



ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Un apparato criogenico per misure di effetto Hall quantistico in regime alternato

Original

Un apparato criogenico per misure di effetto Hall quantistico in regime alternato / Marzano, Martina; Thanh Mai Tran, Ngoc; D'Elia, Vincenzo; Serazio, Danilo; Enrico, Emanuele; Ortolano, Massimo; Pierz, Klaus; Kucera, Jan; Callegaro, Luca. - (2020), pp. 247-248. (Intervento presentato al convegno IV Forum Nazionale delle Misure tenutosi a Online nel 10-12 set 2020).

Availability:

This version is available at: 11696/64730 since: 2021-01-18T15:10:37Z

Publisher:

GMEE

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

UN APPARATO CRIOGENICO PER MISURE DI EFFETTO HALL QUANTISTICO IN REGIME ALTERNATO

M. Marzano⁽¹⁾, N. T. M. Tran^(1,2), V. D'Elia⁽¹⁾, D. Serazio⁽¹⁾, E. Enrico⁽¹⁾,
M. Ortolano⁽²⁾, K. Pierz⁽³⁾, J. Kučera⁽⁴⁾, L. Callegaro⁽¹⁾

⁽¹⁾INRIM - Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Strada delle Cacce 91, 10135 Torino

⁽²⁾Dip. di Elettronica e Telecomunicazioni, Politecnico di Torino,
Corso Duca d. Abruzzi, 24, 10129 Torino

⁽³⁾PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany

⁽⁴⁾CMI Czech Metrology Institute, Okružní 31, 638 00 Brno, Czech Republic
e.mail autore di riferimento: l.callegaro@inrim.it

1. INQUADRAMENTO: IL PROGETTO GIQS

GIQS: *Graphene Impedance Quantum standard* è un Joint Research Project dell'European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR), un programma gestito dall'European Association of National Metrology Institutes (EURAMET). Scopo del progetto è permettere a istituti metrologici, centri di taratura industriali e centri di ricerca la riferibilità della misura di impedenza elettrica all'effetto Hall quantistico—e pertanto alle costanti fondamentali che definiscono il nuovo Sistema Internazionale di unità—in modo più efficiente ed economico.

Due sono gli elementi chiave del progetto. Il primo è lo sviluppo di dispositivi per l'effetto Hall quantistico in grafene, un materiale in cui l'effetto si manifesta per campi magnetici più bassi e temperature più elevate che in dispositivi più convenzionali a semiconduttore [1]; queste proprietà permettono di impiegare sistemi criogenici semplificati. Il secondo punto è la realizzazione di ponti di impedenza digitali [2], che consentano incertezze di misura a livello primario (dell'ordine di parti in 10^7 o migliori) con elevata semplicità di costruzione, di impiego e di automazione della misura.

Per aggiornamenti: pagina Web del progetto, ptb.de/empir2019/giqs, e gruppo LinkedIn, [linkedin.com/groups/8824119](https://www.linkedin.com/groups/8824119).

2. L'APPARATO CRIOGENICO

La misura diretta della resistenza di Hall quantizzata in regime alternato richiede un apparato criogenico dedicato, con schermature e connessioni coassiali che minimizzino l'effetto dei parametri parassiti. È stato quindi realizzato un apparato criogenico che include un discendente coassiale e un magnete superconduttore. L'apparato consente di effettuare esperimenti alla temperatura di 4.2 K e con campi magnetici sino a 6 T, adeguati a dispositivi in grafene.

Il discendente può essere inserito in un dewar standard per elio liquido, con una porta di accesso di 50 mm di diametro. La Fig. 1 descrive il magnete superconduttore; la Fig. 2 mostra l'insero che scorre all'interno del criomagnete con il portacampioni. I campioni vengono montati su speciali portacampioni TO-8 che implementano una doppia schermatura [3] che minimizza la dipendenza dalla frequenza della resistenza di Hall causata da capacità parassite.

3. PRIME MISURE

Una prima verifica della funzionalità dell'apparato è stata condotta eseguendo misure, in regime continuo, su un campione (P151-24) in GaAs, mostrato in Fig. 2. La corrente di eccitazione $I = 0 \mu\text{A}$, $\pm 5 \mu\text{A}$, $\pm 20 \mu\text{A}$, $\pm 50 \mu\text{A}$ and $\pm 100 \mu\text{A}$ è fornita da un generatore di corrente continua appositamente realizzato. La tensione continua sui terminali di interesse è misurata da un nanovoltmetro a due canali (Agilent 34420A).

La Fig. 3 mostra la resistenza di Hall $R_H(B)$ in funzione del campo magnetico applicato B , per una corrente di misura $I = 20 \mu\text{A}$. Risultati comparabili, qui non mostrati, sono stati ottenuti incrementando la corrente sino a $I = 50 \mu\text{A}$. Si osservano i caratteristici plateaux dell'effetto Hall quantistico, per i fattori di riempimento $i = 2$ and $i = 4$. Sul plateau $i = 2$, R_H è costante su un intervallo di 0.2 T; la corrispondente resistenza longitudinale R_{xx} (non mostrata) è inferiore a 50 m Ω .



Figura 1: Il criomagnete, montato all'estremità del discendente, raggiunge un campo magnetico di 6 T a 4.2 K. Il magnete include un interruttore superconduttivo per operare in modo persistente.



Figura 2: La parte inferiore dell'inserto che si inserisce nel criomagnete. Lo schermo di ottone è stato rimosso per mostrare il portacampioni TO-8, che ospita un dispositivo in GaAs, e le connessioni coassiali.

4. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Gli esperimenti mostrano che l'apparato può essere impiegato per raggiungere la condizione di quantizzazione in dispositivi Hall e permettere l'esecuzione di misure in regime continuo. L'apparato è concepito per l'impiego con dispositivi singoli e array [4] che verranno sviluppati nel corso del progetto GIQS. L'apparato è pronto per l'impiego con un nuovo ponte completamente digitale, ora in sviluppo, che permetterà la taratura di un campione di capacità per confronto con R_H ; primi esperimenti potranno essere svolti con il campione in GaAs qui presentato.

5. RINGRAZIAMENTI

This project received funding from the European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR) co-financed by the Participating States and from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] A. F. Rigosi, A. R. Panna, S. U. Payagala, M. Kruskopf, M. E. Kraft, G. R. Jones, B. Wu, H. Lee, Y. Yang, J. Hu, D. G. Jarrett, D. B. Newell, and R. E. Elmquist, "Graphene devices for tabletop and high-current quantized Hall resistance standards," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 68, no. 6, pp. 1870–1878, June 2019.
- [2] L. Callegaro, V. D'Elia, M. Kampik, D. B. Kim, M. Ortolano, and F. Pourandesh, "Experiences with a two-terminal-pair digital impedance bridge," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 64, pp. 1460–1465, 2015.
- [3] B. P. Kibble and J. Schurr, "A novel double-shielding technique for ac quantum Hall measurement," *Metrologia*, vol. 45, no. 5, pp. L25–L27, sep 2008.
- [4] M. Kruskopf, A. F. Rigosi, A. R. Panna, D. K. Patel, H. Jin, M. Marzano, M. Berilla, D. B. Newell, and R. E. Elmquist, "Two-terminal and multi-terminal designs for next-generation quantized Hall resistance standards: Contact material and geometry," *IEEE Trans. Electron Dev.*, vol. 66, no. 9, pp. 3973–3977, Sep. 2019.

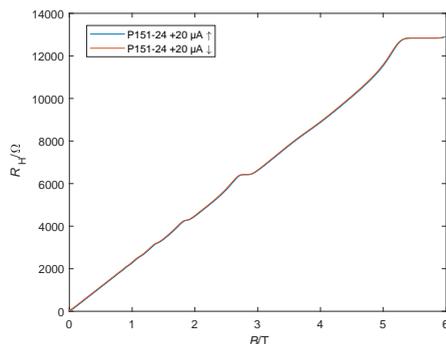


Figura 3: Resistenza di Hall R_H in funzione del campo magnetico B per una corrente applicata $I = 20 \mu\text{A}$, per campo magnetico ascendente (blu) e discendente (rosso).