

In primo piano:

- Il GiTe2016 nella lettura di Massimo Macucci e di Monica Fabrizio
- *Back to fundamentals: Nature Communications* pubblica quattro lavori sulla connessione tra struttura elettronica e proprietà termoelettriche
- Kanatzidis e Toberer ricevono riconoscimenti per la loro attività sul termoelettrico

L'Editoriale

Due punti di vista sul GiTe 2016

di Massimo Macucci,
Università di Pisa

Si sono recentemente svolte le Giornate sulla Termoelettricità, che rappresentano un'occasione annuale di incontro e confronto per la comunità italiana che lavora nell'ambito dello studio e delle applicazioni dei fenomeni termoelettrici. È stata un'opportunità interessante per conoscere la grande varietà di attività intraprese, di elevato livello scientifico e con un contributo importante da parte dei giovani ricercatori. Le relazioni presentate hanno fornito l'immagine di una comunità molto attiva e ben connessa, con numerose e assidue interazioni.

I settori di ricerca coperti durante l'incontro hanno spaziato dallo sviluppo di nuovi materiali termoelettrici bulk al miglioramento delle prestazioni dei materiali tradizionali tramite nanostrutturazione o la deposizione in forma di film sottili, fino all'utilizzo di materiali organici.

L'attività presentata nel campo dei nuovi materiali bulk, orientata all'ottimizzazione di ZT e alla ricerca di nuove composizioni, soprattutto basate su elementi non rari e con buona compatibilità ambientale, apre prospettive interessanti per il futuro, anche se restano da superare al-

(Continua a pagina 4)

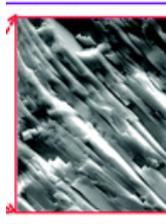
di Monica Fabrizio,
CNR—IENI, Padova

In un periodo complesso come quello attuale, il nostro convegno annuale è un momento di confronto scientifico e di proficuo scambio di idee non solo sulla termoelettricità, ma anche, più in generale, sulla nostra attività di ricercatori.

Quest'anno, e di ciò ringrazio sentitamente Dario Narducci e Giovanni Pennelli, abbiamo avuto come ospite Ugo Bardi, docente di chimica fisica presso l'università di Firenze e autore di *"The Limits to Growth Revisited"* (2011). In maniera brillante il professor Bardi ha illustrato il modello di Meadows sui limiti della crescita rendendolo attuale con dati recenti sulle riserve di combustibili fossili, sulle tecnologie per lo sfruttamento delle energie rinnovabili e sull'andamento della crescita della popolazione mondiale. Alla fine dell'intervento mi è parsa finalmente chiara e assolutamente ragionevole l'affermazione che su un pianeta finito i limiti sono inevitabili anche se non sappiamo precisamente dove siano. I limiti all'espansione fisica della economia umana sono flessibili, dinamici e interconnessi. Alcuni sono spinti al rialzo dalla tecnologia, alcuni sono intaccati dal superamento della capacità di carico e dalla cattiva

(Continua a pagina 3)

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



SnSe policristallino testurizzato presenta un elevato fattore di potenza

Nanocompositi

polimerici al

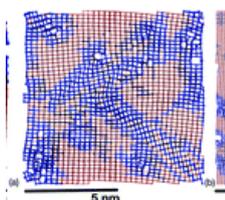
centro di

molte

pubblicazioni

apparse in

questi mesi



Bordi di grano e conducibilità termica

Breakthrough!

Anche se è ormai quasi una consuetudine, la presenza dei termoelettrici nelle riviste di alta gamma è più che significativa. Ai primi di gennaio *Nat. Comm.* ospita un lavoro sul ruolo della [degenerazione di banda nel tellurio](#) che, se certamente non particolarmente interessante sul piano applicativo, è di notevole interesse su quello concettuale. Nello stesso numero di *Nat. Comm.* appare anche un la-

voro su [dispositivi Peltier](#) basati su superreticoli di Sb_2Te_3/Bi_2Te_3 . Doppia presenza anche in febbraio sulle colonne di *Nat. Comm.*, che ospita un articolo di una collaborazione cino-statunitense su effetti di [multipla localizzazione fononica ed elettronica](#) in skutteruditi e un contributo sull'origine dell'[effetto Seebeck di spin](#) in materiali ferrimagnetici compensati. *Science Advances* risponde

con un importante lavoro di scuola inglese sull'[effetto Seebeck nei materiali superconduttori](#), la cui esistenza è stata oggetto di discussioni accese tra i fisici teorici per più di un secolo. *NPJ Comp. Mater.* chiude il bimestre con un'interessante rassegna sulle prospettive di ottimizzazione delle [proprietà di trasporto termico e di carica](#) nei termoelettrici.

Segnalazioni dalla letteratura

Ampia la selezione di lavori degni di segnalazione.

Kamran Behnia ha appena pubblicato sul [Phys. Rev. B](#) uno studio sull'effetto Seebeck in regime di hopping in $(TMTSF)_2PF_6$, un semiconduttore 1D.

Per cultori della materia il lavoro pubblicato sul [J. Phys. A](#) da Robert Alicki sulla termodinamica dei TEG.

Davide Donadio firma su [Nanoscale](#) uno studio sui bordi di grano ed il loro effetto sulla conducibilità termica in sistemi gerarchici.

MnSi al centro invece di un recente [Phys. Rev. B](#) di scuola giapponese mentre [Adv. Energy Mater.](#) presenta le notevoli proprietà termoelettriche di una polianilina contenente grafene e nanotubi di carbonio.

Sempre [Adv. Energy Mater.](#) ospita un interessante lavoro

sull'[energy filtering](#) e le sue applicazioni in nanocompositi polimerici.

Restando in tema di polimeri, [RSC Adv.](#) descrive le interessanti caratteristiche di un nanocomposito piuttosto complesso, il GINC (PVAc/PEDOT:PSS/grafene-ossido di ferro).

Di rilievo anche la comunicazione apparsa su [Adv. Mater.](#) sullo [switching n-p](#) in nanocompositi polimerici contenenti nanotubi di carbonio.

Chiudiamo quest'ampia sezione sui polimeri con un [Chem. Mater.](#) sull'effetto di trattamenti di strizione sulle proprietà termoelettriche di polimeri.

SnSe policristallino e effetto della testurizzazione sul suo fattore di potenza sono gli argomenti discussi in un lavoro recentemente pubblicato dal [J Mater Chem A](#).

Tutto invece sul versante dei dispositivi il recente [Nano Lett.](#) a firma congiunta del RIKEN e dell'Università di Tokyo sull'impiego di WSe_2 in dispositivi termoelettrici planari.

Ancora dispositivi, ma questa volta indossabili, in un [Appl. Energy](#) su tessuti in grado di convertire il calore rilasciato dal corpo umano.

Ultima segnalazione per un lavoro di impianto decisamente più teorico su coefficiente Seebeck e [quantum size effect](#) apparso su [Phys. Scripta](#).

Anno 3, Numero 1

L'Editoriale

(Continua da pagina 1)

gestione. Se ne evitiamo uno ma continuiamo a crescere, ne dovremo affrontare un altro che diventerà a sua volta il nuovo *rate determining step*. Come tutti i modelli globalisti, il modello di Meadows solleva obiezioni e perplessità ma comunque è utile perché costringe a riflettere su come la ricerca scientifica e tecno-economica possano indurre un positivo *breakthrough* che permetta di invertire la tendenza attuale.

Per quanto riguarda la nostra piccola ma agguerrita comunità scientifica, anche in settori di nicchia quale la termoelettricità, la ricerca può contribuire a gestire exergeticamente le risorse che abbiamo a disposizione, limitando così la produzione di "rifiuti energetici".

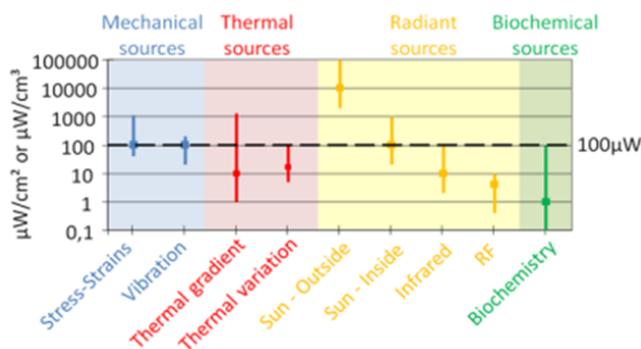
Questo concetto è stato espresso più o meno esplicitamente in molte presentazioni del GiTE 2016 e l'impiego della tecnologia TEG nell'*Internet of Things* è un modo per dimostrare l'importanza e l'attualità della sua integrazione come tecnologia abilitante in sistemi avanzati.

L'IoT è un nuovo paradigma secondo il quale il mondo virtuale delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione è strettamente integrato con il mondo fisico. Secondo la *Strategic Research Agenda of the Cluster of European Research Projects*, IoT è una infrastruttura di rete globale e dinamica capace di auto-configurarsi, dove gli oggetti sia fisici sia virtuali hanno

identità e attributi fisici e utilizzando interfacce intelligenti sono perfettamente integrati nella rete info-telematica. L'idea di IoT si basa sulla presenza pervasiva di oggetti (RFID, sensori, attuatori, telefoni cellulari, ecc.) che sono in grado di interagire tra loro e cooperare con i loro vicini per raggiungere uno scopo specifico. Grazie ai recenti progressi della miniaturizzazione e alla diminuzione dei costi, l'IoT sta progressivamente acquisendo un ruolo rilevante per l'industria e per gli utenti finali. Secondo il *National Intelligence Council* americano "entro il 2025 molti oggetti della vita quotidiana diventeranno nodi di Internet".

Caratteristica peculiare dell'*Internet of Things* è quindi l'onnipresenza, necessaria per permettere l'accesso "ovunque ed in ogni momento" alle "cose". Com'è facilmente intuibile, la maggior parte dei dispositivi necessari all'implementazione dell'IoT sarà dedicata al monitoraggio e al controllo, magari in aree di difficile accesso. Questo richiede la messa a punto di sistemi miniaturizzati e di fatto autonomi in operazioni di rilevamento/azionamento, elaborazione dei dati e trasmissione wireless che richiedono alimentazione e ricarica continua ed affidabile. Questo significa in primo luogo la sostituzione delle più economiche e disponibili batterie usa-e-getta ora impiegate nei sistemi non interconnessi con batterie ricaricabili ed è in quest'ambito che l'energy harvesting da sorgenti am-

bientali può diventare la tecnologia vincente da accoppiare allo *storage* per la diffusione dell'IoT.



E qui interviene la termoelettricità. Infatti, sebbene siano allo studio varie tecnologie di *energy harvesting* ambientale per l'IoT, le sorgenti termoelettriche sono considerate fra le più promettenti in termini di ingegnerizzazione per l'alimentazione o la carica di un piccolo dispositivo elettronico. Alcune aziende stanno già prevedendo lo scale-up della tecnologia TEG e ancora una volta la sfida per una "soluzione termoelettrica" dell'*energy harvesting*, supponendo ovviamente di aver risolto le questioni tecnologiche relative ai materiali ancillari e alla geometria dei moduli, è quella di aumentare l'efficienza intrinseca dei materiali "reali", al fine di convertire qualche mW in più dell'energia termica sfruttabile.

Considerando la posta in gioco vale la pena di continuare a lavorarci sopra.

Densità di potenza delle principali tecnologie di *energy harvesting* prima della conversione in energia elettrica (Fonte: CEA-Leti)

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



Ugo Bardi ospite d'onore al CiTe 2016

In corso la
consultazione
sul programma
PRIMA
*(Research in
Mediterranean
Area)*



Assegnati i primi premi CiTe—AIT

L'Editoriale

(Continua da pagina 1)

cune difficoltà come il degrado delle proprietà termoelettriche causato dalla presenza di difetti e di fasi diverse da quella principale o come le proprietà meccaniche ancora non ottimali per certi composti.

Le sessioni su silicio e nanofili e sui film sottili hanno offerto una panoramica degli sforzi volti a migliorare le prestazioni termoelettriche del materiale di base per l'elettronica, tramite nanostrutturazione o particolari processi di annealing.

Oltre a quelli in silicio, sono stati considerati anche i nanofili in ossido di zinco, materiale che può raggiungere interessanti valori di ZT se la conducibilità elettrica viene elevata tramite opportuno drogaggio. Per quanto riguarda tale materiale sono stati presi in esame anche i film sottili,

per i quali si sono osservate significative riduzioni della conducibilità termica in conseguenza dei difetti che compaiono spontaneamente, come i bordi di grano e le dislocazioni. Un comportamento simile è stato osservato anche su film sottili di antimoniuro di zinco, che rappresenta un altro interessante candidato per lo sfruttamento dei fenomeni termoelettri-

ci. Inoltre sono state discusse le possibilità offerte dal filtraggio in energia tramite opportune combinazioni di barriere di potenziale e l'effettiva applicabilità di questo concetto in pratica.

Nell'ambito della sessione su dispositivi, moduli e applicazioni sono state presentate una varietà di realizzazioni sperimentali, consistenti sia in sistemi di misura per la rilevazione accurata dei parametri di moduli termoelettrici sia in generatori termoelettrici completi che sfruttano la combustione di gas o il calore di scarto di impianti industriali o di microturbine, oltre che il flusso termico proveniente dal corpo umano.

Infine l'ultima sessione è stata focalizzata sui materiali termoelettrici organici, con una particolare attenzione anche in questo caso al recupero di energia dal calore disperso dal corpo umano, oltre che ad aspetti di ottimizzazione del fattore di merito tramite caricamento di polimeri conduttori con nanoparticelle o di perfezionamento del drogaggio di tipo n di polimeri coniugati.

Sia nello sviluppo di nuovi materiali sia nella realizzazione di dispositivi e di strumentazione per misure l'enfasi è sempre stata sulle

possibilità di applicazione della termoelettricità: da una parte il recupero di piccola quantità di energia con sistemi sempre meno invasivi per consentire il funzionamento di sensori o dispositivi autonomi, dall'altra lo sfruttamento del calore di scarto dei processi industriali. Mentre dal punto di vista dell'alimentazione di sistemi autonomi a basso consumo l'efficienza non è essenziale, l'opposto è vero se si vuole rendere economicamente possibile lo sfruttamento del calore disponibile in ambito industriale. In particolare, è emersa la necessità di ottimizzare ogni aspetto del processo di prelievo del calore e della sua conversione termoelettrica, perché limiti importanti possono derivare da aspetti ai quali fino a ora non era stata prestata grandissima attenzione.

Anno 3, Numero 1

Bandi

Come ben noto, il bando PRIN 2015 si è chiuso con la presentazione di più di 4000 progetti a livello nazionale. Tra questi ci piace citare quello promosso da AIT per lo sviluppo di *facilities* di caratterizzazione di materiali termoelettrici che, al di là delle chance poissoniane di finanziamento, è stato animato da uno spirito di condivisione e di mutua fiducia non proprio frequente in questo genere di iniziative.

Segnaliamo che è ancora aperta la consultazione pubblica sul programma PRIMA (*Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area*). Dettagli e modulo di partecipazione sono [disponibili](#) sul sito della Comunità Europea.

Sono state poi pubblicate le [FAQ](#) relative alla call H2020 sull'*Energy Efficiency*.

Chiudiamo con una opportunità per i più giovani: è ancora possibile presentare

domande per una [Tenure-track](#) (*Junior Research Group Leader*) presso l'IFW di Dresda. Tra le tematiche di interesse quella dei materiali termoelettrici.



A Kanatzidis la 2015 Wilhelm Man-
chot Research
Professorship

Convegni e scuole

Appena trascorsa la *deadline* per l'invio degli *abstract* all'[ICT-ACT 2016](#), che si terrà a Wuhan, Cina, dal 29 maggio al 2 giugno. Le preiscrizioni chiudono invece il 15 aprile.

Novità anche per l'ECT 2016 di Lisbona, che si terrà

dal 20 al 23 settembre. Attive le preiscrizioni sul [sito congressuale](#). *Early Registration* entro il 16 maggio mentre gli *abstract* devono pervenire entro il 31 maggio. I manoscritti devono invece essere trasmessi entro il 10 settembre.

Alle porte infine l'EMRS di Lille, con due sessioni ([W](#) e [Z](#)) che toccano tematiche relative alla termoelettricità.

Varie e termoelettriche

Due importanti riconoscimenti internazionali per la termoelettricità. Il Dipartimento di Chimica della *Technical University of Munich* (TUM) ha conferito a Mercuri Kanatzidis (Northwestern) la [2015 Wilhelm Man-
chot Research Pro-
fessorship](#) per i suoi fondamentali contributi allo sviluppo di nuovi materiali termoelettrici.

Eric Toberer (Colorado Mines) ha invece ricevuto il

prestigioso *NSF Career Award* che sosterrà con 625.000 \$ un progetto su "Control of Charge Carrier Dynamics in Complex Thermoelectric Semiconductors".

Certamente meno prestigiosi ma senz'altro benaugurali i primi due premi assegnati nel corso del GiTe2016 di Pisa a Elisabetta Dimaggio e a Daniela Galliani per le migliori presentazioni junior.

Di tutt'altro genere infine la

segnalazione da NanoHUB di un [applicativo](#) per la simulazione della potenza generabile nella conversione termoelettrica in *microharvester* e sistemi di recupero massivo di calore. La firma di Ali Shakouri lo rende senz'altro degno di attenzione.



Eric Toberer rice-
ve l'*NSF Career
Award*

Associazione Italiana di Termoelettricità

Presidente: Dario Narducci
Segretario Generale: Monica Fabrizio
Comitato Esecutivo: Stefano Boldrini, Carlo Fanciulli, Giovanni Pennelli
Consiglio Direttivo: Umberto Anselmi-Tamburini, Simone Battiston, Alberto Castelleri, Bruno Lorenzi, Antonella Rizzo

Posta elettronica:
associtalte@gmail.com
Twitter: @AIT_ItTS
Sito web: ait.ieni.cnr.it
AIT è anche su [Facebook](#) e su [LinkedIn](#)


Organizzazione

L'Associazione Italiana di Termoelettricità

Dallo Statuto dell'AIT:

“La Associazione ha lo scopo di promuovere lo studio e la ricerca nel settore dei fenomeni termoelettrici e delle loro applicazioni e in particolare (a) di favorire e incrementare la ricerca scientifica nel settore della termoelettricità; (b) di divulgare la conoscenza dei fenomeni termoelettrici e l'importanza delle loro applicazioni nel quadro del benessere e del progresso nazionale, europeo e mondiale; (c) di attivare e mantenere relazioni con associazioni, società ed organizzazioni nazionali di altri paesi aventi analoghi scopi e con la European e la International Thermoelectric Society; (d) di promuovere e favorire lo studio dei fenomeni termoelettrici nelle università e nelle scuole di ogni ordine e grado.”

AIT su
Internet:
ait.ieni.cnr.it

Come iscriversi all'AIT

Il modulo di iscrizione è [scaricabile](#) dalla rete.

Sono disponibili tre livelli di associazione:

- socio junior, riservato a chi ha fino a 35 anni e a quanti, indipendentemente dall'età, non abbiano un lavoro né fisso né temporaneo al momento dell'iscrizione (la borsa di dottorato *non* è un lavoro -- né temporaneo né tanto meno fisso). La quota di iscrizione è di 25 €;
- socio attivo, con una quota di iscrizione pari a

50 €;

- socio sostenitore, con una quota di iscrizione di 100 € — una forma associativa pensata per chi volesse (e potesse) sostenere con uno sforzo speciale la crescita dell'AIT.

Tutti i soci (juniores, attivi e sostenitori) partecipano alla attività dell'Associazione con gli stessi diritti e doveri.

Come meglio specificato nel modulo di iscrizione, la quota associativa può essere saldata con bonifico

bancario. Su richiesta verrà rilasciata una ricevuta di pagamento oltre ovviamente alla tessera associativa.