

# Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità

In questo numero:

- Nashville capitale dei termoelettrici
- La tetraedrite raggiunge maturità industriale
- La corsa all'acqua calda

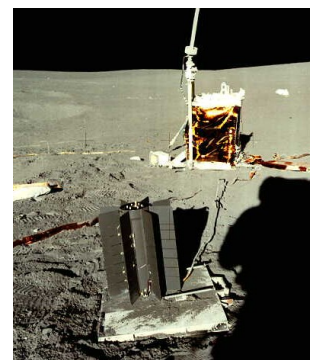
In primo piano

Bimestre vivace nel settore della termoelettricità. In altra parte di questo Bollettino daremo i dettagli del caso circa gli ulteriori passi in avanti nella costruzione dell'AIT. E mentre Nashville ha salutato i 551 congressisti che hanno partecipato alla 2014 ICT e si prepara l'ECT di Madrid, non si è ancora spento il clamore e l'eccitazione per il superamento della soglia  $ZT = 2.5$  ad opera del gruppo di Kanatzidis. Ma forse la

notizia principale di questo numero viene dalla California dove la Alphabet Energy ha annunciato l'industrializzazione di un materiale meno performante del  $\text{SnSe}_2$  ma decisamente (al momento) più interessante sul piano applicativo per disponibilità e costi. La tetraedrite esce dai laboratori ed entra in linea di produzione grazie ad uno spin-off sostenuto da un trust di investitori locali.

Infine, volgendo per

una volta lo sguardo al passato, non pare fuori luogo ricordare in apertura di questo Bollettino la conquista della luna, di cui è stato celebrato il 45° anniversario il 20 luglio scorso — uno dei principali fattori trainanti nella crescita della scienza e della tecnologia termoelettrica.



Modulo termoelettrico impiegato nella missione NASA Apollo 16.

## Succede in Italia

Da questo numero cercheremo di citare i lavori scientifici pubblicati nel bimestre da colleghi italiani. Non sarà facilissimo non dimenticarne qualcuno e quindi vi invitiamo a segnalarci i vostri articoli.

A. Sellitto, [Crossed nonlocal effects and breakdown of the Onsager symmetry relation in a thermodynamic description of thermoelec-](#)

[tricity](#)

M.P. Codecasa et al., [Design and Development of a TEG Cogenerator Device Integrated into a Self-Standing Natural Combustion Gas Stove](#)

I. Pallecchi et al., [Effect of high-pressure annealing on the normal-state transport of  \$\text{LaO}\_{0.5}\text{F}\_{0.5}\text{BiS}\_2\$](#)

B. Lorenzi et al., [Nanovoid Formation](#)

[and Dynamics in He+-Implanted Nanocrystalline Silicon](#)

A. Samarelli et al., [Prospects for SiGe thermoelectric generators](#)

Q. Lognoné et al., [Quantitative texture analysis of spark plasma textured  \$\text{Bi}\_2\text{Te}\_3\$](#)

M. Beccali et al., [Life cycle performance assessment of small solar thermal cooling systems](#)

[and conventional plants assisted with photovoltaics](#)

D. Narducci et al., [Enhancement of the power factor in two-phase silicon-boron nanocrystalline alloys](#)

Infine Ventura e Perfetti hanno appena pubblicato ["Thermal Properties of Solids at Room and Cryogenic Temperatures"](#) per i tipi della Springer.

## Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



La tetraedrite in natura

Tetraedrite e recupero del calore dalle acque di raffreddamento alzano il TRL dei dispositivi termoelettrici

### Breakthrough!

L'impiego della tetraedrite come materiale termoelettrico è un chiaro segno dell'avvicinamento dei materiali termoelettrici alla soglia di industrializzazione anche per applicazioni non di nicchia. La tetraedrite è infatti una famiglia di minerali naturali il cui capostipite ha composizione  $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ . Caratterizzati da una struttura tipo sfalerite, le tetraedriti hanno bassa conducibilità termica ( $< 1.5 \text{ W/mK}$ ) e un fattore di potenza insospettabilmente elevato,

tale da consentire il raggiungimento di  $ZT = 0.56$  a  $400^\circ \text{C}$ . La scoperta dell'efficienza termoelettrica della tetraedrite è dovuta a Don Morelli della Michigan State che è riuscito ad incrementare lo ZT della tetraedrite naturale fino a 0.95 modificandone la composizione per drogaggio sostituzionale a formare  $\text{Cu}_{11.6}\text{Zn}_{0.4}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ . Nonostante i valori di ZT non siano elevatissimi, l'interesse per il materiale risiede nella sua ampia abbondanza in natura e nella

possibilità di ottenerlo sinteticamente con costi di lavorazione bassi (la sintesi richiede solo una reazione allo stato solido) a partire da elementi largamente disponibili. Per ulteriori dettagli è possibile fare riferimento ai lavori di Morelli su [Adv. En. Mater.](#) e su [PCCP](#).

### Segnalazioni dalla letteratura

Molte, come sempre, le segnalazioni dalla letteratura. Sul piano teorico-computazionale segnaliamo un lavoro sui [materiali porosi 'grigi'](#) e uno sulle [proprietà termoelettriche dei nanofili](#) di silicio. Sempre sul Si ma massivo uno [studio sperimentale](#) sull'effetto delle deformazioni meccaniche sulle proprietà ter-

moelettriche. All'effetto di segregati di Bi in  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  è dedicata una interessante [comunicazione](#) pubblicata dall'ECS J. Solid State Sci. & Technology. Tra materiale e dispositivo due ulteriori lavori su [nanofili di silicio polarizzati](#) e [multi-layer tiltati](#). Infine una segnalazione di un articolo su [geometria dei dispositivi e poten-](#)

[ze](#) e una menzione ad un lavoro sulle [strategie di maximum power point tracking](#).

Chiudiamo con una raccomandazione di lettura speciale per un lavoro sulla [conversione non-termoelettrica di calore in energia elettrica](#) apparsa su ES&T Lett..

### Tecnologie e Industria

Come anticipato in apertura del bollettino, due notizie dal mondo industriale dominano il bimestre. L'AIST ha recentemente annunciato la prototipazione di un TEG per il recupero del calore dalle acque di raffreddamento di impianti industriali. L'unità è in grado di generare  $12 \text{ W/L}$  a partire da acqua a  $100^\circ \text{C}$ , un risultato migliore del 50% rispetto al

generatore che Panasonic ha portato in fase di test nello scorso aprile su un inceneritore a Kyoto. L'elevata densità di potenza è stata ottenuta usando moduli commerciali a base di  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  ottimizzando la geometria di flusso di modo da massimizzare le aree di contatto.

Alphabet Energy (Cal.) ha annunciato la prossima [com-](#)

[mercializzazione della tetraedrite](#). Secondo i dati diffusi dall'azienda la tetraedrite costa circa  $4 \text{ \$/kg}$  a fronte dei  $24\text{-}146 \text{ \$/kg}$  dei materiali tradizionali – con rendimenti stimati superiori al 5%.

Segnaliamo infine un [report](#) (a pagamento) sul mercato dell'harvesting termoelettrico.



TEGs ad alta densità di potenza dalla AIST.

## Anno 1, Numero 3

### Bandi

Mentre si attendono i primi bandi H2020 sull'energy harvesting (invitiamo quanti avessero annunci pre-ufficiali affidabili a condividerli via twitter e/o email), sono aperti due bandi per posizioni di post-doc e a tempo pieno nell'ambito della termoelettricità.

Continua la ricerca di un candidato per un [dottorato di ricerca presso la DTU](#). Deadline il 1° ottobre.

Anche Warwick (UK) offre una

[posizione di PhD](#) sul trasporto termoelettrico in materiali nanocompositi.

Segnaliamo anche una posizione a Cambridge (bando chiuso alla data di questo bollettino) sui termoelettrici.

Lunga e attiva la lista di posizioni permanenti della Global Thermoelectric a Calgary.

Tutti i [dettagli delle posizioni disponibili](#) in rete.

Vale infine la pena di rammentare che questo è il periodo dell'anno in cui vengono

bandite le posizioni di dottorato degli atenei italiani. Per tradizione è assai raro che le borse di dottorato, anche non ministeriali, siano etichettate in modo stretto su una tematica di ricerca – ma è forse il caso di suggerire ai più giovani di contattare i gruppi attivi nel settore a livello nazionale per verificare eventuali disponibilità.



Non solo scienza all'ICT-2014 (Terry Tritt al banjo)

### Convegni e scuole

Si è chiusa il 10 luglio a Nashville l'edizione 2014 dell'International Conference on Thermoelectrics. Un'edizione segnata da una forte ripresa di interesse per le problematiche di trasporto fononico e da una evidente, quasi clamorosa caduta di interesse per le nanostrutture top-down. Pochissime le comunicazioni sui nanofili, che avevano invece

dominato l'edizione 2013. Il materiale massivo l'ha fatta da padrone, con ampio spazio dedicato alle sketturiditi e alle leghe half-Hausler per applicazioni attorno a temperatura ambiente. Interessante l'attenzione crescente alle problematiche fisiche e chimiche dei moduli: bonding, contatti termici e barriere diffusive sembrano uscire dalle

cure esclusive degli ingegneri di processo generando un'attenzione crescente nella comunità materialistica. Nota dolente, in una conferenza di buona qualità, la ridottissima presenza italiana, anche a fronte di una impressionante crescita quali-quantitativa della rappresentanza francese. Speriamo in numeri più alti per l'ECT di Madrid.

Madrid attende l'ECT mentre sono aperte le iscrizioni all'MRS Fall Meeting di Boston

### Varie e termoelettriche

Nel primo numero di questo Bollettino avevamo raccontato del premio vinto da Ann Makosinski con la sua torcia termoelettrica – e del video, davvero virale, in cui raccontava la sua invenzione. Meno virale ma ugualmente interessante il video realizzato presso l'università di Milano Bicocca in collaborazione con la Rizzoli sulla termoelettricità raccontata da Bruno Lorenzi

agli studenti delle medie superiori. Il [video](#), che può essere scaricato dal sito del Dipartimento di Scienza dei Materiali della Bicocca, affiancherà un testo di fisica che il gruppo RCS sta realizzando per gli studenti degli istituti professionali.



Bruno Lorenzi racconta la termoelettricità.

## L'Associazione Italiana di Termoelettricità

Dalla bozza di 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:  
[gite.ieni.cnr.it](http://gite.ieni.cnr.it)

---

## Work in progress



Jean Charles Athanase Peltier in un ritratto di anonimo del XIX secolo.

Il 4 settembre si è tenuta la prima riunione del Consiglio Direttivo dell'AIT seguita dall'Assemblea dei soci. Si è trattato, come ovvio, di due atti formali ma necessari alla regolare apertura della campagna associativa. I verbali di entrambe le assisi sono disponibili sul sito GiTe. In sintesi estrema, il Consiglio Direttivo ha dato mandato al Presidente di aprire un conto corrente bancario e ha espresso il proprio parere favorevole a che la nascita dell'AIT venga comunicata quanto prima alla *European Thermoelectric Society*. L'Assemblea ha invece

deliberato il Regolamento dell'AIT che stabilisce le quote associative, disponendo inoltre affinché l'Assemblea dei Soci venga convocata in sessione elettorale all'emissione della trentesima tessera ovvero in occasione delle Giornate della Termoelettricità 2015 al fine di procedere alla prima elezione degli organi sociali.

Le quote associative sono state tenute volutamente basse per incoraggiare anche gli indecisi. Nel dettaglio:

- ◆ Socio ord. junior: € 25.00
- ◆ Socio ord. attivo: € 50.00

- ◆ Socio ord. sostenitore: € 100.00

Tutti i soci parteciperanno alla vita sociale dell'AIT con gli stessi diritti e doveri.

Il Presidente ha nel frattempo proceduto all'ottenimento di un codice fiscale per l'AIT e sta procedendo all'individuazione di un istituto bancario in grado di offrire condizioni favorevoli. Non appena il conto sarà attivo invieremo a tutti i colleghi registrati sul portale GiTe indicazioni più dettagliate su come procedere all'iscrizione all'AIT.