

In primo piano:

- Scienziati, giornalisti e altri strani animali nell'editoriale di Pennelli e Dimaggio
- Se sette *Nature* vi sembran pochi...
- Un resoconto dell'ECT 2016 di Lisbona

L'Editoriale

La batteria umana: il risvolto mediatico della ricerca di Giovanni Pennelli* e Elisabetta Dimaggio*

Notorietà e fama non sono esattamente due elementi che si sposano con la ricerca scientifica. La difficoltà di venire fuori dalle mura dei laboratori e di rendere noti i risultati ai non addetti ai lavori è condivisa da tutti. Spesso far comprendere cosa voglia dire il lavoro di un ricercatore è una missione ardua, in particolare per i più giovani: c'è l'idea che l'attività di ricerca non sia un reale impiego e sia un po' fine a se stessa, quasi un parcheggio in attesa di tempi e opportunità migliori.

La pubblicazione di un nostro articolo sulla rivista *Nano Letters*, "*Reliable fabrication of metal contacts on silicon nanowire forests*", ha fornito lo spunto per provare a dare un minimo di risonanza pubblica alla nostra attività, consci del

fatto che potesse essere travisata o stravolta ma convinti che noi e anche tutta la comunità termoelettrica italiana potessimo trarre beneficio da una certa visibilità. Abbiamo quindi emesso un comunicato sotto la supervisione dell'ufficio stampa dell'Università di Pisa.

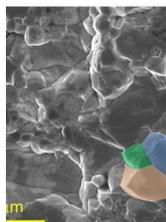
Da qui in poi, il mondo dei media si è impossessato dei contenuti e ha trovato un modo alquanto incisivo di esporli al grande pubblico. Il più originale e fantasioso dei titoli da annoverare è quello di Repubblica con "la batteria umana".

Ovviamente l'interesse dei giornali si è rivolto alle applicazioni che il dispositivo termoelettrico potrebbe avere, riuscendo a toccare un tasto dolente per la maggior parte degli

utenti dei giorni nostri, ovvero il bisogno di avere una fornitura immediata di energia per alimentare le batterie dei vari dispositivi portatili. Ricaricare in maniera semplice oggetti che sono diventati bene primario per tutti è vista come una delle migliori scoperte che si possano fare. E via con le proposte, al seguito dell'inno "batteria umana", da parte di conoscenti, amici e parenti di offrirsi come cavie sull'altare della ricerca per sperimentare il nuovo microchip, essendo detentori di una strabiliante temperatura corporea media alta. L'eco della scoperta si è diffuso a macchia d'olio, invadendo non solo i quotidiani online ma anche i programmi radio: circola già la voce di un brevetto, ormai

(Continua a pagina 4)

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



Gerarchie di strutturazione in $\text{Pb}_{0.98}\text{Na}_{0.02}\text{Te}$ -8% SrTe

Micropelt porta i libri in tribunale e Marlow sbarca in Europa



Airbus deposita un brevetto sul termoelettrico aeronautico

Breakthrough!

Le riviste dell'arcipelago *Nature* offrono molto spazio ad articoli sulla termoelettricità.

[NPI Comp. Mater.](#) ospita un articolo cinese sul ruolo dei difetti di punto nella definizione della conducibilità termica degli ossidi.

Body energy harvesting e controllo di temperatura sono invece l'argomento di un articolo di scuola californiana apparso su [Nature Reviews Materials](#).

Nature Asia Materials propo-

ne invece una ricerca (made in USA...) sulle [skutteruditi](#), e un [articolo](#) (di scuola cinese) dal titolo "*Highly anisotropic P3HT films with enhanced thermoelectric performance via organic small molecule epitaxy*".

Non può mancare all'appello Kanatzidis, che firma su [Nat. Comm.](#) un lavoro su tellururi misti di piombo e stronzio. Incremento contestuale di conducibilità elettrica e coefficiente Seebeck in un lavoro apparso sempre su [Nat. Comms.](#)

Chiudiamo con [Nature Materials](#), che pubblica un *position paper* di Xun Shi e Li-dong Chen sulla termoelettricità.

Industria e dintorni

Come già annunciato qualche mese fa, Micropelt porta i libri in tribunale, chiudendo una interessante ma sfortunata esperienza nel settore del termoelettrico principalmente basata su tecnologie a film sottile. L'*Energy Harvesting Journal* dedica al fallimento di Micropelt un interessante [editoriale](#) che analizza le possibili cause del fallimento. Meglio se la passa *Alphabet Energy* che in un articolo apparso su [Berkeley Engineer](#)

celebra il successo anche commerciale della tecnologia a base di tetraedriti che alimentano la potente (e bella) PowerCard da 9 W.

La crescita commerciale di *Alphabet Energy* è probabilmente una delle ragioni per la scelta di Marlow di sbarcare in Europa con una sussidiaria tedesca. [Marlow GmbH](#) punta a coprire anche sul piano tecnico il mercato europeo, con una rinnovata gamma di pro-

dotti e con una interessante offerta di prototipi da co-sviluppare.

Sul fronte delle applicazioni segnaliamo infine un [brevetto](#) concesso ad *Airbus* per l'impiego dei termoelettrici in aeronautica; e le prime [manifestazioni di attenzione](#) del mondo industriale americano verso le tecnologie ibride fotovoltaiche-termoelettriche.

Bandi

Il Ministro Giannini ha annunciato il piano di rilancio del sistema dei [Cluster Tecnologici Nazionali](#) per la ricerca industriale. Quattro i nuovi cluster tra cui uno dedicato all'energia.

Qualcosa si muove anche

sul fronte europeo, con una nuova serie di [call sull'efficienza energetica](#).

Segnaliamo poi per i più giovani l'annuncio dato dalla Cancelliera Merkel di [più di mille posizioni a bando](#) per *tenure-track* presso le

università tedesche. L'investimento complessivo supera il miliardo di euro.

Anno 3, Numero 4

Done in Italy

Riprendiamo dopo una breve interruzione la rassegna dei lavori sulla termoelettricità di scuola italiana, recuperando anche qualche segnalazione non recentissima.

Cominciando dalle pubblicazioni più vecchie segnaliamo su [Thin Solid Films](#) un lavoro firmato tra gli altri da Stefano Cecchi su superreticoli p- e n-Ge/Si_xGe_{1-x}.

L'[Int. J. Heat & Mass Transfer](#) pubblica invece uno studio teorico sul comportamento fuori equilibrio di micro-Peltier scritto da De Aloysio, D'Alessandro e De

Monte.

Ibrido fotovoltaico-termoelettrico nella rassegna apparsa su [IEEE Trans. Nanotechn.](#) firmata da Narducci e Lorenzi.

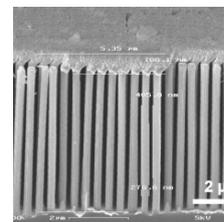
Bologna con Roncaglia e Belsito e Milano con Narducci e Zulian sono tra i molti autori di un articolo legato al progetto europeo SiNERGY apparso su [Semi-cond. Sci. & Techn.](#) dal titolo "Smart integration of silicon nanowire arrays in all-silicon thermoelectric micro-generators".

Luciano Colombo e Claudio Melis hanno invece firmato

un interessante studio teorico-computazionale sulla conducibilità termica di nanofili di silicio poroso apparso recentemente su [Appl. Phys. Lett.](#).

E chiudiamo citando il [Nano Letters](#) di Dimaggio e Pennelli (lavoro che ci era stato presentato in anteprima al GiTe 2016 di Pisa) di cui ampiamente riportiamo nell'Editoriale: "Reliable Fabrication of Metal Contacts on Silicon Nanowire Forests".

Come sempre, complimenti a tutti!



Nanofili di Si di grande attualità nella pubblicistica scientifica italiana del mese

Speciale ECT 2016

Si è chiusa pochi giorni fa a Lisbona l'edizione 2016 della *European Conference on Thermoelectrics 2016*. Una edizione record, per affluenza e livello di internazionalizzazione. Le registrazioni sono state fermate a 310 partecipanti (e sarebbero aumentate ulteriormente se ragioni logistiche non avessero obbligato gli organizzatori a chiudere le porte del convegno). Ventinove i paesi partecipanti, con una significativa presenza extraeuropea di ben 33 giapponesi, 27 coreani e una decina di delegati dagli Stati Uniti. Diciotto gli italiani iscritti.

Interessante anche a livello qualitativo, è ovviamente impossibile dare qui conto della centinaia di presentazioni orali, organizzate su due sessioni parallele. Con molta arbitrarietà se-

gnaliamo la gradevolissima ed interessante *invited* di John Stockholm (Marvel) che ha presentato una rassegna storico-economica della termoelettricità vista da un protagonista industriale, e con un accento più focalizzato sui cooler che sui generatori. Chi non lo sapeva ha così scoperto che l'industria dei Peltier ha preso le mosse dall'interesse della US Navy per sistemi di condizionamento dell'aria silenziosi per i primi sommergibili nucleari, che ha poi geminato un interesse civile simile da parte delle ferrovie francesi. Lunga la rassegna, che approda ai frigoriferi portatili della cinese Fuxin e alle forse meno note applicazioni del Peltier nel raffreddamento della componentistica negli spettrometri e nei PCR. Stockholm ha concluso il suo intervento fis-

sando l'assicella delle nuove generazioni di Peltier su uno $ZT = 2$, un numero decisamente superiore a quello (1) normalmente invocato per le applicazioni industriali del Seebeck.

Interessante e molto apprezzata anche l'*invited* talk di Carlo Fanciulli del CNR di Lecco, che ha passato in rassegna le opportunità offerte dalle metodologie di *texturing* nel controllo delle proprietà di trasporto di molte categorie di materiali termoelettrici (Zn_4Sb_3 , tetraedriti, SnSe, Mg_2Si , $CoSb_3$ e calcogenuri).

Di altro tono ma ugualmente affascinante l'*invited* di Woerner (JPL, NASA) che ha condiviso con l'auditorio le problematiche (poche, a giudicare dal successo) dell'MMRTG (*Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator*) utilizzato correntemente

L'ECT di Lisbona registra una presenza record di delegazioni extraeuropee



Padova prepara l'ECT 2017

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



Mg₂Si ottenuto per *open die pressing*

Quattro anni di lavoro con efficienza costante per l'MMRTC di *Curiosity*



Elisabetta Dimaggio e Giovanni Pennelli firmano l'editoriale del mese

Speciale ECT 2017

dalla sonda marziana *Curiosity*. Atterrato su Marte nel 2012, il rover è ancora operativo ed ha raggiunto la sua terza fase operativa con uno scadimento della potenza generata del 15% in quattro anni, scadimento peraltro principalmente legato al decadimento dell'ossido di plutonio impiegato come sorgente termica e solo in minima parte alla sublimazione del tellurio nelle termocoppie PbTe/TAGS.

Oltre alla parte più strettamente scientifica l'ECT 2016 è stata come sempre anche una

occasione per analizzare lo stato di salute della ricerca termoelettrica europea. Accenniamo solo in questa sede il lancio da parte di Narducci (Univ. di Milano Bicocca) e Gelbstein (BGU, Israele) di una iniziativa per la realizzazione di una infrastruttura europea per la validazione e prototipazione di sistemi termoelettrici, di cui peraltro i lettori più attenti di questo *Bollettino* avevano già saputo quasi un anno fa. L'iniziativa ha ricevuto l'investitura ufficiale della *European Thermoe-*

lectric Society e quindi va muovendosi verso la formalizzazione. I soci potranno ricevere tutti i dettagli e le modalità di adesione prossimamente attraverso la mailing list dell'AIT.

Lisbona ha chiuso come sempre i battenti dando appuntamento all'ECT 2017 di Padova e all'ICT 2017 a Pasadena. ICT-ECT congiunto nel 2018 a Caen, nel nord della Francia.

L'Editoriale

(*Continua da pagina 1*)

prossimo, della sensazionale scoperta, che peraltro è a noi ignoto.

Le domande che i giornalisti ci hanno rivolto sono le più disparate: in particolare se il dispositivo possa funzionare solo con il calore umano, se possa essere più o meno dannoso per la salute e in quanto tempo potrà essere sul mercato.

La domanda, di certo più lecita, è cosa ci sia di vero e di concreto nel lavoro svolto, ovvero di cosa tratta l'articolo pubblicato sulla rivista. Dobbiamo dire, con sommo stupore, che su questa hanno sorvolato un

po' tutti ma dovevamo immaginare che

"l'elettrodeposizione del rame su foreste di nanofili" non fosse esattamente un titolo adatto a suscitare scalpore. Ad ognuno il suo mestiere, di certo, però noi che giornalisti non siamo riteniamo di dover dire qualche parola in merito, rivolgendoci per lo meno a chi possa davvero comprendere.

Il nostro gruppo si occupa da anni della fabbricazione di nanostrutture in silicio. La strumentazione presente in laboratorio consente lo sviluppo di prototipi principalmente per mezzo di litografia electron-beam ad alta risoluzione. I dispositi-

vi basati su nanofili di silicio sono potenzialmente adatti alle più svariate applicazioni: *sensing, storage, energy harvesting*. Tuttavia, per poterli sfruttare in ambito termoelettrico sono necessarie grandi quantità di nanofili e l'occupazione di vaste aree di silicio, da ciò consegue un evidente aumento dei costi di processo. L'idea che è stata messa in pratica e poi descritta nell'articolo su *Nano Letters*, riguarda la fabbricazione di un modulo termoelettrico a basso costo. I risultati preliminari erano stati già illustrati nella presentazione durante il GITE 2016, tenutosi proprio qui a

(*Continua a pagina 5*)

Anno 3, Numero 4

L'Editoriale

(Continua da pagina 4)

Pisa. Nello specifico, si tratta della messa a punto della deposizione del contatto metallico su foreste di nanofili disposti perpendicolarmente al substrato di silicio. Il basso costo è legato proprio alla scelta delle tecniche di fabbricazione. Si parte da un attacco chimico del substrato catalizzato da particelle metalliche (MaCE): è sufficiente immergere il campione di silicio in una soluzione contenente AgNO_3 e HF per ottenere decine di milioni di nanofili su un'area di un millimetro quadrato, con diametro compreso tra 50 e 80 nm. La lunghezza è dell'ordine di diverse decine di micrometri e dipende dalla composizione della soluzione. I nanofili risultano vincolati al substrato da un lato e liberi dall'altro. Sulle cime dei nanofili, così generati, abbiamo messo a punto il metodo per la crescita del contatto metallico comune, ovvero l'elettrodeposizione del rame. La selettività del metodo, proprietà cruciale per la deposizione sulle cime, è scaturita da vari fattori quali l'alto potenziale elettrico sulle punte e l'elevata adesione garantita dalla presenza di un seme metallico pre-deposto per evaporazione termica. Tutto ciò ha permesso di ottenere uno strato di rame altamente conduttivo, impedendo l'eventuale cortocircuito tra le punte e il substrato. Il ramo del generatore così

ottenuto è stato poi caratterizzato elettricamente. In particolare è stato osservato il comportamento rettificante delle foreste di nanofili di silicio poco drogato (resistività 10 Ω cm) rispetto a quello ohmico delle foreste drogate successivamente per diffusione termica: un risultato importante ma non sufficiente a garantire l'utilità del ramo a livello termoelettrico. L'articolo si conclude con la prospettiva di proseguire l'attività di ricerca su due fronti: il primo riguardante lo sviluppo di un sistema per la caratterizzazione termica delle foreste di nanofili con contatto, il secondo volto allo sviluppo dell'attacco MaCE direttamente su substrati molto drogati. Ed è proprio su questi punti che sono incentrati i nostri sforzi al momento, perché tutti sappiamo che misurare la conducibilità termica e avere alta conducibilità elettrica sono tappe essenziali per poter calcolare il fattore di merito del dispositivo.

Se sia ora già arrivato il momento di fare un bilancio di questa esperienza mediatica, non è dato saperlo. Intanto il piccolo laboratorio di nanotecnologie, solitamente un po' nascosto e isolato in fondo a uno dei corridoi del Dipartimento, si è visto rivolgere le attenzioni dei colleghi incuriositi.

Il risvolto più umoristico e inatteso dell'intera vicenda è stato sicura-

mente quello di aver suscitato la curiosità del mondo non accademico, ma cosa può trarre la comunità termoelettrica da un effetto del genere?

Notorietà, intesa non come fama ma come la possibilità di farsi conoscere, dicendo "noi ci siamo e abbiamo qualcosa da dire", e qualche effetto più concreto, si spera, in termini di progetti e collaborazioni.

Sicuramente, la consapevolezza che i nostri sforzi e quelli della comunità hanno un senso si è ravvivata assieme a un'iniezione di sano entusiasmo a procedere verso la fabbricazione e caratterizzazione di un dispositivo che, se funzionasse, potrebbe garantirci anche il favore di utenti esterni al nostro mondo. D'altronde, loro, sono ormai convinti che sia solo una questione di tempo!

* Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa

Associazione Italiana di Termoelettricità

Presidente: Dario Narducci

associtalte@gmail.com

Segretario Generale: Monica Fabrizio

Twitter: @AIT_ItTS

Comitato Esecutivo: Stefano Boldrini, Carlo Fanciulli, Giovanni Pennelli

Sito web: ait.ieni.cnr.it

AIT è anche su [Facebook](#) e su

Consiglio Direttivo: Umberto Anselmi-Tamburini, Simone Battiston, Alberto Castelleri, Bruno Lorenzi, 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.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.