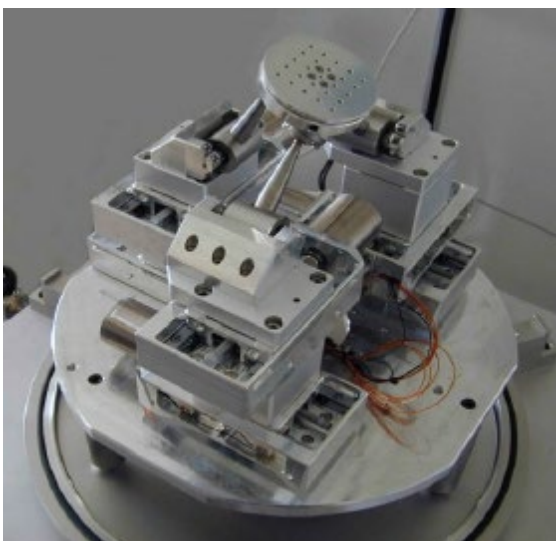


Figura 7 – Sistema di movimentazione "Exapod"

d) AMPLIFICATORE SQUID

Il segnale magnetico è misurato da un microsquid durante il mapping X - Y micrometrico ed è amplificato da un opportuno sistema elettronico (figura 8) Sia il microsquid che l'amplificatore sono realizzati dalla Supracon. Il chip micro-gradiometro SQUID ha dimensioni millimetriche (figura 9) le dimensioni del chip e delle schede sono:

- 1) Dimensioni Chip (nella figura in grigio) 2,5 X 2.5 mm
- 2) Dimensioni PCB (nella figura in verde) 5 X 5 mm

Inoltre la ditta Supracon indica una proposta per il montaggio del magnetometro SQUID su un dito freddo di zaffiro (figura 10)

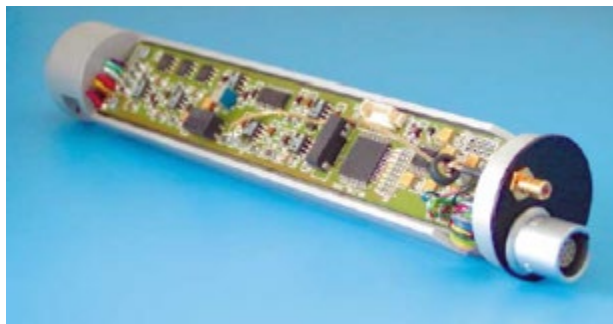


Figura 8 – Il criostato è fornito di passanti da vuoto per connettere l'amplificatore con il micro-gradiometro SQUID

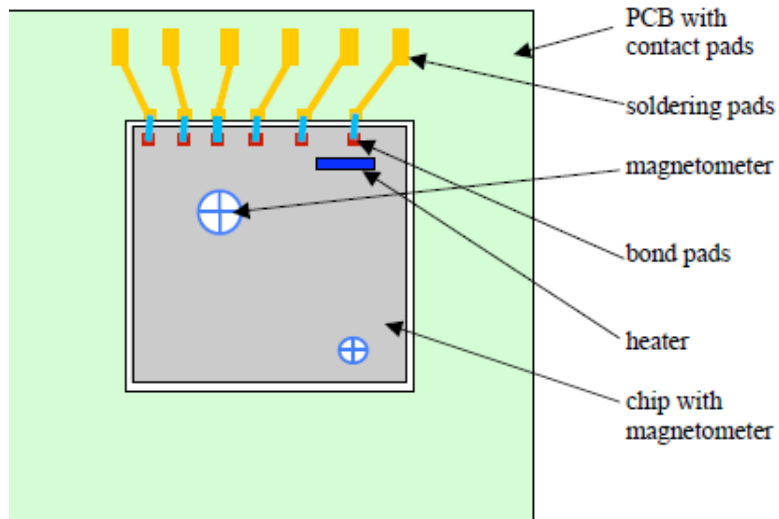


Figura 9- Vista dall'alto della scheda su cui è montato il magnetometro SQUID

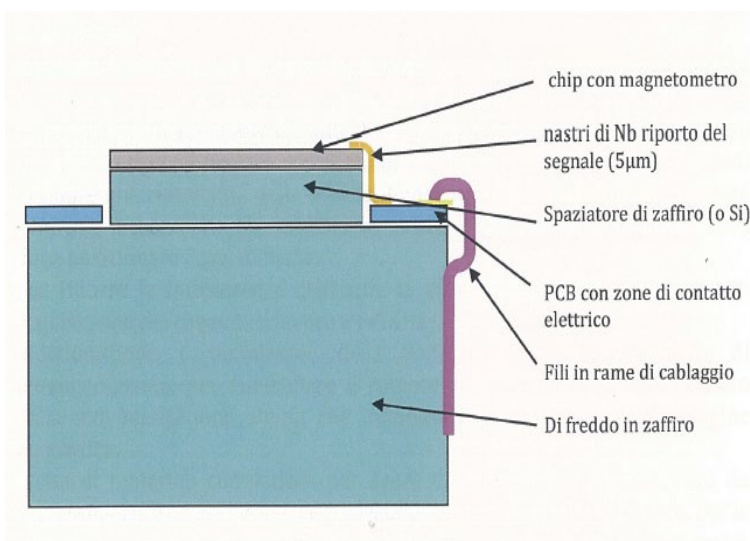


Figura 10 – Proposta di montaggio chip su dito freddo di zaffiro

PROGETTO DEL SISTEMA “SQUARE -1”

Nell'introduzione abbiamo evidenziato che il design del criostato ad elio liquido è progettato per essere compatibile e integrabile con le altre parti del sistema “SQUARE” descritte nel precedente paragrafo. Partendo dalle informazioni di base fornite dall' INFN Frascati e grazie al know-how della azienda abbiamo elaborato quanto segue:

- a) Design di un criostato in grado di garantire in ~3-4 ore la misura di aree di 100x100 μm , alla temperatura dell'elio liquido.
- b) Serbatoio di 2 litri per elio liquido e di 3 litri per azoto liquido.
- c) Passante per amplificatore SQUID.
- d) Sviluppo di un sistema di regolazione micrometrica del criostato per pre-allineamento in vuoto del sensore SQUID sul campione;
- e) Sistema per smorzare le vibrazioni fra criostato e sistema da vuoto (Fornitore Pfeiffer Vacuum codice articolo PM 006-668-X Vibration Damper DN200 ISO -K, allegato 1);
- f) Geometria e dimensionamento del dito freddo di zaffiro su cui è montato il micro SQUID e gli elettrodi di riferimento capacitivi per il controllo della distanza durante la misura. Si è progettata la posizione e la dimensione degli elettrodi sul dito freddo connessa con l'area massima scansionabile dal condensatore durante il “mapping x-y”. Il materiale dell'elettrodo deve essere un metallo tipo silicio/oro con il minore spessore possibile. Questi elettrodi, per dare una ripetibilità nelle misure, devono essere connessi a massa. Sono previsti 3 scassi lungo il dito freddo dove posizionare i cavi di massa. (Rif. Disegno n. A15-97 0_1_P_009 allegato alla presente relazione)
- g) Individuazione e definizione della zona fissa fuori della zona di movimentazione per controllare il rumore sul segnale magnetico indotto dalla movimentazione stessa che influenza la chiarezza dell'immagine magnetica. In questa zona è montato un altro sistema magnetico formato da uno SQUID che misura un segnale magnetico di riferimento posto sulla Exapod fuori dalla zona in movimento.
- h) Sviluppo di un supporto per campioni, riferimento Disegno n. A15-97 0_4_P_004, da montare sulla base dell'Exapod. Tale supporto è progettato per accogliere:
 - 1) sensori capacitivi di allineamento e controllo della distanza durante l'acquisizione della immagine magnetica con “mapping X-Y” (Fornitore Micro Epsilon codice articolo CSH05FL-CRm1.4; allegato2)
 - 2) campione da misurare, con regolazione della sua planimetria rispetto ai condensatori;
 - 3) separazione termica dall'Exapod;
 - 4) una bobina di eccitazione magnetica per indurre una risposta magnetica del campione;

- 5) realizzazione di cortocircuiti di temperatura per porre a bassa temperatura (LHe) il campione e controllare la sua temperatura;
- 6) Nel supporto campione viene inserito un micrometro per allineare il campione con il dito freddo.

Indicazioni dell'utilizzatore

- 1 Identificazione dei sensori di "controllo della distanza", ovvero di un sistema in grado di mantenere fissa la distanza SQUID -campione durante l'acquisizione delle immagini magnetiche (40-50 μm). Per questa misura si è scelto un controllo mediante capacitori in grado di offrire un'elevata sensibilità ed una risoluzione dinamica fino a 10nm, sicuramente superiori rispetto ai sensori di spostamento confocali cromatici; riferimento allegato n.01
- 2 I capacitori dovranno essere acquistati con un incapsulamento esterno in titanio, materiale con bassa risposta magnetica rispetto a l'acciaio usato generalmente. Saranno montati sul supporto per campioni posto sull'EXAPOD e la loro posizione sarà intorno alla zona centrale dove sarà fissato il campione da misurare, riferimento Disegno n. A15-97 0_4_P_002
- 3 Per ridurre le interferenze elettriche in rf, bisogna considerare che il sistema di acquisizione dei capacitori lavora a $f=5\text{KHz}$;
- 4 Scelta di materiali compatibili per avere un basso impatto magnetico da utilizzare: zaffiro per il dito freddo del criostato, silicio o film titanio per le armature dei tre capacitori, titanio per le capsule esterne dei capacitori stessi, isolante vetronite G10 per separare termicamente i supporti del criostato e del supporto campione della movimentazione Exapod verso le zone "calde" a temperatura ambiente dell'apparato SQUARE.
- 5 Sensore magnetico (SQUID) esterno alla zona campione e fisso per monitorare, durante il mapping, l'invarianza del segnale prodotto da un corrispondente materiale magnetico permanente (o piccola bobinetta), utile al miglioramento dell'immagine magnetica finale ed eventuali correzioni da apportare.
- 6 Per realizzare la bobina che genera un campo magnetico sul campione, si consiglia l'uso del filo superconduttore. Questo riduce le perdite termiche verso il campione.