

Contractor:
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare
pentru Fizică Tehnică - IFT Iași

Unitatea Executivă pentru Finanțarea
Invățământului Superior, a Cercetării,
Dezvoltării și Inovării



Raport final de activitate

1. Obiectivele proiectului, pe ani de raportare

Obiective prevăzute 2012	Obiective realizate 2012	Gradul de realizare*	Observații**
1. Stabilirea specificațiilor dispozitivului EHD în corelație cu sistemul autonom inteligent care urmează a fi alimentat 2. Optimizarea proprietăților magnetice și magnetoelastice ale benzilor amorfe și nanocristaline prin procesul de preparare (solidificare rapidă, tratamente termice pentru nanocristalizare) 3. Optimizarea proprietăților magnetice și magnetoelastice ale benzilor magnetostriective prin tratamente termice efectuate după obținere (tratamente termice, tratamente în câmp magnetic aplicat) 4. Proiectarea și dezvoltarea interfeței electronice a dispozitivului EHD	1. Stabilirea specificațiilor dispozitivului EHD în corelație cu sistemul autonom inteligent care urmează a fi alimentat 2. Optimizarea proprietăților magnetice și magnetoelastice ale benzilor amorfe și nanocristaline prin procesul de preparare (solidificare rapidă, tratamente termice pentru nanocristalizare) 3. Optimizarea proprietăților magnetice și magnetoelastice ale benzilor magnetostriective prin tratamente termice efectuate după obținere (tratamente termice, tratamente în câmp magnetic aplicat) 4. Proiectarea și dezvoltarea interfeței electronice a dispozitivului EHD	Total	-

Obiective prevăzute 2013	Obiective realizate 2013	Gradul de realizare*	Observații**
1. Proiectarea și optimizarea elementului magnetostrictiv (formă, dimensiuni, metodă de asamblare și material) 2. Proiectare și optimizarea bobinei dispozitivului EHD 3. Proiectarea și optimizarea ansamblului mecanic de susținere a dispozitivului EHD 4 Optimizarea interfeței electronice a dispozitivului EHD; proiectarea, dezvoltarea și optimizarea sistemului de repartizare a energiei 5 Integrarea subsistemelor în prototipul EHD	1. Proiectarea și optimizarea elementului magnetostrictiv (formă, dimensiuni, metodă de asamblare și material) 2. Proiectare și optimizarea bobinei dispozitivului EHD 3. Proiectarea și optimizarea ansamblului mecanic de susținere a dispozitivului EHD 4 Optimizarea interfeței electronice a dispozitivului EHD; proiectarea, dezvoltarea și optimizarea sistemului de repartizare a energiei 5 Integrarea subsistemelor în prototipul EHD	Total	-

Obiective prevazute 2014	Obiective realizate 2014	Gradul de realizare*	Observatii**
1. Testarea prototipului EHD în condiții de laborator 2. Testarea prototipului EHD în condiții reale de funcționare 3. Optimizarea prototipului EHD 4 Testarea funcționalității prototipului EHD în mod individual și ca parte a unei rețele de dispozitive EHD 5. Exploatarea rezultatelor, management și diseminare	1. Testarea prototipului EHD în condiții de laborator 2. Testarea prototipului EHD în condiții reale de funcționare 3. Optimizarea prototipului EHD 4 Testarea funcționalității prototipului EHD în mod individual și ca parte a unei rețele de dispozitive EHD 5. Exploatarea rezultatelor, management și diseminare	Total	-

* **Total/parțial/nerealizat**

** **Pentru obiectivele realizate parțial sau nerealizate se argumentează**

2. Indicatori de proces și de rezultat

	Denumirea indicatorilor	UM/an
Indicatori de proces	Numărul de proiecte realizate în parteneriat internațional	1
	Mobilități interne	2014: Octombrie 1 (CO)
	Mobilități internaționale	2013: Iunie - 1 (CO) Iulie - 1 (CO) Noiembrie - 2 (CO) 2014: Mai - 1 (CO) Iunie - 1 (CO)
	Valoarea investițiilor în echipamente pentru proiecte	2012: 22,59 mii lei 2013: 2,96 mii lei 2014: 18,38 mii lei
	Numărul de întreprinderi participante	0
	Numărul de IMM participante	1
Indicatori de rezultat	Numărul de articole publicate sau acceptate spre publicare în fluxul științific principal internațional	2012: - 2013: - 2014: 3
	Factorul de impact relativ cumulat al publicațiilor publicate sau acceptate spre publicare	1,411
	Numărul de citări normalizat la domeniul al publicațiilor	-
	Numărul de cereri de brevete de invenție înregistrate (registered patent application), în urma proiectelor, din care:	1
	- naționale (în România sau în altă țară);	1
	- la nivelul unei organizații internaționale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	-
	Numărul de brevete de invenție acordat (granted patent), în urma proiectelor, din care:	-
	- naționale (în România sau în altă țară);	-
	- la nivelul unei organizații internaționale (EPO/ PCT/ EAPO/ ARIPO/ etc.)*	-
	Veniturile rezultate din exploatarea brevetelor și a altor titluri de proprietate intelectuală	0 mii lei
	Veniturile rezultate în urma exploatarei produselor, serviciilor și tehnologiilor dezvoltate	0 mii lei
	Ponderea contribuției financiare private la proiecte	2012: 8,18% 2013: 7,69% 2014: 12,15%
	Valoarea contribuției financiare private la proiecte	2012: 46,78 mii lei 2013: 37,22 mii lei 2014: 26,73 mii lei

3. REZULTATE FINALE OBTINUTE		
Categoria rezultatelor finale conform art. 74 din OG 57/2002 ¹	Obiecte fizice: produs, echipament, instalație etc. <input type="checkbox"/>	Documentație (documentații de realizare produse/servicii, proiecte tehnico-economice, know-how etc.) <input checked="" type="checkbox"/>
	Tehnologie ² <input type="checkbox"/>	Plan, schemă <input type="checkbox"/>
	Produs informatic <input type="checkbox"/>	Protocol <input type="checkbox"/>
	Rețetă, formulă <input type="checkbox"/>	Serviciu/serviciu informatic ³ <input type="checkbox"/>
	Sistem, structură, proces <input type="checkbox"/>	Metodă, tehnică, mecanism <input type="checkbox"/>
	Studiu ⁴ <input type="checkbox"/>	
Stadiul de realizare al rezultatelor finale	Model conceptual <input type="checkbox"/>	
	Model experimental demonstrativ <input type="checkbox"/>	
	Model funcțional <input type="checkbox"/>	
	Prototip <input checked="" type="checkbox"/>	
	Instalație pilot sau echivalent <input type="checkbox"/>	
	Altele <input type="checkbox"/>	

3.1 Centralizator rezultate/proiect

	Finalizate Total (nr.)	Finalizate noi (nr.)	Finalizate modernizate (nr.)	Finalizate aliniate la standarde internaționale (nr.)	Finalizate certificate (nr.)
Produse / produse informatice	1	1	-	-	-
Tehnologii	-	-	-	-	-
Servicii/servicii informatice	-	-	-	-	-
Sisteme, structuri, procese	-	-	-	-	-
Metode / tehnici, mecanisme	-	-	-	-	-
Rețete, formule	-	-	-	-	-
Planuri, scheme	-	-	-	-	-
Protocoale	-	-	-	-	-
Studii	-	-	-	-	-

¹ Dacă prin proiect s-a realizat un produs, echipament, instalație se va completa Anexa 5

² Dacă prin proiect s-a realizat o tehnologie se va completa Anexa 6

³ Dacă prin proiect s-a realizat un serviciu se va completa Anexa 7

⁴ Dacă în cadrul proiectului au fost realizate studii se va completa Anexa 8

3.2 Centralizator publicații

Nr. Crt.	Nume autori	Titlul articolului / cărții / Comunicării științifice	Revista/Volumul/Editura la care a apărut/ Conferința la care s-a comunicat
Articole ISI			
1	H. Chiriac, M. Țibu, N. Lupu, I. Skorvanek and T.A. Ovari	Nanocrystalline ribbons for energy harvesting applications	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115 (2014) 17A320
2	M. Țibu, C. Rotărescu, T.A. Óvári, N. Lupu, H. Chiriac	Analysis and modeling of a small electrical generator based on nanocrystalline ribbons	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS 50(11) (2014) 8002204
Articole alte baze de date			
1	I. Škorvánek, J. Marcin, J. Kováč, P. Švec, N. Lupu and H. Chiriac	Tuning of soft magnetic properties in feco- and feni-based amorphous and nanocrystalline alloys by thermal processing in external magnetic field	THERMEC'2013 Proceedings, Trans Tech Publishers (June 2014)
Cărți			
1			
n			
Comunicări științifice naționale			
1			
n			
Comunicări științifice internaționale			
1	N. Lupu	Fe-Ga magnetostrictive polycrystalline materials: From bulk shaped samples to nanowires	15th Czech and Slovak Conference on Magnetism (CSMAG'13), Košice, Slovakia, June 17-21, 2013 (lucrare invitată)
2	N. Lupu, H. Chiriac, S. Corodeanu, I. Škorvánek	Influence of additions and annealing temperature on microstructure and magnetic behavior of Fe-Nb-B-based glass-coated microwires	20th International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials (ISMANAM 2013), Torino, Italy, June 30-July 5, 2013 (prezentare orală)
3	N. Lupu, M. Grigoraș, M. Țibu, H. Chiriac, J. Marcin, I. Škorvánek	Magnetostrictive polycrystalline Fe-Ga melt-spun ribbons for energy harvesting devices	Joint European Symposia on Magnetism (JEMS 2013), 25-30 August 2013, Rodos Palace Convention Center, Rhodes, Greece
4	H. Chiriac, M. Țibu, N. Lupu, A.T. Ovari, I. Skorvanek	Nanocrystalline ribbons for energy harvesting applications	58th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials – MMM 2013, 4–8 November 2013, Denver, Colorado
5	I. Škorvánek, J. Marcin, J. Kováč, P. Švec, N. Lupu and H. Chiriac	Tuning of soft magnetic properties in FeCo- and FeNi-based amorphous and nanocrystalline alloys	International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials - THERMEC'2013, 2-6

		by thermal processing in external magnetic field	Decembrie 2013, Las Vegas, SUA (lucrare invitată)
6	M. Tibu, C. Rotarescu, T.A. Ovari, N. Lupu, H. Chiriac	Analysis and modeling of a small electrical generator based on nanocrystalline ribbons	IEEE International Magnetism Conference, INTERMAG Europe 2014, Dresden, Germany, May 4-8, 2014 (prezentare orală)
7	I. Skorvanek	Field-annealed soft magnetic amorphous and nanocrystalline ribbons with improved energy performance	6th Forum on New Materials, CIMTEC-2014, Montecatini Terme, Italy, 16-19 June 2014 (lucrare invitată)
8	H. Chiriac, M. Tibu, N. Lupu, T.A. Ovari, I. Skorvanek	Energy harvesting device based on nanocrystalline ribbons	6th Forum on New Materials, CIMTEC-2014, Montecatini Terme, Italy, 16-19 June 2014 (prezentare orală)
9	H. Chiriac, M. Tibu, F. Tufescu, I. Skorvanek, T.A. Ovari, N. Lupu	Vibration energy harvesting device for a wireless sensors monitoring system	10th European Conference on Magnetic Sensors and Actuators Conference (EMSA 2014), Vienna, Austria, July 6-9, 2014
10	N. Lupu, I. Murgulescu, M. Grigoras, G. Ababei, H. Chiriac	Magnetostrictive polycrystalline Fe-Ga microwires for energy harvesting devices	10th European Conference on Magnetic Sensors and Actuators Conference (EMSA 2014), Vienna, Austria, July 6-9, 2014
11	H. Chiriac, M. Tibu, N. Lupu, I. Skorvanek, T.A. Ovari, F. Tufescu	Magnetic nanocrystalline ribbons for energy harvesting devices	10th International Conference on Physics of Advanced Materials (ICPAM-10), Iași, Romania, 22-28 September 2014
12	N. Lupu, E. Summers, M. Lostun, M. Grigoras, S. Corodeanu and H. Chiriac	Influence of small B addition on the induced crystallographic texture and magnetostriction of Fe-Ga wires	59th Annual Magnetism and Magnetic Materials (MMM 2014) Conference, Honolulu, Hawaii, November 3-7, 2014 (prezentare orală)
Atlase, dicționare de specialitate			
1			
n			
Alte publicații			
1			
n			

3.3 Centralizator brevete

Brevete	Total (nr.)	Depuse (nr.)	Obținute (nr.)
Naționale	1	1	-
USPTO (United States Patent and Trademark Office)	-	-	-

3.4 Gradul de atingere a rezultatelor estimate și impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut cu impact demonstrabil

(maxim 2 pagini)

Unul din obiectivele acestui proiect a fost obținerea de materiale magnetice amorse și nanocristaline sub formă de benzi și utilizarea acestora pentru realizarea unor prototipuri EHD cu caracteristici superioare, pentru conversia energiei mecanice din vibrații în energie electrică. Realizarea cu succes a modulului EHD a presupus în primul rând folosirea unor materiale cu inducție magnetică de saturație mare și permeabilitate magnetică ridicată. Au fost obținute, de către cercetătorii de la INCDFT-IFT Iași în colaborare cu cercetătorii de la IEP-SAS, Kosice, Slovacia, benzi magnetice amorse și nanocristaline cu diferite compoziții (FeSiB, CoFeSiB, FeNiNbB, FeSiBCuNb-FINEMET) pentru a fi utilizate la realizarea materialului activ pentru dispozitivul EHD. Proprietățile magnetice și magneto-mecanice ale acestor benzi au fost optimizate prin tratamente termice și termo-magnetice. Influența parametrilor de obținere, a tratamentelor termice și termo-magnetice asupra proprietăților benzilor produse au fost monitorizate prin măsurători magnetice (trasare curbe de histerezis, trasarea curbelor de variație a permeabilității magnetice relative cu câmpul magnetic aplicat) și măsurători ale proprietăților magnetoelastice. Aceste rezultate au fost prezentate în cadrul conferinței internaționale MMM 2013 (58th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials) care s-a desfășurat în perioada 4-8 Noiembrie 2013 la Denver, Colorado, USA. Lucrarea prezentată a fost publicată într-o revistă cotate ISI (*Nanocrystalline ribbons for energy harvesting applications*, autori: H. Chiriac, M. Țibu, N. Lupu, I. Skorvanek and T.A. Ovari, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 115 (2014) 17A320).

Un alt obiectiv important al proiectului a fost acela de a analiza și stabili aspectele critice cum ar fi principiul de conversie a energiei mecanice în energie electrică, natura fenomenelor fizice implicate în procesul de conversie a energiei mecanice în energie electrică (efect electromagnetice, efect piezoelectric, efect magnetoelastic, etc.), tipul de material care să asigure eficiența maximă precum și aspecte cu privire la designul optim (secțiunea materialului, caracteristicile bobinei: secțiune fir, număr de spire, etc.) - care să asigure atât miniaturizarea dispozitivului cât și nivelul de tensiune/putere la intrarea interfeței electronice necesar bunei funcționări a consumatorului. Varianta constructivă finală optimizată a permis pe lângă reducerea substanțială a volumului harvesterului, o creștere semnificativă a performanțelor de ieșire (tensiune, putere, lărgime de bandă). Puterea debitată de harvester pe frecvența de rezonanță pentru accelerații de 1g este 10÷12 mW (RMS) și 35÷36 mW putere de vârf (frecvența de rezonanță în intervalul 30 ÷ 60 Hz) având lărgimea de bandă de 5 Hz. Am obținut pentru harvester în varianta finală optimizată o densitate de putere (putere de vârf) de 45 mW/cm³, valoare care se situează printre cele mai mari raportate în literatura de specialitate. **În concluzie am realizat un prototip EHD cu caracteristici superioare, testat atât în laborator cât și în condiții reale cu rezultate foarte bune.**

Capabilitatea modulului EHD de tip vibrațional realizat pe baza unor materiale amorse sau nanocristaline de a alimenta consumatori electrici de tipul nod de senzori wireless a fost demonstrată prin crearea unui sistem de monitorizare wireless pentru câteva mărimi fizice de interes în funcționarea unor echipamente și utilaje (acelerație, temperatură, umiditate, s.a.). Au fost analizate mai multe variante constructive pentru circuitele de redresare și ridicare a tensiunii de la prototipul EHD în diferite configurații și cu diferite tipuri de componente electronice pentru a se putea realiza alimentarea cu o tensiune de cel puțin 3V. Prin intermediul testelor funcționale realizate atât în condiții de laborator cât și în condiții reale de funcționare a fost demonstrată capabilitatea și potențialul prototipului EHD dezvoltat pe durata desfășurării proiectului, de a putea fi folosit pentru alimentarea unor noduri de senzori wireless care să monitorizeze desfășurarea unor procese.

Pe perioada desfășurării proiectului am avut colaborări cu instituții și centre de cercetare de prestigiu din străinătate (Inst. of Exp. Phys. from SAS Kosice, Slovacia și Dep. of Mat. Science from Univ. of Sheffield, UK) în cadrul cărora s-au realizat schimburi de idei și cunoștințe cu privire la dezvoltarea de dispozitive de tip EHD pe bază de materiale amorse și nanocristaline precum și aspecte legate de caracterizarea și optimizarea variabilelor care afectează randamentul conversiei

energiei pentru dispozitivele de recuperare a energiei din vibrații. A fost depusă o cerere la OSIM (Nr. a 2013 00158) pentru un brevet de invenție cu titlul “Dispozitiv de conversie a energiei vibrațiilor mecanice în energie electrică și procedeu de obținere a acestuia” și care este în proces de analizare. Am realizat analiza și modelarea matematică a dinamicii prototipului EHD care a permis caracterizarea și optimizarea variabilelor care afectează randamentul conversiei energiei pentru dispozitivele de tipul EHD pentru recuperarea energiei din vibrații. Rezultatele au fost sintetizate într-o lucrare științifică (*Analysis and modeling of a small electrical generator based on nanocrystalline ribbons*, autori: M. Țibu, C. Rotărescu, T.A. Ovari, N. Lupu and H. Chiriac) prezentată în cadrul conferinței internaționale INTERMAG Europe 2014 (IEEE International Magnetism Conference) care a avut loc în perioada 4-8 Mai 2014 la Dresda, Germania, și au fost publicate în IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS 50(11) (2014) 8002204).

Dezvoltarea de sisteme de senzori wireless de putere mică (în domeniul micro-mili watt), care necesită pentru funcționare puteri de ordinul $10 \mu\text{W} \div 10 \text{mW}$, a deschis noi alternative pentru surse de energie neconvenționale. Recent, dispozitivele de recuperare a energiei pe bază de vibrații a atras interes din cauza potențialului mare pe care îl au ca surse alternative de energie pentru sistemele de senzori wireless de mică putere. Există o mulțime de surse de vibrații ambientale, și cantități mari de energie sunt irosite într-o varietate de fenomene sau procese, atât naturale cât și artificiale. În acest sens am realizat o analiză a domeniilor de activitate cu potențial semnificativ din punct de vedere al exploatarea comercială a rezultatelor proiectului. Au fost identificate entități economice de tipul societăților comerciale care au ca obiect de activitate dezvoltarea și comercializarea de aplicații și dispozitive pentru activități de monitorizare wireless și unități economice sau de producție care au ca obiect de activitate monitorizarea unor instalații sau a unor mașini care lucrează în medii inaccesibile sau cu risc pentru personalul de întreținere, cu care urmează să fie stabilite contactate pentru un eventual transfer tehnologic, introducerea în producție și valorificarea produselor.

Activitățile de diseminare a rezultatelor obținute în cadrul proiectului s-au concretizat prin: comunicări la conferințe naționale și internaționale (12 comunicări științifice), articole publicate în reviste cotate ISI (2 articole) și în proceeding-urile conferințelor (1 articol), participare la târguri, expoziții și simpozoane atât în țară cât și în străinătate (2 medalii de aur), distribuire de CD-uri și pliante de prezentare, depunerea unei cereri de brevet de invenție național.

3.5 Adresa web a proiectului actualizată cu toate rezultatele proiectului:

<http://www.phys-iasi.ro/STREAM.htm>

3.6 Nerealizări/dificultăți întâmpinate în derularea proiectului

3.7 Sugestii privind raportarea

Informații privind proprietatea intelectuală

1. Brevete(șe va marca):

naționale
USPTO

Persoana juridică din cadrul consorțiului care a depus brevetul	Denumire brevet	Stadiul Brevetării^{*)}	Mod de valorificare^{**)}	Instituții/firme utilizatoare / Volum beneficiu realizat^{***)}
INCDFE-IFT Iași	Dispozitiv de conversie a energiei vibrațiilor mecanice în energie electrică și procedeu de obținere a acestuia	D (a 2013 00158)	R (Se are în vedere introducerea în producție)	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Tehnică – IFT Iași