

Associazione Italiana di Termoelettricità



In primo piano:

- Dario Narducci condivide alcune riflessioni sulle prospettive della ricerca sulla termoelettricità
- Varenna 2019: a breve l'apertura delle pre-iscrizioni
- Aggiornamenti sui prossimi congressi

L'Editoriale

Big Science, small money, cool minds di Dario Narducci*

Le vacanze estive sono spesso una buona occasione per fermarsi a riflettere con calma sulle ragioni di fondo del lavoro che tutti facciamo e anche sulle difficoltà che, soprattutto nell'ultimo periodo, stiamo incontrando. Negli ultimi numeri del *Bollettino* molti editoriali si sono soffermati sulle ragioni alla base della disattenzione che stiamo osservando, non solo a livello nazionale, rispetto alla ricerca nel campo della termoelettricità. Nel numero di maggio-giugno i colleghi Bellucci e Trucchi hanno discusso come, piuttosto curiosamente, un progetto europeo che avrebbe previsto l'impiego di termoelettrici per la conversione di calore ad alta temperatura si sia reindirizzato verso tecnologie più tradizionali, ricorrendo a motori termici convenzionali. E Monica Fabrizio ci ha recentemente aggiornato sulle linee di tendenza di *Horizon Europe*, che punta decisamente verso un'idea della innovazione techno-

logica prevalentemente basata sull'impiego di algoritmi di intelligenza artificiale e di data mining. Se poi andiamo più indietro, la lista si allunga considerevolmente, e fa buon paio con le considerazioni che tutti gli anni concludono le *Giornate sulla Termoelettricità* nella loro tavola rotonda. Se sul fronte industriale l'ottimismo è un dovere d'ufficio, su quello accademico spesso si ha la sensazione, lo dico primariamente come autocritica, che ad essere un dovere d'ufficio sia il pessimismo – quando non addirittura il vittimismo. Siamo belli, siamo bravi, ma nessuno ci considera. Noi siamo sempre dalla parte del giusto e gli altri da quella del torto. Ma siamo poi sicuri che stiano davvero così le cose?

A rischio di attirarmi forse qualche antipatia, provo a mettermi per un attimo dalla parte del pubblico decisore, cioè di quelle figure spesso non molto visibili che decidono gli orientamenti, le

tematiche e le priorità dei bandi di ricerca comunitari (di quelli nazionali non vale la pena di parlare, visto che di fatto non ce ne sono da tempo, se escludiamo i PRIN). Voglio anche immaginare, per amore di discorso, che dietro le loro decisioni non vi siano lobby, poteri oscuri o altre macchinazioni che renderebbero evidentemente tutto questo ragionamento piuttosto privo di senso. Non lo creda davvero fino in fondo, sia chiaro, ma penso possa essere utile fingere di ritenerlo.

Un decisore pubblico rende conto delle proprie scelte alla sua comunità di riferimento, che in modo più o meno indiretto lo ha designato in quel ruolo. Rende conto, come si dice, al *tax payer*, che, se poco sa di scienza e di tecnologia, si rende comunque conto alla lunga se gli investimenti che vengono fatti hanno un ritorno sociale di qualche genere. Per

(Continua a pagina 2)

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità

L'Editoriale

(Continua da pagina 1)

ritorno sociale ovviamente non intendo soltanto un impatto immediato sulla vita di ciascuno ma più in generale un impatto indiretto, attraverso il volano dell'economia, della crescita industriale e della competitività sul mercato globale. Cosa serve all'Europa in questo momento? Molte cose, ovviamente, ma dal punto di vista tecnologico certamente le priorità individuate da *Horizon 2020* non sono state casuali. Una notevole attenzione alle tematiche della salute, soprattutto dal punto di vista della prevenzione e del supporto alla "cittadinanza debole". Poi alcune tematiche sociali, dalla sicurezza al controllo dei confini che, seppure importanti dal punto di vista politico, poco hanno impattato in realtà sui bilanci della Commissione. Per quanto attiene le scienze dure, un forte accento è stato posto sullo sviluppo delle tecnologie digitali, che entrano a vario titolo nella vita di tutti e che costituiscono un volano economico estremamente importante a livello globale. Sono invece restate sostanzialmente fuori alcune tematiche che avevano un certo peso nel Settimo Programma Quadro. A leggere i bandi della Comunità Europea pare che il problema energetico sia stato allegramente risolto, con qualche soldo riservato soltanto alle applicazioni tecnologiche ad alto TRL del fotovoltaico – e a qualche bizzarro colpo

di coda delle bioraffinerie. Anche nell'elettronica, che pure ha uno spazio significativo attraverso i cosiddetti programmi transnazionali, l'enfasi è sembrata posta più sulla maturazione di tecnologie esistenti che non sullo sviluppo di nuove tecnologie. Resta poi il grande contenitore delle varie ed eventuali. C'è la lotteria dei FET, che sono diventati non casualmente la scatola magica delle speranze degli esclusi, collettando un numero spropositato di proposte – che hanno visto ratei di approvazione ormai prossimi al ridicolo.

Che senso ha tutto questo, e che senso ha che vi sia stato così poco investimento nelle nuove tecnologie? Per non parlare della ricerca di base, che dovrebbe formare lo zoccolo duro sul quale costruire le tecnologie del dopodomani. Mi sono fatto la personale idea che non vi sia stato spazio e che forse non ve ne sarà neanche nel prossimo Programma Quadro semplicemente perché gli obiettivi che l'Unione Europea può perseguire, indipendentemente dalla volontà di fare altro, non possono che essere obiettivi di breve periodo. Anche i comparti che hanno maggiormente fruito dei finanziamenti comunitari di *Horizon 2020* hanno assistito ad una spinta estremamente significativa verso lo sviluppo di prototipi e dimostratori, dimenticando la ricerca più esplorativa. È un dato di fatto, credo, rispetto al quale meriti e

demeriti della ricerca sulla termoelettricità sono del tutto marginali. Dobbiamo prenderne atto: per molti anni ci siamo potuti abituare ad una ricerca esplorativa che poteva fare affidamento su mezzi economici importanti. Era la filosofia della *Big Science* del secondo dopoguerra, quella che portò alla nascita della microelettronica. Sono tempi finiti, temo, e noi oggi viviamo l'aspettativa di una *Big Science* in un'epoca di *small money*. Ho la sensazione che finché non prenderemo atto della fine di un ciclo durato più di mezzo secolo non usciremo da questa sindrome di Calimero. E questo non vuol dire naturalmente che dobbiamo sederci in un angolo ad attendere giorni migliori. E ancora meno che dobbiamo chiudere i nostri laboratori o dedicarci ad altro, rincorrendo i flussi della liquidità comunitaria. Non credo sarebbe dignitoso e offenderebbe il principio stesso della libertà di ricerca che università e enti pubblici hanno (credo) il dovere morale e politico di perseguire. Escludo altresì che sarebbe cosa sensata, etica e lungimirante inventarsi una narrazione delle nostre tecnologie che contrabbandi possibilità che non sono realistiche, giusto per venire incontro all'idea che solo ciò che è tecnologicamente maturo può essere sostenuto. Vedo invece altre possibilità. C'è senz'altro quella di ripensare le dimensioni economiche della ricerca

(Continua a pagina 4)



Perché la Commissione Europea non ama il termoelettrico?

Peltier vs. Seebeck: dove sono le opportunità?



La lezione dei laser

Anno 5, Numero 4

Segnalazioni dalla letteratura

Solo tre le segnalazioni sul termoelettrico dalle riviste della galassia *Nature*, in questo numero estivo del *Bollettino*

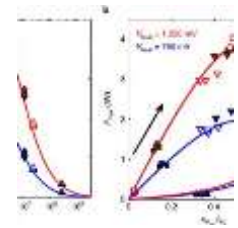
Jeff Snyder, Lidong Chen e collaboratori presentano su [Nat. Commun.](#) un lavoro in cui discutono una metodologia idonea ad impedire la decomposizione di conduttori superionici di rilievo termoelettrico (e non solo).

Molto più rivolto a questioni di carattere fondamentale è invece il [Nat. Nanotech.](#) pubblicato da un gruppo di ricercatori dell'università di Lund (Svezia) che hanno analizzato l'efficienza di una macchina termica aciclica costituita da *quantum dots* di InP cresciuti all'interno di un nanofilo di InAs. Il dispositivo

opera di modo che l'energia alla quale le particelle vengono scambiate tra i due *heat sinks* cada in un intervallo di energie molto più stretto dell'equivalente energetico della temperatura della sorgente calda; e che il trasferimento di elettroni non produca flussi di entropia non convettiva — condizioni che descrivono un sistema termoelettrico ideale. Sotto queste condizioni gli autori dimostrano la possibilità di convertire il calore con un'efficienza assai prossima al limite di Curzon-Ahlborn. Da leggere, se fosse sfuggito.

E concludiamo con un [Nat. Mater. Rev.](#) firmato da Jos Heremans, Robert Cava e Nitin Samarth dedicato alle tetradimiti

viste come isolanti topologici. Se lo studio degli stati elettronici di superficie delle tetradimiti sono stati centrali nello studio degli isolanti topologici, il bulk è caratterizzato da un gap stretto, alte velocità di gruppo, masse efficaci piccole e un'inversione di banda vicino al centro della zona Brillouin. Queste proprietà, se sono convenienti per sviluppare materiali termoelettrici ad alto rendimento, per converso rendono difficile ottenere un bulk elettricamente isolante, che è un requisito degli isolanti topologici. Il review discute questa classe di materiali su entrambi i versanti di possibile impiego — come termoelettrici e come isolanti topologici.



I generatori termoelettrici come macchine termiche acicliche

A breve la
seconda
circolare per la
Scuola di
Varenna

Convegni e Scuole

Si è appena chiuso il *Fall Meeting* della *European Materials Research Society* a Varsavia (17—20 settembre 2018), con sessioni sui materiali per l'energia.

Si avvicina invece l'incontro di Bologna organizzato dal CNISM dal 22 al 26 ottobre. L'edizione annuale di [Materials.it](#) prevede un blocco di sessioni su *Energy and Environment* (termoelettrico e *energy storage* inclusi).

A fine novembre l'ultimo ap-

puntamento dell'anno con i grandi convegni generalisti sui materiali. L'*MRS Fall Meeting* si terrà come di tradizione a Boston, quest'anno con qualche giorno di anticipo (25—30 novembre). Una sessione, la [TP03](#), verterà sulla termoelettricità, anche se con uno sguardo ampio e trasversale.

Vi anticipiamo infine che si stanno definendo gli ultimi dettagli della *International School of Physics "Enrico Fermi"* dedicata ai termoelettrici, organizzata sotto gli auspici della

SIF da Jeff Snyder, Dario Narducci e Carlo Fanciulli. La Scuola si terrà a Varenna dal 15 al 20 luglio 2019. Sono già attivi il [sito della Scuola](#) e la [mail](#) cui richiedere informazioni per l'iscrizione. Invieremo a tutti i soci in anteprima il *second announcement* con tutte le informazioni su modalità di iscrizione e borse di studio.



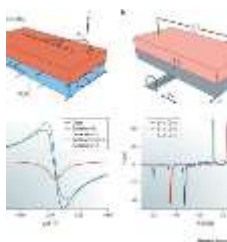
Jos Heremans su *Nature Materials Reviews*

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



Caschi per moto refrigerati con il termoelettrico

Stabilizzare i
cristalli *liquid-like*:
Snyder su *Nature
Communications*



Tetradimite: isolanti topologici e materiali termoelettrici efficienti

(Continua da pagina 2)

esplorativa. Una sorta di elogio della ricerca a costo zero o giù di lì, per chi sa e vuole permettersela. Ma c'è anche un'altra possibilità, non necessariamente migliore o più nobile ma forse più consona alle aspettative di molti e al modo in cui abbiamo condotto la nostra ricerca negli ultimi trent'anni. Ed è quella di riorientare il nostro modo di pensare la ricerca sui materiali e sui dispositivi nella direzione delle possibili applicazioni di breve periodo – senza però snaturarne spirito e obiettivi. Mi spiego meglio. La ricerca termoelettrica è a pieno titolo un esempio perfetto di cosa dovrebbe essere la ricerca nel campo della scienza dei materiali: sviluppo del materiale congiunto con lo sviluppo del dispositivo in vista dell'applicazione. È la strada maestra percorsa negli anni '80 e '90 nello sviluppo dei semiconduttori III-V. Trainato dalle esigenze della elettronica veloce per le telecomunicazioni e da una industria viva e ricca che aveva obiettivi chiari e perseguibili e che spingeva per superare i limiti dell'elettronica basata sul silicio. lo sforzo di ricerca portò in quindici anni alla telefonia digitale e alle comunicazioni satellitari. Oggi questa catena di trasmissione, che trascina i materiali in vista delle applicazioni e genera applicazioni in virtù della proprietà dei nuovi materiali non funziona più bene come allora, ovvio, ma non è del tutto interrotta, anche se la competizione internazionale rende so-

stanzialmente impensabile anche ai grandi colossi industriali gli investimenti necessari per sostenere l'innovazione radicale. Ma non quelli per sostenere, *Horizon 2020 docet*, quella incrementale.

Se vogliamo cercare un riferimento storico, le problematiche della ricerca sul termoelettrico hanno forti somiglianze con quelle incontrate negli anni '60 da chi si occupava di sviluppare le tecnologie laser. È uno stato di cose ben noto, i laser sono stati per molti anni una soluzione alla ricerca di un problema. E questo ha determinato, come si vede chiaramente dai trend delle pubblicazioni sull'argomento, un andamento altalenante dell'interesse scientifico nei tre lustri che vanno dalla realizzazione del primo laser funzionante (1960) alla prima applicazione industriale (1974). Pochi i finanziamenti, non chiare le prospettive applicative, non evidente il vantaggio tecnologico. Poi arrivò la prima applicazione massiva (gli scanner dei codici a barre dei supermercati), seguita dallo sviluppo dei supporti di memorizzazione ad altissima densità (1978) che ha fatto esplodere l'interesse verso la fisica e la tecnologia dei laser. Come hanno sopravvissuto nel frattempo i gruppi di ricerca che continuavano a studiare l'emissione laser negli anni '60 e prima di allora (la possibilità dell'emissione stimolata fu sperimentalmente dimostrata nel 1947)? Se prima del 1960 la ricerca fu sostanzialmente di carattere fondamentale (il costo quasi zero di cui sopra), tra il 1960 e

il 1974 è interessante osservare come essa percorse due strade convergenti: ancora quella della ricerca di base, orientata alla comprensione della fisica del fenomeno e alla sua dimostrazione sperimentale; e quella pretecnologica che fece tesoro delle specificità del fenomeno *nel suo limitato stato di maturazione*. Una rapida ricerca sulle banche dati brevettuali mostra come nei 14 anni trascorsi tra il brevetto di Maiman e gli scanner dei codici a barre più di 1600 brevetti furono depositati da soli cinque soggetti: due aziende aeronautiche, interessate all'uso dei laser per la prospezione a distanza; una azienda operante nella componentistica ottica, interessata allo sviluppo della tecnologia in sé; la Marina degli Stati Uniti, per i sistemi d'arma; e la Bell Telephone, per le trasmissioni di dati su fibra ottica. Nulla a che vedere né con lo storage dei dati né con la lettura dei codici a barre, che pure qualcuno aveva intravisto come possibile, semplicemente perché la prima tecnologia dei laser a rubino non aveva ancora la coerenza e la stabilità necessarie per applicazioni di questo genere. Che sarebbero diventate però possibili come indiretto risultato dell'ingegnerizzazione dei laser finalizzato a tutt'altri usi.

Questa storia ci può forse insegnare qualcosa. Nell'ultimo decennio la ricerca applicata e tecnologica sui termoelettrici è stata largamente rivolta all'*energy harvesting*. Il rap-

(Continua a pagina 5)

Anno 5, Numero 4

(Continua da pagina 4)

porto tra numeri di articoli pubblicati dal 2000 relativi ai generatori termoelettrici rispetto a quelli focalizzati sui sistemi di raffreddamento Peltier è di quattro a uno. Buffo, se pensiamo che i lavori della compianta Millie Dresselhaus che hanno posto le basi della rivoluzione nanotecnologica della termoelettricità sono scaturiti da una commessa della Marina Militare statunitense volta allo sviluppo di sistemi di raffreddamento per i sommergibili. Anche più buffo se consideriamo che una ricerca Google sul termoelettrico ci sommerge di pubblicità di frigoriferi portatili e accessori da cucina che integrano raffreddatori Peltier. E anche i prodotti più nuovi ricadono nel settore del raffreddamento. Qualcuno avrà forse letto delle cuffie audio sviluppate da HP che integrano nei cuscinetti di isolamento acustico elementi termoelettrici per mantenere ad una temperatura più confortevole i padiglioni auricolari; o dei caschi per moto che, grazie a sistemi Peltier, garantiscono un raffreddamento fino a 15 °C delle temperature all'interno del casco. Il termoelettrico non è stato capace, almeno fino adesso, di recuperare il calore delle marmitte delle automobili ma sembra in grado di eliminare quello emesso dalla testa dei motociclisti. Sembra uno scherzo ma il fatto è che il recupero del calore di scarto è un'opzione con ritorni di medio-lungo periodo mentre il benessere del consumato-

re è una priorità che ripaga immediatamente. Forse quindi un ripensamento delle priorità, con un adeguamento minimo degli obiettivi di ricerca, potrebbe consentire di individuare un ragionevole punto di compromesso tra gli interessi della ricerca e la necessità di indirizzare i finanziamenti verso obiettivi di medio-breve periodo. Potrebbero essere, per capirci, l'equivalente delle applicazioni di prospezione che aprirono la strada alla seconda generazione delle sorgenti laser.

Considerazioni analoghe valgono anche per la microgenerazione. Se il recupero del calore sulla scala dei watt e dei kilowatt si scontra con la concorrenza di tecnologie più tradizionali, la microgenerazione al servizio della elettronica distribuita, che sia *Internet of Things* o Industria 4.0, resta una opzione interessante. Ma anche qui siamo in attesa del cavallo che potrà farla correre. IoT e Industria 4.0 sono ancora oggi poco più che degli slogan buoni per i convegni industriali e politici. L'unica elettronica distribuita che comincia a fare capolino è quella biomedicale, con tutte le sue specifiche criticità. Può essere un contesto interessante ma, evidentemente, non per l'oggi.

Il quadro che ho disegnato, e che offro alla discussione e alla valutazione di tutti su queste stesse colonne, non è certamente esaltante. Ma questo lo sapevamo già. Quello che cerco di vedere come positivo e che se in una situazione di crisi e di difficoltà si riesce quantomeno a

comprendere l'origine dei propri problemi forse c'è modo di uscirne senza rinunciare a ciò che amiamo – cioè senza cercare, come molti hanno peraltro fatto, altre sponde verso le quali riorientare il proprio lavoro di ricerca. Sarebbe un peccato, e non solo per quanto ciascuno di noi ha investito nel corso degli anni sulla termoelettricità quanto soprattutto per quello che sottrarremmo alla possibilità di costruire competenze, conoscenze e cultura in un campo scientifico straordinariamente motivante, complesso ed affascinante — e promettente, io continuo a crederlo. C'è modo di resistere anche alle crisi senza remare inutilmente contro la corrente – e, diciamo pure, in questo nessuno è migliore di noi italiani.

* *Università di Milano Bicocca,
Dipartimento di Scienza dei Materiali
dario.narducci@unimib.it*

Associazione Italiana di Termoelettricità

Presidente: Dario Narducci

associtalte@gmail.com

Segretario Generale: Monica Fabrizio

Twitter: @AIT_ItTS

Comitato Esecutivo: Stefano Boldrini, Alberto Castelleri, Carlo Fanciulli, Giovanni Pennelli

Sito web: ait.ieni.cnr.it

AIT è anche su [Facebook](#) e su

Consiglio Direttivo: Umberto Anselmi Tamburini, Stefano Battiston, Riccardo Carlini, Fabio Puglia, Antonella Rizzo

[LinkedIn](#)

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.icmate.cnr.it

Come iscriversi all'AIT

Il modulo di iscrizione può essere richiesto a associtalte@gmail.com.

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 60 €;

- socio sostenitore, con una quota di iscrizione di 110 € — 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.