



ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Il progetto QuAHMET, Quantum anomalous Hall effect materials and devices for metrology: attività all'INRIM

This is the author's accepted version of the contribution published as:

Original

Il progetto QuAHMET, Quantum anomalous Hall effect materials and devices for metrology: attività all'INRIM / Callegaro, Luca; Marzano, Martina; Medved, Juan; Gould, C.; Hoffmann, J.; Huang, N.; -Kaneko, N. H.; Kucera, J.; Molenkamp, L. W.; Onbasli, M. C.; Ozbay, A. G.; Scherer, H.; Kumar, S.. - (2024), pp. 215-216.

Availability:

This version is available at: 11696/82240 since: 2024-11-07T10:13:04Z

Publisher:

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

GMEE

Copyright degli Autori

(Article begins on next page)

IL PROGETTO QuAHMET, QUANTUM ANOMALOUS HALL EFFECT MATERIALS AND DEVICES FOR METROLOGY: ATTIVITÀ ALL'INRIM

L. Callegaro⁽¹⁾, C. Cassiago⁽¹⁾, A. Cultrera⁽¹⁾, V. D'Elia⁽¹⁾, E. Enrico⁽¹⁾, L. Fasolo⁽¹⁾,
E. Gasparotto⁽¹⁾, M. Marzano⁽¹⁾, J. Medved^(1,2), M. Ortolano⁽²⁾, D. Serazio⁽¹⁾, S. Kumar⁽³⁾

⁽¹⁾INRIM - Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, st. d. Cacce 91, 10135 Torino

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

⁽³⁾JV - Justervesenet - Norwegian Metrology Service, Fetveien 99, 2007 Kjeller, Norway

e.mail autore di riferimento: l.callegaro@inrim.it

1. INTRODUZIONE

L'effetto Hall quantistico (quantum Hall effect, QHE) è la base della realizzazione dell'unità SI di resistenza elettrica, l'ohm (Ω). I dispositivi QHE oggi impiegati sono in materiale semiconduttore (GaAs); il regime di quantizzazione si ottiene a bassa temperatura (1 K) e elevati campi magnetici (10 T), il che rende difficoltosa l'adozione al di fuori degli istituti metrologici primari. I dispositivi in grafene, più recenti [1] e ancora in fase di adozione attenuano solo in parte la difficoltà.

Nuovi materiali, gli *isolanti topologici*, mostrano il cosiddetto effetto Hall quantistico anomalo (Quantum Anomalous Hall Effect, QAHE) [2] anche in condizioni di campo magnetico debole o nullo, e suggeriscono la possibilità di realizzare campioni quantistici di resistenza che richiedano condizioni sperimentali più accessibili.

Il progetto *QuAHMET* — *Quantum anomalous Hall effect materials and devices for metrology* è un Joint Research Project dell'European Partnership on Metrology [3], sotto l'egida *Horizon Europe* della Commissione Europea, che si pone l'obiettivo di studiare il QAHE come campione quantistico di resistenza elettrica e promuoverne l'adozione.

2. IL PROGETTO: OBIETTIVI

Gli obiettivi specifici del progetto sono:

1. il miglioramento delle tecniche di crescita di isolanti topologici con doping magnetico (tra cui Bi_2Te_3 and Sb_2Te_3) per epitassia a fascio molecolare;
2. la caratterizzazione delle proprietà elettroniche, strutturali, magnetiche e magnetooptiche dei campioni in diverse condizioni di temperatura, corrente e campo magnetico;
3. lo studio delle proprietà magnetiche e strutturali con risoluzione spaziale, con metodi a scansione e magnetometria a bassa temperatura;
4. l'impiego di tecniche di metrologia primaria per la misura dei campioni QAHE ottimizzati, sia a temperature inferiori che superiori a 1 K, correnti superiori a 1 μA e campi magnetici deboli o nulli.
5. la disseminazione e la spinta all'adozione della tecnologia sviluppata nel progetto verso le organizzazioni metrologiche e normative, gli utenti finali, gli sviluppi applicativi quali spintronica e topological quantum computing.

2.1. IL PROGETTO: IMPLEMENTAZIONE

Il progetto è diviso in cinque workpackage, che interagiscono come mostrato in Fig. 1. Il Workpackage 5 è dedicato alla gestione del progetto. Il consorzio del progetto include 14 partners; tra questi, 7 istituti metrologici primari europei e uno giapponese, e 6 istituzioni universitarie e di ricerca applicata. La geografia dei partner è mostrata in Fig. 2.

3. ATTIVITÀ ALL'INRIM

L'INRIM è coinvolto nel progetto sui seguenti filoni principali:

- la realizzazione di un sistema di caratterizzazione elettrica che consenta sia la misura rapida di caratteristiche $I - V$ (in funzione del campo magnetico e della corrente applicata) dei dispositivi

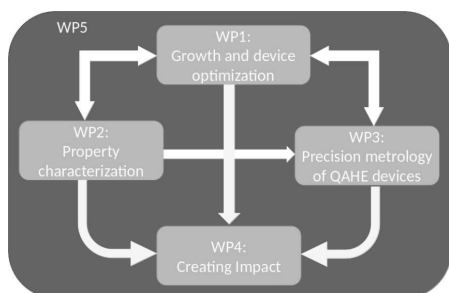


Figura 1: Rappresentazione grafica delle interazioni tra i cinque workpackage del progetto.

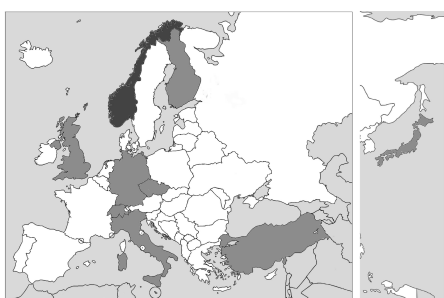


Figura 2: Mappa degli Stati dei partner del progetto.



Figura 3: Il criomagnete a diluizione per gli esperimenti QAHE presso l'INRIM. Il portacampioni è all'estremo inferiore del sistema ed è inserito nel criomagnete a 9 T.

QAHE, sia, per campo fissato, misure accurate di resistenza di Hall (con target di accuratezza relativa 10^{-5});

- la caratterizzazione dei dispositivi QAHE prodotti dai partner in un ambiente criogenico. Allo scopo è impiegato un criostato a diluizione, a secco, che consente di raggiungere temperature base inferiori a 100 mK, e dotato di un magnete superconduttore per campi magnetici sino a 9 T;
- la gestione del workpackage *Impact* del progetto.

4. PER CONNETTERSI AL PROGETTO

Il progetto segue una politica di *open science*. Le università, istituzioni di ricerca, laboratori metrologici sono benvenuti come *stakeholders* del progetto, che comunicherà con loro attraverso:

- il sito web, sites.google.com/inrim.it/quahmet/home
- il canale LinkedIn, www.linkedin.com/groups/8824119/
- il canale YouTube, www.youtube.com/channel/UCaHuyb8YzrjPnLUz7nSiauA
- una newsletter periodica.

Per connettersi al progetto, contattare Martina Marzano (m.marzano@inrim.it).

RINGRAZIAMENTI

The project 23FUN07 QuAHMET has received funding from the European Partnership on Metrology, co-financed from the European Union's Horizon Europe Research and Innovation Programme and by the Participating States.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] A. Chatterjee, M. Kruskopf, M. Götz, Y. Yin, E. Pesel, P. Gournay, B. Rolland, J. Kučera, S. Bauer, K. Pierz, B. Schumacher, and H. Scherer, "Performance and stability assessment of graphene-based quantum Hall devices for resistance metrology," *IEEE Trans. Instr. Meas.*, vol. 72, pp. 1–6, 2023.
- [2] C.-Z. Chang, C.-X. Liu, and A. H. MacDonald, "Colloquium: Quantum anomalous Hall effect," *Rev. Mod. Phys.*, vol. 95, p. 011002, Jan 2023.
- [3] "European Partnership on Metrology." [Online]. Available: <https://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership>