

PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-21 - RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

AFFIDATARIO 1

Tema 1.3 Materiali di frontiera per usi energetici

Durata: 36 mesi

Semestre n. 1 – Periodo attività: 01/07/2020 – 30/04/2021

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il progetto 1.3 è strutturato in quattro WP: WP1 “Sviluppo di nuovi materiali attivi per lo sviluppo di generatori termoelettrici e piroelettrici” e WP2 “Sviluppo delle tecniche di formatura e interconnessione di microgeneratori termoelettrici e piroelettrici” focalizzati sullo studio di materiali termo e piroelettrici e sulla realizzazione di micro-generatori; i WP3 “Sviluppo dei materiali per Additive Manufacturing, per la produzione di componenti metallici in sostituzione dei prodotti di fonderia” e WP4 “Realizzazioni sperimentali di componenti Additive Manufacturing, a favore delle industrie dei componenti metallici e in particolare per il settore elettrico” incentrati sullo studio di materiali per l’AM e sulla realizzazione di componenti che possono essere utilizzate in processi energetici.

L’attività del Work Package 1 (WP1) ha il primario obiettivo di aumentare la comprensione dei fattori determinanti le performances dei materiali termoelettrici e piroelettrici ed approfondire la sperimentazione sui materiali e processi di potenziale interesse per applicazioni nell’energy harversting.

Nel WP2 si prevede di realizzare TEG a film sottile inorganico o ibrido con basse potenze (nell’intervallo nW- μ W con differenze di temperature di pochi gradi centigradi), adattabili a fonti energetiche e con buona stabilità nell’intervallo di temperature inferiore ai 200°C. Verranno realizzati prototipi di generatori piroelettrici con componenti piroceramici usando nanopolveri di wurtzite e relativa sintesi per la produzione delle polveri. Sono state effettuate prove

Il WP3 prevede lo studio di nuovi materiali per l’additive manufacturing per un utilizzo nella realizzazione di componenti.

Il WP4 prevede la realizzazione sperimentale di componenti mediante Additive Manufacturing, per applicazione nel settore energetico. All’interno della LA 4.4-5-6 è prevista realizzazione mediante AM di un reattore refrattario per impianti di produzione di energia elettrica da biomasse.

Si segnala che a causa dell’emergenza COVID-19 l’accesso ai laboratori sia nei centri ENEA che nei laboratori delle Università coinvolte, in alcuni periodi è stato fortemente limitato e in parte precluso. Inoltre sono state riscontrate delle criticità nelle aziende contattate per la fornitura di materiali di consumo e attrezzature.

Nel seguito sono descritte, per ogni LA, le attività svolte nel secondo semestre 2020.

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE

ENEA

LA 1.2

Le attività del semestre hanno riguardato il perfezionamento della strumentazione sottovuoto per la misurazione del coefficiente di Seebeck dei film stampati con particolare riferimento al software di acquisizione dei dati misurati. Il software è stato infatti riscritto in modo da rendere più veloce sia l'acquisizione dei dati sia la loro elaborazione per la visualizzazione dei risultati.

Parallelamente sono proseguiti gli studi di film di PEDOT:PSS ottenuti per stampa serigrafica di una pasta commerciale con lo scopo di migliorare le caratteristiche di conducibilità, uniformità di spessore e rugosità superficiale. I film stampati così ottenuti sono stati valutati con la misura del coefficiente di Seebeck utilizzando il sistema di misura sottovuoto realizzato.

L'attività sperimentale condotta ha permesso l'ottimizzazione dei processi di deposizione tramite PVD con l'obiettivo di controllare aspetti geometrici e funzionali dei film sottili realizzati. In particolare, sono stati preparati film sottili a base di ioduro di rame (CuI) tramite evaporazione termica ed implementate tecniche di drogaggio da vapori di iodio e di *cap layer* polimerico, a base di polimetilmetacrilato (PMMA:CH₂Cl₂). I buoni risultati, in termini di riproducibilità e stabilità di misura, permettono di superare i fenomeni di isteresi riscontrati nelle analisi di prova e garantiscono l'utilizzo dei film sottili realizzati in condizioni simili o paragonabili a quelle di normale funzionamento per applicazioni in ambito residenziale.

Nel periodo di riferimento è stata ampliata la sperimentazione su varie procedure di sintesi sia di nanoparticelle metalliche di Oro (Au) che di filler conduttivi tipo carbonioso (nanotubi - CNT e nanofibre - CNF e grafite parzialmente esfoliata) selezionati come filler in composti ibridi a base di Polianilina (PANI). Tali composti ibridi saranno oggetto di studio delle attività del terzo anno.

A causa del prolungato periodo di *lockdown* e di ingresso contingentato con presenza ridotta, presso il CR-Brindisi non è stato possibile completare l'upgrade dell'impianto *sputtering* per il controllo dei contaminanti locali. L'installazione del macchinario (consegnato nei tempi previsti) non è andata a buon fine e pertanto è richiesta variante per lo specifico task.

LA 1.5

Nel corso del semestre di progetto, l'attività sperimentale è stata finalizzata alla ottimizzazione della sintesi di nanopolveri di wurtzite di ZnS, utilizzando un processo di precipitazione chimica facilmente scalabile. Sono state realizzate nanopolveri e caratterizzate mediante caratterizzazione chimico fisica e microstrutturale. L'impianto pilota ha permesso di produrre quantità sostanziali di nanopolveri di wurtzite ZnS in modo ecologico ed economico.

Quest'ultime sono state utilizzate per l'ottimizzazione del processo di fabbricazione, cioè sia della formatura che della sinterizzazione del materiale, a partire dalle differenti polveri di ZnS, sia commerciali che sintetizzate. Sono realizzati provini ceramici per la caratterizzazione chimico-fisica, morfologica e microstrutturale del materiale e l'individuazione e dei valori più idonei dei parametri dell'intero processo ceramico. Queste informazioni saranno utilizzate nell'ambito del WP2 per la fabbricazione dei componenti ceramici da inserire come elementi attivi nei dimostratori piroelettrici prototipali.

Parallelamente sono state eseguite prove di laboratorio finalizzate allo sviluppo di inchiostri, da impiegare in convenzionali processi di stampa, contenenti i materiali piroelettrici allo studio (PVDF e ZnO). Per ciascun materiale attivo, sono state individuate le composizioni appropriate per consentire la realizzazione di inchiostri omogenei e stabili. Inoltre, per quanto riguarda il PVDF, l'attività sperimentale è stata anche focalizzata sul provare ad ottenere un elevato contenuto di fasi cristalline elettroattive (β e γ) in film prodotti per bar coating con gli inchiostri preparati, attraverso: l'uso di

opportuni solventi polari, condizioni di evaporazione del solvente, post-trattamenti termici di annealing e compounding con nanofiller cristallini piezoelettrici (ZnO e BaTiO₃).

LA 1.8

Durante il periodo di riferimento è stato realizzato il convegno tematico e specifico, denominato Giornate sulla Termoelettricità GiTe 2021 evento GiTe2021 in modalità remoto su piattaforma Webex (17-18 febbraio del 2021). Le Giornate della termoelettricità (GiTe) rappresentano il tradizionale incontro della comunità italiana dei termoelettrici sulle tematiche del recupero del calore e del raffreddamento senza parti in movimento. L'edizione GiTe2021 è stata articolata in sette simposi che hanno affrontato i differenti approcci alla tematica della termoelettricità. L'evento è stata pubblicizzato sulle piattaforme istituzionali di ENEA (<https://www.enea.it/it/seguici/events/gite-2021/giornate-sulla-termoelettricit>) e dell'associazione AIT (<https://gite.icmate.cnr.it/2021/>). Le attività di ricerca condotte nell'ambito del progetto Progetto 1.3 Materiali di Frontiera per usi Energetici hanno permesso la partecipazione al convegno nazionale attraverso 4 contributi scientifici di tipo orale afferenti ai laboratori dei CR Brindisi, Portici e Casaccia dai titoli

1. Full-custom vacuum-based setup for the characterization of the Seebeck coefficient in thermoelectric materials and generators
2. Potentialities of Polyaniline in thermoelectric applications
3. Pyroelectric and Thermoelectric energy harvesting devices: A comparative overview
4. Study of transparent I₂:CuI thin films

Durante l'evento e con l'obiettivo di presentare i risultati, le nuove apparecchiature e soprattutto stimolare la sinergia tra il mondo accademico nazionale, enti di ricerca pubblici ed aziende private impegnate nel settore, è stato presentato un tour virtuale dei laboratori (<https://my.matterport.com/show/?m=4W1F19SWgGT>) afferenti al progetto in sostituzione della visita in presenza degli stessi, già prevista ma non più realizzabile a causa della emergenza Covid-19. La visualizzazione presentazione in real time alla presenza degli amministratori delegati di diverse aziende pubbliche ha aperto la discussione sulle opportunità di collaborazione per lo sviluppo di materiali e dispositivi termoelettrici. Le interazioni sono in corso con l'obiettivo di concretizzare una collaborazione.

Partecipazione a "International Virtual Workshop on CRM Innovations Frontiers (10 - 11 December 2020) con un contributo dal titolo "Sustainable thermoelectric materials for energy harvesting applications". (<https://www.eitrawmaterials-rcsi.eu/activities/international-virtual-workshop-on-crm-innovations-frontiers.html>)

Publicazioni:

- Radenka Krsmanović Whiffen, Elena Salernitano, Selene Grilli, Giuseppe Magnani, Francesca Mazzanti, Luciano Pilloni, Amelia Montone: "ZnS wurtzite ceramic fabrication by a simple and cost-effective pressureless sintering method: A microstructure development overview", *Microscopie* 2020; 31:9203, doi:10.4081/microscopie.2020.9203 (<https://zenodo.org/record/4110995#.YJVnwOvONZo>)
- Radenka Krsmanović Whiffen, Amelia Montone, Loris Pietrelli, Luciano Pilloni "On Tailoring Co-Precipitation Synthesis to Maximize Production Yield of Nanocrystalline Wurtzite ZnS" *Nanomaterials* 2021, 11(3), 715; <https://doi.org/10.3390/nano11030715>

Poster e pubblicazione abstract:

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radenka Krsmanović Whiffen, Loris Pietrelli, Luciano Pilloni, Giuseppe Magnani, Elena Salernitano, Selene Grilli, Francesca Mazzanti and Amelia Montone: “Electron Microscopy study of nanocrystalline wurtzite ZnS produced via a co-precipitation technique and its pyroelectric ceramics processed by 2-step-pressureless sintering”, Poster a MCM2019 - 14th Multinational Congress on Microscopy, September 15-20, 2019, Belgrade, Serbia. http://doi.org/10.5281/zenodo.4026092 , https://zenodo.org/record/4266240#.YJVqKuvONZo <p>Radenka Krsmanović Whiffen, Loris Pietrelli, Duško Dudić, Amelia Montone: “Approaches to maximizing the production yield of ZnS wurtzite nanopowder: Co-precipitation synthesis using a pilot-plant reactor”, Poster a the NanoInnovation2020, September 15-18, 2020, Rome, Italy.(http://doi.org/10.5281/zenodo.4028753)</p>
UniSalento	<p><u>LA 1.11</u></p> <p>A partire da Luglio 2020 (a seguito della riapertura del Lab. di Fisica Tecnologia dei Semiconduttori consentita dalle migliorate condizioni sanitarie del territorio pugliese) l’attività di caratterizzazione fisica di materiali TE di tipo inorganico è stata estesa ai materiali nano-strutturati, ed in particolare allo studio delle proprietà morfologico-strutturali e radiative di nanowire a base di GaAs-AlGaAs.</p> <p>I nanowire a base di semiconduttori elementari (ad es. Si) e composti (ad es. III-V) in forma di <i>array</i> densi sono considerati candidati ideali ai fini delle proprietà TE (S. Elyamny <i>et al.</i>, <i>Nano Lett.</i> 20 (2020) 4748; S. Fust <i>et al.</i>, <i>Adv. Mater.</i> 32 (2020) 1905458), in quanto tali strutture presentano una forte riduzione della conduzione termica (lungo l’asse) rispetto al materiale bulk; ciò è particolarmente atteso nel caso di nano-strutturazione del materiale mediante l’introduzione di interfacce coerenti.</p> <p>I campioni di nanowire studiati nel corso del 4° semestre sono stati sintetizzati tramite tecnologia “bottom-up” utilizzando un processo MOVPE (<i>Metal-Organic Vapour Phase Epitaxy</i>) assistito da catalizzatore metallico (processo Vapore-Liquido-Solido, VLS); si sono quindi ottenute nano-strutture in forma di nanofili <i>core-shell</i>, ovverosia costituite da un <i>core</i> di GaAs centrale e da una sottile <i>shell</i> di AlGaAs (con frazione di Al $x \approx 0.33$ nella lega), quest’ultima in funzione di passivazione del <i>core</i>, al fine di sopprimere il <i>trapping</i> e la ricombinazione dei portatori di corrente alla superficie del GaAs.</p> <p>Tali campioni sono stati analizzati mediante microscopia elettronica a scansione (FE-SEM) e catodo-luminescenza (CL) a bassa temperatura, utilizzando il Microscopio Zeiss Sigma VP del gruppo (risoluzione spaziale limite 0.8 nm), il quale è dotato di un sistema Gatan MonoCL4 e di uno stadio criogenico ad He liquido per la realizzazione di misure di CL fino a 7K. Per le misure di CL i nanowire sono stati sonicati in iso-propanolo al fine di rimuoverli dal substrato di crescita e la soluzione colloidale così ottenuta è stata versata su un chip di Si preventivamente depositato con un sottile film di Au.</p> <p>Lo scopo delle osservazioni FE-SEM è stato la determinazione quantitativa della distribuzione/dispersione delle dimensioni (lunghezza, diametri, ecc.) dei nanowire e quindi della loro struttura interna: ciò sia a fini di una precisa correlazione delle dimensioni dei nanowire con le condizioni di crescita (I. Miccoli <i>et al.</i>, <i>CrystEngComm</i> 17 (2015) 5998), sia per la determinazione dei campi di deformazione (<i>strain</i> elastico) del materiale causati del <i>mismatch</i> reticolare tra il <i>core</i> di GaAs e la <i>shell</i> di AlGaAs. I campi di <i>strain</i> così generati in tali nanostrutture sono rilevanti ai fini della determinazione delle proprietà elettroniche e vibrazionali dei materiali costituenti, nonché degli eventuali effetti di piezoelettricità. Sono stati osservati campioni di nanowire <i>as-grown</i> (ovverosia ancora sul substrato di crescita) allineati verticalmente rispetto al substrato e con diverse lunghezze e densità medie e se ne è analizzata la distribuzione dei diametri, nonché la frazione di volume (rispetto ad uno strato</p>

	<p>planare); i diametri medi misurati per tali campioni variano tra 300 e 100 nm, con densità sul substrato di nanowire dell'ordine di $10^8-10^9 \text{ cm}^{-2}$. Le frazioni di volume stimate variano intorno al 10-20%. Allo stesso tempo, l'analisi della distribuzione dei diametri dei nanowire attraverso un modello di crescita da fase vapore delle <i>shell</i> precedentemente sviluppato dal gruppo di ricerca presso Uni-Salento (I. Miccoli <i>et al.</i>, <i>CrystEngComm</i> 17 (2015) 5998) ha consentito di verificare l'esistenza di condizioni di crescita perfettamente conformali (coefficiente di conformalità $\alpha \approx 1$) delle shell di AlGaAs intorno al core di GaAs.</p> <p>I campi di deformazione elastica all'interno dei nanowire possono essere stimati attraverso lo <i>shift</i> in energia dell'emissione eccitonica del <i>core</i> di GaAs in funzione delle dimensioni del singolo nanowire. A tal fine si è fatto uso della spettroscopia CL in quanto questa metodica consente, attraverso l'interazione anelastica del fascio elettronico primario del SEM con il nanowire, di generare densità di portatori (plasma di elettroni-buche) sufficientemente elevate da schermare efficacemente eventuali campi elettrici <i>built-in</i> nel volume del <i>core</i> di GaAs o all'interfaccia con la <i>shell</i> di AlGaAs. Ciò ha consentito di isolare il solo contributo dello <i>strain</i> elastico allo shift delle bande di conduzione e di valenza del <i>core</i>. Allo stesso tempo l'osservazione SEM del nanowire ha permesso di ottenere le dimensioni (lunghezza, diametro totale, ecc.) del nanowire per il calcolo dello <i>strain</i> atteso. L'analisi dei dati ha permesso di ottenere una precisa correlazione tra lo spostamento in energia dell'emissione di eccitone con le dimensioni del nanowire e di calcolarne il valore dello strain elastico medio lungo l'asse del nanowire ed il <i>mismatch</i> reticolare ($f \approx 1 \times 10^{-3}$) tra <i>core</i> e <i>shell</i>. Il confronto tra i risultati ottenuti dalle misure di CL con misure di PL (realizzate sugli stessi campioni) ha consentito infine di stimare l'effetto dei campi elettrici <i>built-in</i> sullo <i>shift</i> in energia dell'emissione di eccitone del <i>core</i> di GaAs. Tali campi sono associati alla generazione di una carica spaziale all'interfaccia GaAs-AlGaAs ed aumentano in intensità con lo spessore della shell di AlGaAs; la carica spaziale generata è associata alla presenza di impurezze non intenzionali di tipo accettore (carbonio) nel <i>core</i> e di tipo donore (silicio) nella <i>shell</i>. Simulazioni quanto-meccaniche di tipo Schroedinger-Poisson auto-consistenti hanno consentito infine di stimare il bending delle bande di valenza e conduzione del <i>core</i> dovuto a tali campi elettrici ed il loro effetto sull'emissione eccitonica. Le concentrazioni di accettori (N_A) e donori (N_D) per i campioni studiati sono quindi state stimate rispettivamente intorno a $N_A \leq 7 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ e $N_D \approx 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.</p> <p>Si ritiene che i dati morfologico-strutturali e le proprietà ottiche/elettroniche ottenute dalle analisi condotte durante il 4° Semestre consentiranno in futuro una più agevole progettazione di materiali TE basati su tali nano-strutture ed una più facile comprensione delle loro performance complessive.</p>
<p>ENE A</p>	<p><u>LA 2.2</u></p> <p>In questo semestre sono stati realizzati generatori piroelettrici utilizzando campioni ceramici di ZnS ottenuti sperimentalmente per poter verificare le funzionalità piroelettriche dei dimostratori a base wurtzite. È stata allestita la strumentazione che comprende celle Peltier, laser, convezione forzata e sistema di test piroelettrico, per la misura dei dispositivi piroelettrici. Sono stati misurati i coefficienti piroelettrici, la corrente piroelettrica, i cicli termici per temperature fino a 150°C. L'attività di ricerca si è basata, inoltre, sulla realizzazione di componenti ceramici in solfuro di zinco con caratteristiche fisico-chimiche e microstrutturali tali da renderli idonei a essere impiegati come elementi attivi dei dimostratori piroelettrici prototipali. Tali componenti sono stati prodotti utilizzando il processo di fabbricazione del materiale ceramico a base ZnS messo a punto nel WP1.</p> <p>Sono state eseguite campagne di stampa rotocalco per mettere a punto i diversi parametri di processo coinvolti (pre-trattamento dei substrati, viscosità degli inchiostri,</p>

incisione dei cilindri di stampa, pressione e velocità di stampa, condizioni di asciugatura), con l'intento di raggiungere una soddisfacente qualità di stampa di film a base di PVDF e di ZnO, depositati su substrati conduttivi (alluminio e ITO-PET), ed al contempo cercare di ottenere funzionalità piroelettriche dei film stampati.

In parallelo, è stato completato l'attrezzaggio e lo sviluppo dell'apparato sperimentale di misura per la caratterizzazione funzionale di film piroelettrici. I migliori film prodotti in questa fase, sono stati utilizzati per mettere a punto la configurazione strumentale ed il metodo per la misura della corrente piroelettrica generata.

LA 2.5

In questo semestre sono stati realizzati generatori piroelettrici utilizzando campioni ceramici di ZnS ottenuti sperimentalmente per poter verificare le funzionalità piroelettriche dei dimostratori a base wurtzite. È stata allestita la strumentazione che comprende celle Peltier, laser, convezione forzata e sistema di test piroelettrico, per la misura dei dispositivi piroelettrici. Sono stati misurati i coefficienti piroelettrici, la corrente piroelettrica, i cicli termici per temperature fino a 150°C. L'attività di ricerca si è basata, inoltre, sulla realizzazione di componenti ceramici in solfuro di zinco con caratteristiche fisico-chimiche e microstrutturali tali da renderli idonei a essere impiegati come elementi attivi dei dimostratori piroelettrici prototipali. Tali componenti sono stati prodotti utilizzando il processo di fabbricazione del materiale ceramico a base ZnS messo a punto nel WP1.

Sono state eseguite campagne di stampa rotocalco per mettere a punto i diversi parametri di processo coinvolti (pre-trattamento dei substrati, viscosità degli inchiostri, incisione dei cilindri di stampa, pressione e velocità di stampa, condizioni di asciugatura), con l'intento di raggiungere una soddisfacente qualità di stampa di film a base di PVDF e di ZnO, depositati su substrati conduttivi (alluminio e ITO-PET), ed al contempo cercare di ottenere funzionalità piroelettriche dei film stampati.

In parallelo, è stato completato l'attrezzaggio e lo sviluppo dell'apparato sperimentale di misura per la caratterizzazione funzionale di film piroelettrici. I migliori film prodotti in questa fase, sono stati utilizzati per mettere a punto la configurazione strumentale ed il metodo per la misura della corrente piroelettrica generata.

LA 2.8

* Poster e pubblicazione dell'ABSTRACT alla conferenza 3rd International Conference on Emerging Technologies in Materials Engineering EmergeMAT, 29-30 October 2020 Bucharest, ROMANIA, <https://imnr.ro/wp/wp-content/uploads/Book-of-Abstracts-2020-1.pdf>, <https://zenodo.org/record/4263441#.YJVpfuvONZp> : Radenka Krsmanovic Whiffen; Giuseppe De Santis; Francesco Cognini; Amelia Montone, "Pyroelectric Responses of Wurtzite ZnS Ceramics: Some Preliminary Results".

* Contributi orali alla conferenza online Giornate sulla Termoelettricità (GiTe 2021), 17-18 febbraio 2021:

- Radenka Krsmanović Whiffen, Giuseppe De Santis, Francesco Cognini, Amelia Montone, "Pyroelectric and Thermoelectric energy harvesting devices: A comparative overview"
- Antonio Imparato et al., "Full-custom vacuum-based setup for the characterization of the Seebeck coefficient in thermoelectric materials and generators"

* Poster alla conferenza World Online Conference on Sustainable Technologies (WOCST) 17-19 March, 2021 (<https://wocst.org/images/documents/Program.pdf>): R. Krsmanović Whiffen, G. De Santis, F. Cognini and A. Montone, "Exploring pyroelectric effect of wurtzite ZnS ceramics".

	<p>* Diffusione delle attività e dei risultati del Accordo di Programma – Progetto 1.3 “Materiali di Frontiera per usi energetici” sul sito del Dipartimento ENEA per la Sostenibilità: https://materiali.sostenibilita.enea.it/projects/materiali-frontiera-usi-energetici</p> <p>* Diffusione delle attività e dei risultati del Progetto NanoPyroMat, affine al AdP Progetto 1.3, sul sito del Dipartimento ENEA per la Sostenibilità: https://materiali.sostenibilita.enea.it/projects/nanopyromat</p>
INSTM	<p><u>LA 2.11</u></p> <p>Nel corso del quarto trimestre è stato ultimato lo sviluppo dei due modelli. Specificamente, sono stati completati i modelli di trasporto di carica per i sistemi nanostrutturati inorganici e per i nanocompositi ibridi (Task 1.1). Lo sviluppo dei due modelli di trasporto si è specificamente focalizzato su (a) silicio polimorfico polifasico, ottenuto per deposizione con tecniche di Low-Pressure Chemical Vapor Deposition, impiantato boro a concentrazioni eccedenti la sua soglia di solubilità in silicio e sottoposto a trattamenti termici prolungati ad alta temperatura; e su (b) nanostrutturati ibridi di poli(3.4-etilendiossiofene) drogato con sali di ferro. I sistemi costituiscono un naturale riferimento per le due classi di nanostrutturati oggetto del contratto e la loro analisi con tecniche ab-initio (in collaborazione con enti terzi) sono già state pubblicate su riviste scientifiche internazionali.</p> <p>Nel caso del silicio le simulazioni condotte nel corso del terzo semestre sono state validate sui dati sperimentali già disponibili o specificamente raccolti nel corso del quarto semestre. Si è potuto verificare conseguentemente come la interdipendenza tra condizioni di preparazione (crescita e successivo trattamento termico) e proprietà di trasporto sia mediata da due processi elementari: (a) la diffusione termica di boro in eccesso rispetto al limite di solubilità in silicio alla temperatura di trattamento dal bulk del grano ai bordi; e (b) dalla disponibilità di boro libero – ovvero non complessato da idrogeno. Ciò ha consentito una preliminare validazione dei modelli chimico-fisici di correlazione tra condizioni di deposizione e microstruttura (Task 1.2), fornendo utili indicazioni che guideranno le attività di ricerca previste per il terzo anno. I risultati conseguiti sono stati oggetto di presentazione nell’ambito della Virtual Conference on Thermoelectricity 2020 (VCT2020) e delle Giornate sulla Termoelettricità 2020 (GiTe2020).</p> <p>Nel caso degli ibridi organico-inorganico (Task 1.1), la validazione delle connessioni tra modalità di preparazione (processo di polimerizzazione e iniziatore) e proprietà di trasporto è risultata più complessa. Durante il quarto semestre si è proceduto (in collaborazione con IMM-CNR di Bologna) alla misurazione sperimentale in luce di sincrotrone delle funzioni di distribuzione radiale (RDF) di campioni di PEDOT polimerizzati impiegando diversi iniziatori. Se resta confermata la dipendenza prevista dal modello tra la scelta dell’iniziatore e lunghezza di catena media, polidispersità e impaccamento paracrallino, il collegamento tra struttura e conducibilità termica ed elettrica non è risultato pienamente soddisfacente. Le previsioni del modello relative alla mobilità di hopping risultano in buon accordo con i dati sperimentali. Meno soddisfacente è invece l’accordo tra RDF calcolate e sperimentali, che sono critiche per la corretta previsione della densità di portatori e quindi della conducibilità elettrica del materiale. Un lavoro di raffinamento del modello è in corso nel contesto della Task 2.1 (M25-M36).</p> <p>I risultati relativi alla modellazione della interdipendenza tra microstruttura e condizioni di preparazione sono stati presentati alle Giornate sulla Termoelettricità 2020 (GiTe2020).</p>

LA2.14

Nel secondo semestre del II anno del progetto (6-12/2020) la gran parte delle attività è stata incentrata sul completamento del lavoro del I semestre e sulla ottimizzazione delle proprietà elettriche delle blend PEDOT/eumelanina ottenute per polimerizzazione in fase solida del 5,6-diidrossindolo (DHI) e del suo 2-carbossis derivato (DHICA). In particolare, sono state effettuate le misure di conducibilità dei film PEDOT-PSS/DHICA-melanina (C-EuPH) ed è stato avviato uno studio di annealing delle blend PEDOT-PSS/DHI-melanina (EuPH).

La conducibilità elettrica dei film con il diverso contenuto di DHICA è stata valutata in diverse misurazioni in triplicato sugli stessi campioni fisici, e i dati misurati sono riportati in Tabella 1 in funzione del contenuto di DHICA.

TABELLA 1. Conducibilità dei film blend DHICA-melanina/PEDOT:PSS in funzione del contenuto di DHICA.

%_PEDOT	DHICA/PEDOT	DHICA/PEDOT :PSS	%_PSS	Conducibilità ^{a)} (S/cm)	Conducibilità esposizione (S/cm)
28	0	0	71.4	0.96	
27	0.17	0.055	67.5	0.70	
24	0.4	0.16	60	0.77	
23	0.46	0.195	57.5	1.71	
22	0.51	0.23	55	2.21	
21	0.557	0.265	52.5	10.94	
20	0.6	0.3	50	51.41	
17	0.704	0.405	42.5	64.86	
15	0.76	0.475	37.5	23.47	
13	0.807	0.545	32.5	55.44	
10	0.87	0.65	25	32.96	
7	0.915	0.755	17.5	43.7	
5	0.94	0.825	12.5	0.082	

^{a)} I dati riportati sono medie su diverse misurazioni per lo stesso campione fisico. Duplicati e triplicati delle preparazioni dei campioni sono in corso di completamento.

Di fatto la presenza del DHICA (polimerizzato) è associata ad un marcato aumento della conduttività dei film. Tale effetto è abbastanza regolare su una gamma piuttosto ampia di contenuto di DHICA, nonostante il basso livello di conducibilità della melanina da DHICA rispetto al PEDOT: PSS, che suggerirebbe un decadimento della conducibilità del C-EuPH.

UNINA

	<p>Queste osservazioni, oltre a rappresentare il logico sviluppo del progetto in essere, concorrono anche, in prospettiva, a soddisfare le osservazioni fatte dagli esperti in merito alla necessità di incrementare le conducibilità delle blend in vista dell'impiego nel dispositivo finale.</p>
<p>ENEA</p>	<p><u>LA 3.2</u></p> <p>Le attività di ricerca del secondo semestre della seconda annualità per lo sviluppo di nuove materie prime per l'AM da materie prime composite metallo/polimero e paste ceramiche hanno raggiunto i seguenti risultati.</p> <p><i>Definizione dell'approccio sperimentale per la realizzazione di composizioni metallo legante a base acciaio (ENEA-CASACCIA)</i></p> <p>Durante il secondo semestre è stato definito un approccio sperimentale atto alla preparazione di provini polimero-metallici da testare in confronto con analoghi provini ottenuti a partire da materiali commerciali. In particolare, utilizzando i materiali acquisiti durante il precedente semestre sono state individuate alcune composizioni metallo/miscela legante da trattare utilizzando una metodica di compounding meccanico e successivo consolidamento in forma per pressatura a caldo. L'approccio definito permetterà di selezionare una o più composizioni ottimizzate da avviare alla successiva fase di estrusione scalata su quantità significative.</p> <p>Il sistema per il consolidamento per pressatura a caldo è stato acquisito e collaudato. Un protocollo operativo per la preparazione di provini mediante pressatura a caldo in appositi stampi è stato messo a punto. Alcuni test preliminari sono stati eseguiti per la preparazione di provini in materiale polimerico.</p> <p>Per quello che riguarda lo sviluppo di nuove materie prime per la stampa 3D di ceramici avanzati, presso il laboratorio di Faenza è proseguita l'attività di ottimizzazione della pasta di tialite, anche rivolta alla preparativa di quantitativi idonei alla realizzazione dei materiali necessari alla sperimentazione di ottimizzazione di stampa in verde. Sono stati stampati provini di dimensioni ridotte (20x15x10mm) con diverse configurazioni di stampa e quindi fornite in LA4.5 per la determinazione preliminare dei ritiri del materiale a seguito della sinterizzazione. Sono stati inoltre preparati i batch di pasta ceramica di tialite necessari alla stampa in verde della piastra di dimensioni sufficiente (50x60x15mm) a realizzare i provini per la caratterizzazione termomeccanica e microstrutturale della tialite sinterizzata in LA4.5.</p> <p>Gli oggetti e gli elementi di verifica previsti a progetto, quali i provini ceramici in verde da stampa LDM, sono stati realizzati e forniti ad input di LA4.5 come previsto da progetto.</p> <p><u>LA 3.5</u></p> <p>Nei successivi 6 mesi della linea di attività LA 3.5, è stato eseguito l'approvvigionamento dei materiali di partenza idonei all'esecuzione delle prove (Allumina e SS316L); sono state acquistate le apparecchiature previste (muffola a camera statica e fornace HT, setacciatrice) ed i consumabili (ricambi torcia, ugelli plasma customizzati, ecc.). Sono state eseguite le caratterizzazioni di alcuni filamenti ad alto contenuto di metallo disponibili in commercio. Sulla base dell'esame della letteratura specialistica disponibile per i due materiali selezionati, l'allumina e l'acciaio SS316L è stata condotta la predisposizione dei piani sperimentali. Sono stati quindi utilmente effettuati i test di sferoidizzazione sull'allumina utilizzando l'impianto non modificato. Le polveri sono state prima setacciate per selezionare un intervallo di granulometria adatto ad essere trattato al plasma. Le prove hanno permesso di verificare l'effetto delle diverse condizioni di processo e di testare differenti configurazioni di iniezione ed ugelli disponibili. I prodotti sono stati caratterizzati mediante analisi SEM EDX ed XRD. E' stata espletata la procedura di affidamento, la costruzione e l'installazione dell'upgrading dell'impianto plasma</p>

prototipo. L'emergenza COVID 19 ancora in corso ha limitato fortemente l'accesso alle attività sperimentali, soprattutto nei lunghi periodi in cui la Regione Campania, dove l'impianto è collocato, era zona Rossa o Arancione. L'emergenza sanitaria ha determinato problemi nelle forniture dovuti a ritardi di produzione e negli interventi di installazione da parte delle ditte. Per questi motivi è stata chiesta una proroga della durata della LA 3.5 per ultimare le spese previste (es. Hall flowmeter) e la sperimentazione in corso.

Le attività sperimentali hanno previsto la produzione di una lega ferritica, mediante gas atomizzazione, e la caratterizzazione della lega dal punto di vista microstrutturale e termico. La lega prodotta è stata concepita con l'intento di utilizzarla all'interno di macchine ad assorbimento basate sul ciclo acqua-ammoniaca, in particolare per la realizzazione di scambiatori di calore, che sono tra i componenti più importanti e sollecitati all'interno di questo tipo di macchine. L'ambiente, fortemente alcalino, generato dalla soluzione acqua-ammoniaca causa infatti la corrosione di metalli e di leghe quali quelle a base rame e nichel.

Dopo una prima parte delle attività, che ha previsto la progettazione della lega, partendo dai risultati ottenuti nell'annualità precedente, anche mediante software di modellazione termodinamica, è stata definita una specifica tecnica. È stato quindi prodotto, mediante gas atomizzazione un batch di circa 15 kg di polvere, con granulometria compresa tra 20 e 106 micron. La polvere è stata caratterizzata dal punto di vista microstrutturale (SEM e XRD), della scorrevolezza, della granulometria e sono state fatte delle prove di macinazione per la realizzazione di un acciaio a dispersione di ossidi (ODS).

LA 3.8

L'attività sperimentale ha visto la caratterizzazione di campioni in lega metallica, in particolare Ti6Al4V, prodotti con una stampante 3D, mediante diverse tecniche: Non Distruttive (Tomografia Computerizzata a Raggi X (CT), Ultrasuoni), Distruttive (Prove Meccaniche, indagini microstrutturali). Sono stati prodotti diversi campioni mediante una stampante 3D a letto di polvere di tipo EBM (Electron Beam Melting), la quale prevede la fusione, strato per strato, di particelle sferiche, di dimensioni di qualche decina di micron. La stampa avviene in una camera in condizioni di vuoto e alla temperatura di 700°C. Alcuni dei campioni realizzati sono stati successivamente trattati mediante un processo di pressatura isostatica a caldo in una pressa isostatica a caldo, HIP (Hot Isostatic Press), al fine del miglioramento delle caratteristiche strutturali. I campioni cresciuti in diverse direzioni sono stati analizzati. Le indagini non distruttive, NDT, nei limiti delle diverse tecniche, hanno permesso di evidenziare la presenza di porosità nei campioni stampati, mentre queste non sono state rilevate nei campioni sottoposti a processo mediante HIP. Le indagini microstrutturali hanno confermato alcuni dei risultati evidenziati mediante le NDT, in particolare la presenza delle porosità, anche di dimensioni inferiori rispetto a quelle rilevate mediante CT, e hanno permesso di valutare la microstruttura della lega Ti6Al4V subito dopo la stampa e dopo il processo di HIP. Questi dati sono stati correlati con i dati derivanti dalle prove meccaniche. Queste sono state effettuate in modalità statica uniassiale a temperatura ambiente. Sono state inoltre programmate le prove a temperatura superiore a quella ambiente da svolgersi nell'ultimo anno di progetto. Il comportamento meccanico dei campioni realizzati mediante EBM si è dimostrato comparabile con quello di campioni realizzati con le tecnologie convenzionali. Sono state condotte inoltre alcune indagini sulle polveri di partenza per utilizzo in stampanti di tipo EBM e DMLS/SLM, in particolare SEM e XRD, al fine di evidenziarne le differenze dal punto di vista microstrutturale.

L'attività, oltre a mettere in luce alcune criticità legate alla caratterizzazione dei componenti realizzati mediante stampa 3D, permettono di effettuare delle valutazioni sull'utilizzo di componenti, realizzate mediante stampa 3D di metalli, in processi

	<p>energetici, quali quelli della produzione di energia e per applicazioni nel campo dell'alleggerimento strutturale.</p> <p><u>LA 3.11</u></p> <p>L'attività di diffusione nella seconda annualità è stata fortemente penalizzata dalla pandemia. Alcuni eventi previsti per il 2020, ad esempio il congresso CIMTEC 2020, sono stati annullati. Nonostante questo ENEA, con i colleghi che partecipano al progetto, ha partecipato ad eventi online, quali meeting e congressi.</p> <p>La partecipazione ha visto da una parte la presentazione dell'intero progetto e in particolare delle attività del WP3 e del WP4 (Nanoinnovation) e la partecipazione a meeting sui materiali ceramici e dall'altra la presentazione di alcune delle attività svolte nel progetto (poster, presentazioni, workshop).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nanoinnovation 2020 (15 - 18 September 2020): presentazione del Responsabile del Progetto, Daniele Mirabile Gattia, "Materials for AM in the Programme Agreement with the Italian Ministry of Economic Development: project 1.3 "Advanced Materials for Energy", dove sono stati esposti la struttura del progetto e i principali obiettivi; 2. Nanoinnovation 2020 (15 - 18 September 2020): presentazione "Design of a superferritic alloy for AM fabrication of heat exchangers in severe liquid alkaline environment", relative alla progettazione e realizzazione della nuova lega ferritica per applicazioni nel campo dello scambio termico in ambiente corrosivo alcalino; 3. Nanoinnovation 2020 (15 - 18 September 2020): presentazione "Feasibility study for the realization by AM of an heat exchanger for absorption machines", relative agli aspetti critici di realizzazione di scambiatori di calore mediante AM; 4. 7° Edizione Ceramic Network 2020, 4-5 Novembre, 2020 - Incontri BtoB 5. Presentazione al webinar Tech'session "Ceramics 3D printing as a pillar of recovery for all market sectors" - 19 Gennaio 2021 6. Call BtoB post Tech'session "Ceramics 3D printing as a pillar of recovery for all market sectors" 25-26 Gennaio 2021 <p>Nell'ambito del progetto sono state discusse le seguenti tesi di laurea, presso l'Università degli Studi Federico II di Napoli</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Tubi di calore stampati con Additive Manufacturing. Laurea in Ingegneria Aerospaziale. A.A.: 2019/2020 2) Capillary effects in a 3d-printed wick structure for Heat Pipe applications. Laurea in Ingegneria Aerospaziale. A.A.: 2019/2020
<p>UNISA Dipartimento di Fisica "E.R. Caianiello e Centro di Ricerca Interdipartime</p>	<p><u>LA 3.14</u></p> <p>Nell'ambito dell'Accordo di programma 2019-2021 WP3 intitolato "Sviluppo dei materiali per Additive Manufacturing (AM), per la produzione di componenti metallici in sostituzione dei prodotti di fonderia" e più precisamente nella seconda parte della linea di attività LA 3.14 "Preparazione e funzionalizzazione di polveri per Additive Manufacturing", è continuata la campagna sperimentale per la preparazione di nanomateriali funzionalizzati in vista di applicazioni nell'AM e per lo sviluppo di nuovi supercapacitori.</p>

<p>ntale NanoMates</p>	<p>In particolare, sono state preparate polveri funzionalizzate tramite self assembly monolayer (SAM) e riduzione dell'ossido di grafene (GO). Le strutture "autoassemblate" sono state ampiamente riconosciute come materiali performanti per la realizzazione di materiali funzionalizzati grazie alle loro caratteristiche sorprendenti, tra cui aree superficiali altamente esposte, elevata conduttività elettrica ed eccellente stabilità chimica, caratteristiche essenziali, d'altronde, per le applicazioni come supercondensatori. In questo contesto sono state esplorate particelle di Al₂O₃, acciaio e Cu per la realizzazione di materiali autoassemblanti ricoperti da rGO. È stato quindi trovato il miglior metodo di funzionalizzazione che ha previsto una prima funzionalizzazione delle particelle con gruppi amminici e un successivo step di "self assembly" con GO, che è stato contestualmente parzialmente ridotto a rGO.</p> <p>Per migliorare ancora le caratteristiche di conducibilità e di processabilità per la stampa 3D questi materiali autoassemblati sono stati ricoperti da un complesso costituito da polianilina (PANI), a sua volta funzionalizzata con acido dodecilbenzenesulfonico (DBSA) in modo da garantire elevata conduttività anche alle temperature di lavorazione necessarie per la stampa 3D. Il PANI è un polimero caratterizzato dall'alta conduttività elettrica, esso viene quindi applicato per la realizzazione di differenti dispositivi come supercapacitori, dispositivi fotoelettrici, sensori, ecc.</p> <p>Lo shell polimerico conduttivo realizzato consente la semplice realizzazione di blend processabili tramite AM oppure il ricoprimento ulteriore con materiali termoplastici stampabili. Inoltre, un ulteriore materiale di interesse e processo di funzionalizzazione presi in considerazione ha riguardato la sintesi in situ di nanoparticelle di Ag su rGO, preparato tramite un processo di riduzione del precursore dell'argento e contestuali self-assembly su GO e riduzione a rGO, utilizzate anche per la realizzazione di strutture Ag/rGO funzionalizzate con PANI-DBSA.</p> <p>I materiali, prima e dopo la funzionalizzazione, sono state caratterizzati tramite l'uso combinato di molteplici tecniche di caratterizzazione chimico-fisica: microscopia elettronica a scansione (SEM), spettroscopia Raman, analisi termogravimetrica (TG-DTG), analisi della diffrazione dei raggi X, analisi FT-IR.</p>
<p>UNIBO</p>	<p><u>LA3.16</u></p> <p>Nel periodo di riferimento sono state completate le prove per lo studio del comportamento tribologico della lega A357 prodotta mediante SLM (<i>Selective Laser Melting</i>), allo stato <i>as-built</i>. Sono stati sottoposti a prove di strisciamento non lubrificato in configurazione <i>block-on-ring</i> sia i campioni ottenuti in condizioni di massima produttività (SLM-1) che quelli ottenuti in condizioni di ottimizzazione della microstruttura (SLM-2)), in modo da valutare la dipendenza del coefficiente d'attrito e dell'usura dal carico normale applicato. E' stato inoltre svolto il confronto fra SLM-1, SLM-2 e lega prodotta convenzionalmente (colata in sabbia, quindi sottoposta a pressatura isostatica a caldo e trattamento termico T6). Per ognuno dei gruppi di materiali sottoposti a prove tribologiche, è stato identificato il meccanismo di usura prevalente, mediante osservazione delle superfici con tecniche di microscopia ottica ed elettronica in scansione.</p> <p>I campioni della serie SLM-2 (microstruttura ottimizzata) hanno mostrato una resistenza a usura leggermente maggiore rispetto alla lega convenzionale (nonostante non sia stato eseguito alcun trattamento termico), mentre i campioni SLM-1 (alta produttività) hanno mostrato la resistenza a usura più bassa, di poco inferiore anche alla lega convenzionale, essendo penalizzati dalle porosità all'interfaccia <i>bulk-contour</i>. Nell'intervallo di carichi esplorato si è sempre instaurato un regime di usura tribo-ossidativa, dando luogo a valori di coefficiente di attrito analoghi, a prescindere dal processo produttivo.</p>

<p>UNISA Dipartimento di Ingegneria Industriale</p>	<p><u>LA3.19</u> Attraverso la tecnica di fabbricazione additiva a letto di polvere con fascio laser sono stati realizzati dei campioni metallici in acciaio inossidabile della composizione comunemente utilizzato nell'industria per svariate applicazioni, fra cui anche quelle nel settore elettrico. In particolare, sono stati indagati gli effetti dei fattori di processo seguenti: potenza del laser, velocità di scansione, distanza fra tracce adiacenti e spessore di stesura della polvere metallica. Per investigare l'effetto di quest'ultimo fattore, per motivazioni tecniche c'è la necessità di realizzare job separati per ciascuno spessore di lavorazione; è possibile, invece, modificare i livelli degli altri fattori all'interno dello stesso job. Il piano sperimentale è stato elaborato con approccio Design of Experiment, in modo da predisporre l'indagine allo studio di effetti principali e interazioni con significatività statistica. Le risposte d'interesse, individuate anche in base alla letteratura del settore, sono state: rugosità superficiale e laterale dei campioni, modulo elastico a compressione, densità.</p>
<p>ENEA</p>	<p><u>LA 4.5</u> L'attività sperimentale, ha previsto la definizione del ciclo termico di sinterizzazione, sperimentando, per confronto, la formatura della polvere di tialite Thermograde anche con metodo convenzionale di pressatura. Il materiale ceramico avanzato tialite da stampa 3D, costituito dai campioni forniti in verde in LA 3.2 e qui sinterizzati, è stato caratterizzato sia per determinarne la densità che i ritiri durante la sinterizzazione, dati necessari alla progettazione del dimostratore ceramico previsto all'ultimo anno di attività. Tali risultati sono stati qui utilizzati per la progettazione CAD dei provini destinati alla caratterizzazione termomeccanica. E' stata inoltre svolta la caratterizzazione microstrutturale e termomeccanica della tialite da stampa 3D, oltre che a temperatura ambiente, anche a 400°C e dopo shock termico a 400°C, temperatura indicativa di innesco della fiamma. A supporto della progettazione del dimostratore ceramico, è stata inoltre avviata l'attività di simulazione del comportamento della pasta ceramica all'interno dell'estrusore della stampa 3D, a partire dai dati reologici sperimentali. I risultati, oltre che ad essere necessari per la messa a punto del processo di realizzazione, sono propedeutici alla definizione del disegno CAD e all'ottimizzazione della strategia di stampa prevista in LA 3.3; tali azioni sono preliminari alla messa a punto della successiva stampa del dimostratore concepito per impianti a biomasse. Gli oggetti e gli elementi di verifica previsti a progetto, quali il disegno CAD e il file STL per la realizzazione dei provini ceramici in verde (da destinare alla linea di attività LA 3.2 del WP3) e la realizzazione e caratterizzazione dei provini ceramici sinterizzati sono stati raggiunti.</p> <p><u>LA 4.8</u> L'attività ha previsto quindi: la realizzazione di questo scambiatore in materiale polimerico in un unico blocco mediante una stampante 3D; il test in condizioni reali di esercizio dello scambiatore; la riprogettazione dello scambiatore sulla base delle necessità introdotte dai processi di stampa 3D. Dopo aver completato la progettazione del banco di prova degli scambiatori e dopo averlo realizzato, sono stati stampati alcuni scambiatori con differenti materiali polimerici, ognuno con peculiari proprietà termiche e meccaniche. In parallelo sono state condotte delle simulazioni termo-fluidodinamiche, ottimizzate rispetto al primo anno, delle diverse geometrie stampabili. Sono stati condotti inoltre numerose prove di stampa anche con diverse tecnologie. Questo ha permesso di individuare le tecnologie che meglio si prestano alla realizzazione di questi sistemi. Gli scambiatori sono stati tutti testati e qualificati per ore nell'intervallo di temperature 20-60 °C e con portate fino a 1500 l/h. Sono state calcolate le perdite di carico e lo scambio termico globale. L'attività ha dimostrato che è possibile realizzare scambiatori di calore compatti, comprensivi degli attacchi filettati, mediante stampa 3D</p>

e che questi sono funzionali allo scopo. L'attività ha previsto quindi l'ottimizzazione del progetto iniziale dello scambiatore che si è concretizzata in uno scambiatore con perdite di carico ridotte rispetto al precedente. Nella terza annualità è prevista la realizzazione di questo scambiatore in lega metallica.

LA 4.11

L'attività di comunicazione e di diffusione dei risultati si è svolta all'interno di eventi e meeting online anche per eventi precedentemente previsti in presenza nell'anno 2020 e successivamente spostati e organizzati on-line ad inizio 2021, a causa del COVID-19. Per le attività inerenti lo sviluppo di ceramici avanzati da stampa 3D, è stata svolta una presentazione orale nell'ambito di un webinar internazionale organizzato dal Pôle Européen de la Céramique (Cerameurop) e sono stati effettuati complessivamente 9 call online (incontri BtoB) alla 7° Edizione del Ceramic Network 2020, 4-5 Novembre, 2020 e nella Tech'session "Ceramics 3D printing as a pillar of recovery for all market sectors" 25-26 Gennaio 2021; è stata importante occasione di comunicazione dei risultati del progetto e scambio tecnico-scientifico con aziende e centri di ricerca europei attivi nell'ambito dei ceramici tecnici e della stampa 3D in particolare.

Vengono di seguito riportate le partecipazioni a eventi relative al periodo in esame. Alcuni eventi, precedentemente previsti in presenza e nell'anno 2020, sono stati spostati e organizzati on-line ad inizio 2021, a causa del COVID-19.

1. 7° Edizione Ceramic Network 2020, 4-5 Novembre, 2020 - Incontri BtoB
2. Presentazione al webinar Tech'session "Ceramics 3D printing as a pillar of recovery for all market sectors" - 19 Gennaio 2021
3. Call BtoB post Tech'session "Ceramics 3D printing as a pillar of recovery for all market sectors" 25-26 Gennaio 2021
4. Nanoinnovation 15 - 18 September 2020: presentazione del Responsabile del Progetto, Daniele Mirabile Gattia, "Materials for AM in the Programme Agreement with the Italian Ministry of Economic Development: project 1.3 "Advanced Materials for Energy", dove sono stati esposti la struttura del progetto e i principali obiettivi;
5. Nanoinnovation 15 - 18 September 2020:: presentazione "Design of a superferritic alloy for AM fabrication of heat exchangers in severe liquid alkaline environment", relative alla progettazione e realizzazione della nuova lega ferritica per applicazioni nel campo dello scambio termico in ambiente corrosivo alcalino;
6. Nanoinnovation 15 - 18 September 2020:: presentazione "Feasibility study for the realization by AM of an heat exchanger for absorption machines", relative agli aspetti critici di realizzazione di scambiatori di calore mediante AM;

Nell'ambito del progetto sono state discusse le seguenti tesi di laurea, presso l'Università degli Studi Federico II di Napoli

- 1) Tubi di calore stampati con Additive Manufacturing. Laurea in Ingegneria Aerospaziale. A.A.: 2019/2020
- 2) Capillary effects in a 3d-printed wick structure for Heat Pipe applications. Laurea in Ingegneria Aerospaziale. A.A.:2019/2020

<p>UNIROMA1</p>	<p><u>LA 4.13</u></p> <p>La sperimentazione condotta nel precedente semestre è stata analizzata al fine di ottenere modelli che relazionino i parametri di ingresso e la finitura ottenibile. A corredo il problema della previsione dei tempi di lavorazione è stato superato producendo delle equazioni semplificate basate su analisi fisiche e meccaniche del processo tecnologico.</p> <p>L'esigenza di migliorare il fattore maggiormente limitante l'impiego della tecnologia del Selective Laser Melting è stata valutata e soddisfatta nell'attività LA1.3 dove la precedente sperimentazione è stata analizzata in termini di rugosità superficiale e difetti sotto pelle. Le misure hanno permesso di avere un sufficiente insieme di dati per la modellazione del processo. In questa attività sono stati ottenuti 4 tipi di modelli in grado di mettere in relazione la rugosità ottenibile al variare di parametri di processo quali la potenza del laser, la velocità di scansione, l'hatch distance e il contour offset. Ciascun modello è relativo a diverse inclinazioni delle superfici prodotte poiché tale angolo modifica profondamente l'output del sistema. I risultati prodotti mediante regressione lineare sono stati caratterizzati da una confidenza molto alta e, pertanto, sono risultati conclusivi tale attività di analisi.</p> <p>I modelli ottenuti mirano all'ottimizzazione della qualità ottenibile ma, di contro, allungano i tempi di lavorazione. Per tener conto dell'aspetto economico occorre avere un sistema per la predizione di tali tempi. Poiché la tecnologia è piuttosto complessa a causa di numerosi elementi fortemente dipendenti non solo dai parametri di processo ma anche dalle strategie selezionate e, non ultimo, l'orientazione in tavola dei componenti, generalmente vengono impiegati dei software euristici forniti dal produttore dei sistemi di produzioni il cui uso non è né immediato né rapido. Nell'ultima attività denominata LA1.4 basandosi su considerazioni e analisi del processo fisico è stato possibile sviluppare dei modelli semplificati di immediata adozione in fase di preventivazione delle risorse. Il confronto con i reali tempi di fabbricazione ha permesso di determinarne l'errore che è risultato più che accettabile.</p>
<p>UNINA Dipartimento di Ingegneria industriale</p>	<p><u>LA 4.15</u></p> <p>Nel corso del secondo semestre le attività hanno permesso di disegnare ed analizzare una struttura porosa che è stata successivamente sviluppata tramite tecniche di Additive Manufacturing (dimensioni: 60x10x10 mm) La struttura è stata realizzata in alluminio considerando gli attuali limiti della stampa 3d ed utilizzando la tecnica Select Laser Melting. Sono stati inoltre messi appunti dei modelli matematici per l'analisi delle prestazioni capillari di questo tipo di struttura. La struttura è stata successivamente analizzata a microscopio con l'obiettivo di quantificare la qualità e la fedeltà di stampa. I risultati hanno dimostrato con tali tecniche di stampa è possibile realizzare strutture capillari con raggi idraulici dell'ordine di 350 micron.</p>