

In primo piano:

- Il Progetto AMA-DEUS: qualche domanda sul termoelettrico
- Si vanno definendo i contorni della Scuola di Varenna 2019 sulla termoelettricità
- Note da Caen sull'ICT-ECT 2018

L'Editoriale

Non solo termoelettrico

di Alessandro Bellucci e Daniele M. Trucchi*

Questo nostro contributo al Bollettino nasce in occasione del piacevole incontro che abbiamo avuto a Perugia con il Presidente della nostra Associazione durante la conferenza internazionale CIMTEC 2018. L'idea di raccontare le nostre attività concernenti lo sviluppo di dispositivi per la produzione di energia elettrica nel campo del solare a concentrazione è venuta proprio al Prof. Narducci dopo aver visto la presentazione che abbiamo tenuto sul progetto europeo "AMADEUS", nel quale il nostro gruppo, il DiaTHEMA Lab dell'Istituto di Struttura della Materia del CNR, è coinvolto. La particolarità di questo editoriale è che nel progetto AMADEUS – "Next gene-

ration Materials and Solid State Devices for Ultra High Temperature Energy Storage and Conversion" – non proponiamo una tecnologia strettamente termoelettrica, bensì un dispositivo ibrido termoionico-termofotovoltaico (TIPV) per la conversione diretta di energia termica in energia elettrica. E prendiamo spunto da questo per porre alcune riflessioni finali sulla termoelettricità. Introdotto recentemente dal collega Alejandro Datas dell'*Universidad Politécnica* di Madrid (UPM), il concetto TIPV sfrutta la combinazione di un convertitore termoionico e una cella termofotovoltaica, in modo da utilizzare due flussi di portatori di energia (elettroni e fotoni) per ottenere un significati-

vo miglioramento delle prestazioni in termini di densità di potenza elettrica convertita rispetto a quella prodotta dai due dispositivi operanti in maniera indipendente. Ciò a patto di lavorare a temperature ultra-elevate, comprese tra 1200 e 1700 °C, ed estrarre energia termica da un sistema per l'accumulo di energia termica che utilizza materiali a elevatissima capacità di calore latente. L'accumulo di energia termica come *topping cycle* di un generatore a stato solido ha il grande vantaggio di ottenere una modulazione della potenza istantanea da convertire in funzione dell'effettiva domanda della rete elettrica.

(Continua a pagina 2)

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



Il logo del Progetto AMADEUS

Effetto
magneto-
Peltier su
Nature

L'Editoriale

(Continua da pagina 1)

La Comunità Europea ha creduto nell'idea finanziando AMADEUS nell'ambito dei progetti FET-OPEN. L'obiettivo principale del progetto è dimostrare il concetto TIPV applicato al sistema di storage, a sua volta basato su innovative leghe eutetiche silicio-boro, capaci di accumulare energia per unità di volume più di 10 volte rispetto ai sali fusi a temperature maggiori o uguali a 1400 °C. Ciò è compatibile con le temperature necessarie per il funzionamento del convertitore TIPV previa

un'ottimizzazione delle proprietà fisiche dei materiali attivi.

L'attività del nostro gruppo in AMADEUS è proprio incentrata sullo sviluppo di materiali avanzati per lo stadio di conversione dell'energia termoionica. Ci stiamo quindi dedicando alla realizzazione di un catodo a bassa funzione lavoro (< 3 eV) capace di lavorare a temperature almeno fino a 1700 °C, un anodo con funzione lavoro ancor più bassa (< 2 eV) e trasparente alla radiazione emessa dal catodo (il quale, operante ad alta temperatura, si comporta da

corpo nero, emettendo prevalentemente nell'infrarosso). A completare le sfide tecnologiche, è lo sviluppo di distanziatori inter-elettrodi micrometrici termicamente ed elettricamente isolanti, realizzate in ossido di zirconio o di alluminio. Informazioni più dettagliate sul progetto e sull'idea che il consorzio sta sviluppando potete trovarla sul [sito](#), nel quale troverete tutte le pubblicazioni riguardanti il progetto.

Lo sviluppo di materiali sotto forma di film sottile nanostrutturato (quali rive-

(Continua a pagina 4)

Segnalazioni dalla letteratura

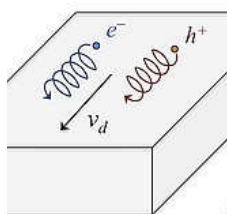
Anche in questo bimestre i giornali ad alto IF riservano spazio al termoelettrico. Cominciamo con *Science Advances* che riporta un'analisi della termopotenza in semimetalli di Dirac-Weyl in presenza di un campo magnetico. Viene mostrato come, per campi magnetici di sufficiente intensità, la termopotenza cresca linearmente con il campo senza effetti di saturazione e come essa possa raggiungere valori estremamente elevati.

Nature dà invece spazio ad un lavoro che mostra la possibilità di un effetto Peltier "di bulk" — ovvero in un singolo materiale e senza giunzioni. L'effetto (magneto-Peltier) evidenzia un coefficiente fenomenologico dipendente dall'angolo fra le direzioni della corrente applicata e del vettore di magnetizzazione. Il fenomeno è osservato in nickel, e i risultati sperimentali dimostrano l'importanza dell'interazione spin-orbita nel

determinare il fenomeno.

Su *Nature Communications* un'ampia collaborazione internazionale mostra come i semiconduttori half-Heusler possano condurre contestualmente ad elevati coefficienti Seebeck ed elevate conducibilità elettriche sfruttando interazioni orbitaliche protette per simmetria, che possono dar luogo a interazioni tra fononi acu-

(Continua a pagina 3)



Termopotenza in semimetalli di Dirac-Weyl.

Anno 5, Numero 3

Segnalazioni dalla letteratura

(Continua da pagina 2)

stici ed elettroni tali da accrescere la mobilità elettronica. Questo regime di alta mobilità consente fattori di potenza molto elevati, anche superiori ai già alti valori riportati in letteratura.

Dopo l'anticipazione data nel precedente numero del *Bollettino*, torniamo infine al lavoro, prevalentemente a firma coreana, apparso su [Nature Energy](#) relativo all'uso di tecniche di stampa 3D nella realizzazione

di generatori termoelettrici. La ricerca parte dalla ben nota difficoltà di realizzare dispositivi termoelettrici capaci di adattarsi alla forma delle sorgenti. Il lavoro descrive quindi un metodo di stampa tridimensionale basato sulla estrusione di materiali termoelettrici e capace di produrre TEG con geometrie ottimizzate alla forma delle superfici di scambio. Sono impiegati inchiostri viscoelastici inorganici precursori di due tellururi (Sb_2Te_3 e Bi_2Te_3). I TEG hanno mostrato buona riprodu-

cibilità e valori di ZT in linea con quelli dei materiali massivi, mentre i TEG evidenziano un importante incremento delle potenze erogate se confrontati con dispositivi commerciali.



Alessandro Bellucci firma l'editoriale di questo numero.

Convegni e Scuole

Mentre la stagione dei convegni pre-estivi si chiude (dell'ICT-ECT 2018 di Caen riportiamo a parte), si avvicinano le conferenze di settembre.

Il [Fall Meeting della European Materials Research Society](#) si terrà a Varsavia (17—20 settembre 2018), con sessioni sui materiali per l'energia. Le iscrizioni sono aperte.

Il CNISM organizza poi a Bologna, dal 22 al 26 ottobre, l'edizione annuale di [Materials.it](#). Di interesse un intero blocco di sessioni su *Energy and Environment* (termoelettrico e *energy storage* inclusi).

Chi volesse poi una buona occasione per varcare l'oceano, si definiscono i connotati

dell'[MRS Fall Meeting](#) che si terrà come di tradizione a Boston, quest'anno con qualche giorno di anticipo (25—30 novembre). Almeno una sessione, la [TP03](#), verterà sulla termoelettricità, anche se con uno sguardo ampio e trasversale.

Un rapido sguardo al 2019. Mentre è in corso la scelta della sede del GiTe 2019, è invece ben definita quella dell'[ICT 2019](#) che, come immaginiamo noto, si terrà congiuntamente con l'ACT in Corea, nella suggestiva cornice della città imperiale di Gyeongju dal 30 giugno al 4 luglio 2019. A seguire l'ECT 2019, previsto a Limassol, Cipro, dal 23 al 25 settembre. In mezzo tra i due, vi ricordiamo l'evento 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. La quota di iscrizione, *all-inclusive*, è di 900 euro ma saranno previste borse per la copertura (parziale o totale) dei costi per allievi provenienti da realtà disagiate e/o da paesi lontani. Dato che questa è anche una scuola AIT, è legittimo auspicare non solo una buona partecipazione dei nostri "giovani" ma anche un contributo di tutti i soci a pubblicizzare l'evento.

AIT e la
Scuola di
Varenna sulla
termoelettri-
cità



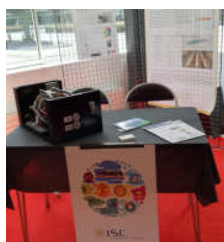
Daniele Trucchi firma l'editoriale di questo numero.

Bollettino dell'Associazione Italiana di Termoelettricità



Bologna prepara il convegno Materials.it 2018

TEG realizzati
con stampa 3D
per ottimizzare
lo scambio
termico



Anche le aziende italiane a Caen

(Continua da pagina 2)

stimenti di esaboruro di lantanio su tungsteno per il catodo e strati ultra-sottili di fluoruro di bario su celle in InGaAs sviluppate da UPM) è un'attività estremamente impegnativa, ma fortemente stimolante e — soprattutto — finanziata.

Contrariamente alla nostra attività recente nel settore della termoelettricità.

Abbiamo partecipato al primo GiTe a Padova con l'idea di fabbricare un primo prototipo di modulo termoelettrico a film sottile come proseguimento dell'attività progettuale nel progetto europeo E2PHEST2US (2010-2013), progetto che inizialmente prevedeva la combinazione di uno stadio termoionico e di un modulo termoelettrico in cascata. La caratterizzazione di generatori termoelettrici commerciali a basse efficienze e basse temperature operative ci aveva fatto virare verso l'idea, il desiderio, la volontà di svilupparli da soli, sfruttando la nostra esperienza nel campo dei film sottili. Ci siamo resi conto, col passare del tempo, che si tratta di un'attività estremamente complessa — dalla produ-

zione di un materiale con prestazioni termoelettriche convincenti all'architettura del dispositivo a film sottile, tutt'altro che banale — che necessita di un coinvolgimento a tempo pieno e la sinergia con altri gruppi, con risorse finanziarie e umane che non possono ridursi a semplici ritagli.

Attualmente stiamo tentando di inserire la tematica termoelettrica e trovare una collocazione adeguata accoppiandolo a nostre attività più proficue — dalla realizzazione di assorbitori solari selettivi con nanostrutturazione superficiale via laser ultraveloci a celle solari ad alta temperatura basate su "black" diamond o SiC, fino a convertitori beta-voltaici in diamante per applicazioni aerospaziali — ma la strada appare impervia. Forse solo facendo massa critica come comunità (anche se ci rendiamo conto che gli ostacoli non sono da meno) si potrà tentare di accedere a qualche finanziamento.

Concludendo questo editoriale, riprendiamo lo spunto iniziale per riportarvi il feedback avuto dal CIMTEC 2018 nel simposio in cui era-

vamo direttamente coinvolti: Progress in materials and devices for direct thermal-to-electric energy conversion. Moltissimi i contributi teorici e sperimentali sulla termoelettricità, sia sui materiali sviluppati che sulle caratterizzazioni dei dispositivi prodotti. A parte qualche contributo abbastanza esotico e naïf, la qualità dei lavori presentati è stata sufficientemente elevata. Ma, al di là dei materiali scelti, delle varie tecnologie utilizzate e dei calcoli teorici riportati, vogliamo accennare a una particolare presentazione perché, data l'importanza dei *principal investigators* (D. Ginley ed E. Toberer) e, soprattutto, visti i gli ingenti fondi stanziati per il progetto, lancia un monito sul futuro della termoelettricità. La presentazione dava una panoramica generale sul progetto STEALS, finanziato da NREL e da alcune industrie statunitensi, nel quale si è sviluppata una nuova tecnologia inerente l'*energy storage* in torri solari (simile a quella di AMADEUS, ma operante a più basse temperature) combinata a un convertitore termoelettrico (prodotto dalla Marlow).

(Continua a pagina 5)

Anno 5, Numero 3

(Continua da pagina 4)

Fin qui sembrerebbe una storia incoraggiante per la nostra comunità, ma è la conclusione a lasciare perplessi: dopo 3 anni di progetto (su 6 totali), le basse efficienze di conversione (intorno al 6-7%) hanno indotto la decisione di abbandonare il termoelettrico per passare alla tecnologia Stirling. La considerazione che ci ha lasciato interdetti è che si abbandonano i generatori termoelettrici perché poco

efficienti, ma si fanno previsioni sulla capacità di generazione della torre solare supponendo future (e assai discutibili) efficienze ottiche pari al 99%. In ogni caso, ciò testimonia una tendenza quanto mai criticabile, ma diventata comune a livello internazionale, nel sottovallutare la ricerca per i sistemi termoelettrici a favore di tecnologie ormai commerciali. Cosa fare come comunità, dapprima italiana e poi europea, per attivare una maggiore sensibilità sulla

tematica? Come cercare di organizzarci internamente in modo da offrire massa critica tale da cercare di rispondere alle sfide tecnologiche sul tema che a oggi non hanno risposta? Il dibattito è aperto.

* CNR ISM - Montelibretti (RM)

alessandro.bellucci@ism.cnr.it
daniele.trucchi@ism.cnr.it

E per chi si fosse perso Caen...

Come ovviamente tutti sappiamo, il 2018 è stato l'anno dell'edizione congiunta dell'ICT con l'ECT.

A Caen si è ritrovata di fatto l'intera comunità termoelettrica mondiale. Pochi i nomi importanti che non abbiano varcato la soglia del Centro Congressi (mancavano Kanatzidis, ormai sempre meno coinvolto nel termoelettrico, e Gang Chen). In compenso Franck Gascoin è stato costretto a chiudere le iscrizioni anzitempo per ragioni logistiche. I dati (ufficiosi) parlano di circa 700 iscritti. Nelle tre sessioni parallele si sono avvicinati

239 oratori mentre i poster sono stati 293.

A dispetto della sede europea, la rappresentanza nazionale più folta è stata quella giapponese (110 delegati) seguita da quella coreana (65 iscritti). I padroni di casa sono solo buoni quinti, preceduti di qualche unità da USA e Germania. Fa piacere osservare come la presenza italiana quest'anno non sia stata marginale, con 18 partecipanti.

Buono anche se non eccezionale il livello delle comunicazioni, con il classico *blend* tra tematiche fondamentali,

materiali più o meno nuovi e applicazioni.

Come sempre il convegno è stato anche teatro delle riunioni dei *board* dell'ETS e dell'ICT. Per ETS Narducci è stato rieletto nel consiglio scientifico ma ha lasciato la carica di tesoriere, ora coperta da Eckhard Mueller, neoeletto. Eletto anche Juri Grin mentre diventa membro di diritto del consiglio Luis Fonseca, organizzatore dell'ECT 2020 a Barcellona. Per ICT confermati invece Takao Mori e Sabah Bux mentre entra nel *board* Lidong Chen del SICCAS.

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.