



In primo piano:

- Scelta la sede del GiTe 2017
- Caro Fanciulli discute la maturità tecnologica della generazione termoelettrica
- L'ICT 2016 accende i motori

L'Editoriale

Dal materiale alla tecnologia, ovvero, cosa si può fare per rendere la termoelettricità una tecnologia efficace?

*di Carlo Fanciulli**

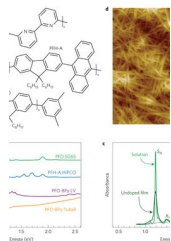
Perché comperare un modulo termoelettrico per la generazione è tanto difficile? Non so quanti di voi abbiano provato a reperire moduli da generazione sul mercato: essendomi trovato, nel corso del passato recente, a lavorare allo sviluppo di soluzioni applicative basate su tecnologia termoelettrica, ho scoperto che uno dei maggiori impedimenti dal punto di vista tecnologico è la difficoltà di recuperare proprio il modulo. A chi ha avuto occasione di frequentare manifestazioni internazionali sulla termoelettricità (ICT, ECT, simposi...), sarà saltata subito all'occhio la presenza "massiccia" di gruppi, industriali e non, che presentano moduli termoelettrici realizzati in fogge diverse, con svariate taglie e basati sui materiali più recenti ed innovativi. Sin dal lontano 2005, data della mia prima par-

tecipazione ad un ECT, l'ambito della generazione ha svolto il ruolo di motore dello sviluppo dei materiali, lasciando come contesto di nicchia quello associato alle pompe di calore. Guardando le specifiche comunemente richieste ad un materiale, non si può non notare come esse siano principalmente legate ad una prospettiva di impiego per la generazione di potenza (capacità di operare ad alte temperature, sotto forti gradienti, resistenti all'ossidazione, stabili, non tossici...). Malgrado tutto questo, l'unico ambito applicativo ad oggi realmente sostenuto dalla tecnologia termoelettrica è, di fatto, quello del cooling. Una ragione per questa situazione si trova nelle minori criticità operative presenti in questo ambito rispetto al contesto di generazione. Ricordando che il *device* non è costitui-

to dal solo materiale termoelettrico attivo, le tecnologie, o meglio, i supporti tecnici ad oggi disponibili su scala industriale, offrono soluzioni efficaci per la realizzazione di oggetti che operino a temperature prossime a quella ambiente, mentre manifestano limiti nella realizzazione di elementi operanti in condizioni più critiche, quali ad esempio le alte temperature. Accade quindi che, andando alla ricerca di un elemento termoelettrico per lo sviluppo di una nuova applicazione, ci si imbatta facilmente in moduli Peltier di dimensioni molto varie e con prestazioni in grado di offrire una scelta quasi ad hoc per i diversi contesti, mentre si incontrino tali difficoltà nel reperire moduli TEG da portare a desistere nella ricerca. Altro aspetto che suscita perplessità è l'assenza di

(Continua a pagina 4)

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



'Drogare' SWCNT con molecole organiche

TEG per il
body heat
harvesting

Breakthrough!

Due segnalazioni dall'universo delle riviste ad altissimo impatto.

Nell'infinita (e ormai un po' inquietante) sequenza di *spin-off* di *Nature*, la neonata *Nature Energy* ospita uno studio combinato teorico e sperimentale che mostra come nanotubi di carbonio semiconduttori a parete singola, con una distribuzione di chiralità attentamente controllata e con una idonea densità di portatori siano in grado di sviluppare elevati fattori di potenza termoelettrica, superiori a $340 \mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$. Valori quindi decisa-

mente superiori a quelli precedentemente osservati in film di nanotubi di carbonio – e paragonabili a quelli che caratterizzano i polimeri conduttori più performanti. Interessante, al di là dell'aspetto strettamente applicativo (oggettivamente opinabile), l'analisi della relazione tra organizzazione strutturale e proprietà di trasporto.

Energy & Environ. Sci. ospita invece una interessante rassegna sul *body heat harvesting* ("Designing thermoelectric generators for self-powered wearable electro-

nics") firmata da ricercatori della North Carolina State.

Segnalazioni dalla letteratura

Non enorme la lista di lavori apparsi nel bimestre, forse anche a compensare la notevole messe di pubblicazioni anche ad altissimo impatto dei mesi scorsi.

Cominciamo con uno studio di scuola californiana sullo *scattering* dei portatori in nanocompositi ibridi PE-DOT:PSS-Te-Cu_xTe apparso su *Nano Lett.*

Il *J. Mater. Chem. C* ospita invece lo studio, condotto da un'ampia collaborazione internazionale, di tecniche di *screening* computazionale finalizzate alla predizione e all'individuazione di nuovi materiali ad elevata efficienza termoelettrica. Il lavoro analizza più di 48000 com-

posti inorganici.

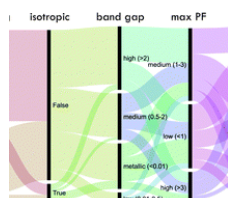
Goupil pubblica su *Eur. J. Phys. Plus* un lavoro di carattere fondamentale sulla natura fisica del coefficiente di Seebeck e la sua interpretabilità in termini semiclassici.

Su *APL Mater.* un gruppo di ricerca dell'Università del Maryland presentano i risultati della validazione termoelettrica di RuSe₂.

Scripta Mater. ospita un lavoro sugli HMS ad alta efficienza ottenuti per SPS.

Energy Technology analizza l'effetto del drogaggio con indio di film sottili di Cu₃SbSe₄.

Segnaliamo anche alcuni *preprint*. Uno, particolarmente interessante, a firma di Joseph Heremans sull'effetto Seebeck di spin nei nanocompositi, lo troviamo su *arXiv*. Un altro *preprint* (accettato da *Advanced Functional Materials*), scaricabile da *MathPubs* affronta il ruolo delle impurezze ionizzate nelle proprietà termoelettriche di AgPb_mSnSe_{2+m}. Infine, ancora *arXiv* propone una interessante rassegna sui fenomeni termoelettrici non lineari.



Alla ricerca di nuovi materiali termoelettrici

Anno 3, Numero 2

Done in Italy

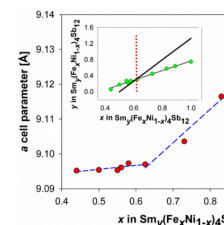
Segnaliamo con piacere tre lavori di scuola italiana sulle termoelettricità.

Nasce da una collaborazione tra Genova, Lecco e Torino lo studio "Correlations between Structural and Electronic Properties in the Filled Skutterudite $\text{Sm}_y(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_4\text{Sb}_{12}$ ", firmato da Artini, Zanicchi, Costa,

Carnasciali, Fanciulli e Carlini, apparso su [Inorganic Chemistry](#).

Internazionale invece la collaborazione (Bosisio, Fleury, Pichard e Gorini) che pubblica sul [Physical Review B](#) l'articolo "Nanowire-based thermoelectric ratchet in the hopping regime".

Viene infine da Pisa il lavoro firmato da Pennelli e Macucci su "High-power thermoelectric generators based on nanostructured silicon", apparso su [Semiconductor Science and Technology](#).



Struttura e proprietà elettroniche di skutteruditi

Convegni e scuole

Si è appena concluso il 2016 E-MRS Spring Meeting, quest'anno eccezionalmente a Lille (ma che dal prossimo anno tornerà nella sua sede storica di Strasburgo). Due sessioni ([W](#) e [Z](#)) che hanno toccato tematiche termoelettriche, con una presenza italiana qualitativamente e quantitativamente pregevole.

Si avvicina invece l'[ICT-ACT 2016](#), che si terrà a Wu-

han, Cina, dal 29 maggio al 2 giugno. Ne daremo ampia copertura nel numero di maggio—giugno, anche a favore dei molti che non possono purtroppo partecipare per motivi budgettari. Ricordiamo, ove servisse, 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.

Scelta infine la sede del GiTe 2017. Ci si vede a Torino. Date ancora da definire ma la tradizione del mese di febbraio sarà rispettata.

Scelta la sede del GiTe 2017: appuntamento a Torino per il prossimo febbraio

Industria e dintorni

Alphabet Energy [annuncia](#) che, dopo la prima vendita del proprio generatore E1 nelle shale di Eagle Ford, in Texas, ha iniziato in questo mese l'installazione del secondo E1 alla Utica shale, ai confini tra USA e Canada. In entrambi i casi i generatori producono energia a partire dagli scarichi di bassa temperatura dei motori termici usati nella prospezione geopetrochimica, fornendo 25 kW elettrici altri-

menti non disponibili in regioni remote e scarsamente urbanizzate.

Ancora in fase prototipale un [impianto termoelettrico](#) sviluppato dalla Malaysia's Universiti Teknologi e la RMIT University in Australia. L'obiettivo dichiarato è il recupero di energia a valle di un sistema di riciclo termico di fluidi di raffreddamento. La resa termoelettrica attesa è dello 0.5%.

Segnaliamo anche una nuova analisi di mercato sui termoelettrici. La ricerca di mercato è ovviamente a pagamento ma alcuni elementi relativi agli ostacoli che i TEG dovranno superare per aprire mercati più ampi sono gratuitamente disponibili sul sito di [Industry Today](#).



Alphabet Energy installa il suo secondo E1

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità

L'Editoriale

(Continua da pagina 1)

un'offerta che integri quei materiali ottimizzati per operare nei regimi più interessanti per il recupero di calore. Eppure, proprio in occasione dei convegni, vengono presentati oggetti finiti, apparentemente funzionanti e corredati da documentazione completa. Ma al momento della fornitura di questi elementi, le porte spesso si chiudono. Succede quindi che una tecnologia che si offre sul mercato dell'energia con un approccio vincente, quello del recupero dello spreco energetico sotto forma di calore, tradisce le attese nei fatti ostacolando il proprio successo.

Ad oggi le applicazioni generative o co-generative integranti elementi termoelettrici non sono tanto consolidate da offrire un mercato utile alla sopravvivenza di un'azienda. I costi della realizzazione dei dispositivi, siano essi moduli o sistemi complessi, sono ancora troppo elevati per essere considerati competitivi e i numeri attesi, considerate le attuali efficienze ottenibili, non prospettano un maggiore ammortamento dei costi attraverso una larga distribuzione. Sono poche le realtà in cui sono state maturate competenze trasversali, che spaziano dal materiale al *device*, abba-

stanza solide da portare avanti uno sviluppo armonico della tecnologia. I produttori scelgono quindi di investire in sviluppi personalizzati, a partire da richieste specifiche; una strategia che oltre ad eliminare in parte il rischio di impresa, rende il fattore economico meno impattante. Tuttavia, questo approccio porta a tecnologie di modulo non commerciali, perché associate a specifiche caratteristiche e necessità, con soluzioni spesso non ottimizzate, vista la natura prototipale dei dispositivi realizzati.

Ma cosa possiamo fare nella nostra veste di ricercatori? Quali leve siamo in grado di muovere per cambiare questo stato delle cose?

Non del tutto pessimista, credo che alcuni accorgimenti possano aiutarci a migliorare la situazione. Il primo passo è quello di migliorare la comunicazione verso quegli attori che potrebbero offrire non solo un sostegno economico, oggi più che mai utile, ma anche un aiuto a evidenziare le carenze nel nostro approccio. L'informazione non deve trasmettere solo le potenzialità di una tecnologia raffinata, oggi purtroppo diffusa solo in contesti accessori da basso profilo, ma anche quelle criticità che ne stanno limitando

la crescita. Questo può sembrare poco astuto ma ci pone al riparo da un effetto "aspettativa tradita" nei confronti di chi si accosta a questa tecnologia, che a lungo termine risulta lesivo per lo sviluppo. Tra le missioni dell'AIT proprio questo aspetto è tenuto in forte considerazione, la comunità può quindi diventare lo strumento per elaborare e portare un messaggio comune ed efficace.

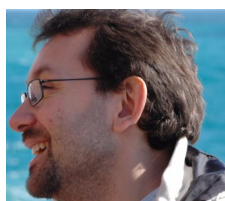
Un secondo aspetto su cui è fondamentale riflettere è legato al lavoro di ricerca sui materiali. La comunità scientifica sta sostenendo lo sviluppo di materiali innovativi facendo leva sulla scarsa disponibilità del tellurio, elemento comune ai materiali diffusi commercialmente. Partendo da questi presupposti sono state proposte numerose alternative capaci, se opportunamente confezionate, di prestazioni superiori a quelle comunemente disponibili. Tuttavia, raramente vengono presi in considerazione gli aspetti relativi a sintesi e processi su questi nuovi materiali, che devono essere tali da poter sostenere l'eventuale up-scale di richiesta nato dall'incremento prestazionale della tecnologia. Inoltre, molte delle strategie proposte negli anni volte al

(Continua a pagina 5)



Rimpiazzare il tellurio nei materiali TE

Come portare i
TEG fuori dalla
valle della
morte tra
prototipo e
mercato?



Carlo Fanciulli è ricercatore del CNR-IENT di Lecco

Anno 3, Numero 2

L'Editoriale

(Continua da pagina 4)

miglioramento delle caratteristiche di diversi materiali non sono stati trasferite in oggetti di tecnologia. Questo è in parte sicuramente legato alla reticenza al cambiamento di chi ha già investito e non vuole veder morire il proprio prodotto. Tuttavia, riproducibilità, scalabilità, possibile integrazione in un sistema, sono aspetti della ricerca da cui non ci si può esimere e molto spesso sono stati elementi critici per la comunità termoelettrica. Un esempio che mi viene in mente è quello legato ai risultati ottenuti su sistemi a film sottile di calcogenuri: oltre alla loro scarsa riproducibilità, la difficoltà di ottenere un analogo riscontro in un contesto a più facile trasferimento tecnologico ha limitato questo successo unicamente alla comunità scientifica. Malgrado l'indubbio valore del lavoro, l'effetto che ha procurato è stato un innalzamento degli standard, che però resta solo nominale e crea un pesante fardello per chi cerca di raggiungere un alto livello di readi-

ness. Infatti, i valori di ZT raggiunti in questi contesti, lontani da un possibile trasferimento, diventano riferimento anche per chi opera con oggetti meno "sostanziosi" ma più vicini al *device*. Questo porta ad un gap fortemente penalizzante per la tecnologia che si presenta con $ZT=3$ ma lavora con $ZT<1$...

Un ultimo aspetto su cui è necessario concentrarsi è l'integrazione dei materiali, siano essi nuovi o semplicemente ottimizzati, in un dispositivo. Questo implica conoscere quello che sta a valle del materiale: lo stesso Rowe, nell'ultima edizione del suo manuale di termoelettricità, ha inserito una serie di sezioni dedicate ai moduli e all'assemblaggio di un sistema termoelettrico. Le tecnologie necessarie alla realizzazione del modulo, i sistemi per la dissipazione del calore o la realizzazione di giunti termici, sono tutti elementi che sembrano lontani o accessori per chi sviluppa materiali, ma possono incidere sulle prestazioni finali del dispositivo quanto, se non più, le ottimizzazioni operate sul materiale. Questo

aspetto dovrebbe indurre a considerare maggiormente la tecnologia termoelettrica nella sua complessità: la nostra associazione, nella sua multidisciplinarietà, ha operato un primo passo in questa direzione spingendo al confronto i protagonisti dei diversi anelli della catena che porta al dispositivo termoelettrico. Ciò che però si può osservare partecipando agli incontri, è che ancora l'attenzione della comunità è molto focalizzata sul solo materiale, con un approccio ancora molto pilotato dall'essere "scienziati". Il percorso è lungo e carico di incertezze ma le opportunità presumo si presenteranno; a noi saperci indirizzare in modo da poter essere efficaci nella nostra azione.

* IENI—CNR, Sede di Lecco

Bandi

Nella perdurante assenza di bandi H2020 orientati alle problematiche di recupero energetico (e al termoelettrico comunque declinato) segnaliamo comunque che la lotta dei FET-Open (RIA/CSA) ha una nuova scadenza per l'invio delle domande fissata al prossimo 11 maggio. In palio 87 M€. Tutti i dettagli alla pagina web della [Commissione](#).

Il [MIUR](#) informa inoltre di aver assegnato in data 29 marzo un totale di 2.2 M€ a progetti competitivi gestiti dai consorzi interuniversitari. Coinvolti INSTM (406 k€) e CNISM (86 k€). Non risultano ancora emessi i relativi bandi. Chi ne avesse notizia è pregato ovviamente di segnalarlo.

Emesso anche un bando INSTM riservato alle sedi lombarde e che

è reperibile a questa [URL](#). Sottolineiamo che il bando INSTM è di interesse paritetico per fisici, chimici ed ingegneri, dato che quasi tutte le sedi universitarie sono associate a INSTM e le domande possono essere presentate anche da ricercatori non ancora associati ad INSTM.

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 Castellero, 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.