

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2013/12



## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0348
<b>Naslov programa</b>	Nove slikovno-analitske metode
<b>Vodja programa</b>	11892 Zvonko Jagličič
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	7320
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje programa</b>	01.2009 - 12.2012
<b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b>	101 Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko 2338 Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.21 Tehnološko usmerjena fizika
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	14. Obramba

#### 2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	1.03
<b>- Veda</b>	1 Naravoslovne vede
<b>- Področje</b>	1.03 Fizika

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 3. Povzetek raziskovalnega programa<sup>2</sup>

SLO

Na področju radarskega slikanja smo optimizirali antenski sklop, izboljšali numerični algoritem za izračun slike ter georadar prvič uporabili za slikanje pod vodo. Raziskave z georadarjem smo razširili na področje nedestruktivnega preizkušanja v gradbeništvu.

Razvili smo magnetometer na atomske pare alkalnih snovi, ki je 5 do 10-krat bolj občutljiv od klasičnega spektrometra NQR pri detekciji nizkofrekvenčnih signalov.

Raziskali smo magnetne lastnosti številnih novih materialov. Omenimo le nanodelce za uporabo v medicini in multiferoike ter magnetno frustrirane sisteme za uporabo v

spintroniki. Pri nekaterih multiferoikih smo zaznali šibko sklopitev magnetnih in električnih lastnosti. V magnetno frustrirane sisteme pa smo uspeli zapisati digitalno informacijo le s termično obdelavo vzorca.

Jedrsko kvadrupolno resonanco smo uporabili za detekcijo prepovedanih snovi. Izdelali smo dovolj občutljiv merski sistem, ki omogoča zaznavanje prepovedanih snovi že, ko gibljivi del detektorja približamo snovi na razdaljo nekaj centimetrov. V okviru evropskega projekta CONPHIRMER razvijamo detektor ponarejenih zdravil.

ANG

In the field of georadar imaging antenna circuit and its interface has been optimized and new, faster numeric algorithms for image reconstruction have been developed. For the first time we used georadar for underwater (subaquatic) radar imaging and, as a complementary method to ultra sound and thermocamera imaging, we applied georadar for non-destructive testing in civil engineering.

Magnetometer which uses specific optical properties of atomic vapors of alkali elements has been developed for NQR detection. It has been showed the sensitivity of the developed magnetometer exceeds the sensitivity of the classical NQR spectrometers for 5 - 10 times at low frequencies.

Many new materials have been magnetically characterised, for example nanoparticles for applications medicine, multiferroics and magnetically frustrated systems for spintronics. A weak coupling between magnetic and electric properties have been detected in some multiferroics. We succeeded to write a digital information in magnetically frustrated system only by thermal manipulation of the sample.

Nuclear quadrupolar resonance has been applied for detection of illicit substances (commercial military and technical explosives, improvised explosives, narcotics). Our setup contains a mobile detecting head, which can approach the suspicious object/subject to the distance of only a few cm. We are working on expansion of a library of  $^{14}\text{N}$  NQR frequencies in pharmaceutically interesting compounds which is a part of implementation of the EU FP-7 project CONPHIRMER (Grant Agreement Number 261670).

#### 4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu<sup>3</sup>

SLO

Cilji raziskovalnega programa so bili A) razvoj hitrejših metod slikanja z georadarjem, B) raziskave magnetnih lastnosti različnih snovi v šibkem magnetnem polju, in C) iskanje identitete snovi z jedrsko kvadrupolno resonanco.

A) Namen raziskav na področju radarskega slikanja je bil izboljšati uporabnost georadarja, tako da bi lahko transformirali odbite radarske signale v sliko v realnem času. Za to so potrebni novi, hitrejši numerični algoritmi za rekonstrukcijo slike in optimizacija antenskega sklopa ter ustrezne elektronike. Pokazali smo, da za izračun radarske slike ni potrebno rešiti inverznega sipalnega problema, ampak da je tudi v realističnih primerih mogoče uporabiti iterativni postopek na podlagi nevronske mreže, ki iz izmerjenega radarskega signala določi lego skritih predmetov ali nehomogenosti v materialu, od katerih se odbijajo radarski valovi.

Pospešili smo algoritem za izračun radarske slike z modificirano Stoltovo migracijo tako, da se hitrost izdelave slike skrajša na manj kot petnajst sekund. Razvili smo nekatere nove radarske slikovne pulzne tehnike in izboljšali antenski sklop radarskega sistema, ki omogočajo hitrejšo izdelavo radarske slike. Uporabili smo jih tudi za radarsko slikanje pod vodo. Problem je težaven predvsem zato, ker se mikrovalovi zelo močno absorbirajo v vodi, tako da tudi ob močnih pulzih na oddajni anteni pride nazaj do sprejemne antene zelo šibek signal. Metodo smo preizkusili na Podpeškem jezeru, kjer smo videli jezersko

dno, predmete na dnu in plasti pod dnom tudi skozi globjo plast vode do petih metrov. Na področju radarskega slikanja smo sodelovali v mednarodnih projektih UNCOSS 7. okvirnega programa EU s partnerji iz Francije (CEA Saclay, ECA Toulon), Švedske (Laser Optronix), Hrvaške (IRB, ACT, Luka Dubrovnik, Luka Vukovar) in Črne Gore (Luka Bar) in GUARDED programa JIPFP Evropske obrambne agencije v sodelovanju s partnerji iz Francije (ECA, Orsay), Avstrije (Ionicon, Innsbrucku) in Finske (Environics, Mikkeli).

B) Za raziskave magnetnih lastnosti različnih snovi smo poleg komercialnega detektorja Quantum Design MPMS-XL-5 razvili magnetometer na atomske pare alkalnih snovi. Pri slednjem smo pozornost posvetili aplikaciji magnetometra za detekcijo kvadrupolne resonance zelo nizkih frekvenc. Magnetometer na pare alkalnih kovin, ki smo ga izdelali, je približno 5 do 10 krat bolj občutljiv od klasičnega NQR spektrometra pri detekciji nizkofrekvenčnih  $^{14}\text{N}$  NQR signalov. Občutljivost našega magnetometra smo tudi potrdili z meritvami magnetokardiograma (MKG) srca. Rezultati so primerljivi s tistimi, ki smo jih posneli v Berlinu z občutljivim superprevodnim kvantnim (SQUID) magnetometrom na istem subjektu.

Težišče raziskav magnetizma novih snovi so multifunkcijski materiali za uporabo v informacijski tehnologiji in biomedicini. K prvim spadajo raziskave multiferoikov in frustriranih sistemov s spominskim pojavom. Že nekaj let raziskujemo tekoče kristale, v katere smo primešali magnetne nanodelce. Poskusi so pokazali šibko sklopitev med magnetnimi lastnostmi in električnim poljem. Spominski pojav smo zaznali v različnih sistemih magnetnih nanodelcev (sodelovanje s KBSI, J. Koreja) in geometrijsko frustriranih sistemih (kompleksne kovinske zlitine in kvazikristali, sodelovanje v evropski mreži odličnosti "Complex Metallic Alloys"). Uporabo spominskega pojava za shranjevanje digitalne informacije smo s kolegi z inštituta "Forschungszentrum Jülich" iz Nemčije prijaviteli za pridobitev evropskega patenta. V patentu smo predstavili nov koncept nosilca spomina imenovano termična spominska celica, kjer digitalno informacijo zapišemo izključno s termično manipulacijo. Spominski medij predstavlja magnetno frustrirana snov. V termično celico nam je uspelo zapisati poljuben znak ASCII tabele. Poleg shranjevanja informacij bi lahko bil termični spomin uporaben za varen prenos podatkov in branje termične zgodovine v našem planetarnem in interplanetarnem prostoru.

Znanstveno najodmevnejši rezultat je bilo poročanje o sintezi in magnetnih lastnosti spojine  $\text{AgSO}_4$  v najuglednejši reviji s področja kemije (Angew. Chem. Int. Ed, sodelovanje z Univerzo v Varšavi). Spojina je srebrov analog dobro poznani modri galici  $\text{CuSO}_4$ . Magnetni ioni so v  $\text{AgSO}_4$  porazdeljeni v plasteh, med njimi je močna antiferomagnetna interakcija v verigah. Po strukturi je spojina podobna visokotemperaturnim superprevodnikom na osnovi bakra, le da lahko  $\text{AgSO}_4$  postane začetna substanca za sintezo morebitnih novih superprevodnikov na osnovi srebra.

C) Izpopolnili smo sistem za detekcijo prepovedanih snovi (komercialni vojaški in civilni eksplozivi, improvizirani eksplozivi, narkotiki) na osnovi  $^{14}\text{N}$  NQR. Vse našete substance vsebujejo dušik ( $^{14}\text{N}$ ) in lahko zato s kvadrupolno resonanco dušika z veliko gotovostjo povemo, katera prepovedana snov je prisotna. Izdelali smo merski sistem v taki obliki, da omogoča giblivi del detektorja približati le na nekaj cm sumljivemu subjektu, oziroma objektu.

Detekcijo dušikove kvadrupolne resonance ( $^{14}\text{N}$  NQR) v klasični tehniki smo uporabili za študij polimorfizma v farmacevtskih proizvodih. Pripravljamo knjižnico dušikovih kvadrupolnih resonanc, ki jo rabimo za izvedbo EU FP-7 projekta CONPHIRMER (Grant Agreement Number 261670), kjer smo eden izmed 7 mednarodnih partnerjev. Ta projekt bo obravnaval raziskave, ki naj vodijo do sistema za nedestruktivno zaznavanje ponarejenih zdravil s pomočjo  $^{14}\text{N}$  NQR.

O rezultatih raziskav smo poročali na številnih mednarodnih znanstvenih in strokovnih srečanjih. V sodelovanju s kolegi smo v obdobju 2009-2012 v soavtorstvu objavili več kot 80 publikacij v uglednih mednarodnih revijah.

#### 5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

SLO

Raziskave v okviru programa Nove slikovno-analitske metode, ki smo jih napovedali pri prijavi programa leta 2008, so bile predvidene za 6-letno izvajanje programa. Takrat smo pripravili tudi časovni načrt po letih.

Če primerjamo predvidene raziskave za prva štiri leta izvajanja programa (do konca 2012), ugotovimo, da smo vse zastavljene cilje dosegli. Na večini področij smo jih tudi presegle. Na področju radarskega slikanja smo izboljšali programsko opremo za skrajšanje časa izdelave radarske slike. Optimizirali smo antenski sklop in izboljšali radarski sistem uporabili tudi na dveh novih področjih, ki ju pri prijavi programa nismo predvideli: za podvodno slikanje in slikanje razpok pod ometom pri različnih obremenitvah konstrukcij v gradbeništvu.

V skladu s časovnim načrtom že uporabljamo magnetometer na pare v magnetno mirnem okolju na Golovcu. Občutljivost smo potrdili z meritvami magnetokardiograma (MKG) srca. Detekcijo dušikove kvadrupolne resonance ( $^{14}\text{N}$  NQR) v klasični tehniki radiofrekvenčne spektroskopije smo izboljšali in jo uporabljamo za študij polimorfizma v farmacevtskih proizvodih z namenom, da si pripravimo ustrezno knjižnico dušikovih kvadrupolnih resonanc.

Postali smo dva izmed sedmih mednarodnih partnerjev za izvedbo EU FP-7 projekta CONPHIRMER (Grant Agreement Number 261670), ki je po vsebini nadgradnja raziskav v okviru domačega programa.

Na področju raziskav magnetizma v novih snoveh smo po številu različnih raziskav in objav načrte znatno presegle. Z aplikativnega stališča si največ obetamo od raziskav spominskega pojava v magnetno frustriranih sistemih. Čakamo na potrditev evropskega patenta za novi način shranjevanja digitalnih informacij. Hkrati pa iščemo snovi, v katere bi lahko termično zapisali informacijo pri sobni temperaturi, in raziskujemo načine, kako informacijo v spominsko celico zapisati hitreje.

#### 6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine<sup>5</sup>

V zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa se je programski skupini pridružil dr. Vojko Jazbinšek, ki je zamenjal pokojnega dr. Janka Lužnika. Dr. Jazbinšek ima ustrezno znanje in dovolj izkušenj na področju detekcije signalov jedrske kvadrupolne resonance tako, da smo delo lahko uspešno nadaljevali.

Mag. Dimitrij Najdovski je z dnem 31. 12. 2011 zaključil zaposlitev na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana. Zato je bilo potrebno dopolniti sestavo programske skupine z vključitvijo novih raziskovalcev dr. A. Levanyuka in dr. D. Heatha.

#### 7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>6</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	16000089	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zeemanski premik - orodje za asignacijo resonančnih črt dušika $^{14}\text{N}$ na neekvivalentnih atomih $^{14}\text{N}$ v praškastih vzorcih.

		ANG	Zeeman shift - A tool for assignment of $^{14}\text{N}$ NQR lines of nonequivalent $^{14}\text{N}$ atoms in powder samples
Opis		SLO	Študij frekvenčne porazdelitve razširjene, zeemansko premaknjene NQR črte 14N v izotropnem praškastem vzorcu nam pomaga pri določitvi karakterja te črte: $\nu_+$ , $\nu_-$ ali $\nu_0$
		ANG	The use of Zeeman perturbed $^{14}\text{N}$ nuclear quadrupole resonance (NQR) to determine the $\nu_+$ and $\nu_-$ $^{14}\text{N}$ lines in polycrystalline samples with several nonequivalent nitrogen atoms was investigated. The $^{14}\text{N}$ NQR line shift due to a weak external Zeeman magnetic field was calculated, assuming isotropic distribution of EFG tensor directions. We calculated the broad line distribution of the $\nu_+$ and $\nu_-$ line shifts and experimentally confirmed the calculated Zeeman field dependence of singularities (NQR peaks) in cyclotrimethylenetrinitramine (RDX) and aminotetrazole monohydrate (ATMH). The calculated and measured frequency shifts agreed well. The proposed measurement method enabled determination of which $^{14}\text{N}$ NQR lines in ATMH belong to $\nu_+$ and which to $\nu_-$ transitions.
Objavljeno v	Academic Press; Journal of magnetic resonance; 2011; Vol. 212, iss. 1; str. 149-153; Impact Factor: 2.138; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.255; WoS: CO, UH, XQ; Avtorji / Authors: Lužnik Janko, Jazbinšek Vojko, Pirnat Janez, Seliger Janez, Trontelj Zvonko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	15313753	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	14N JKR študija polimorfizma v vzorcih trinitrotoluena iz starega streliva
		ANG	14N nuclear quadrupole resonance study of polymorphism in trinitrotoluene samples obtained from old ordnances
Opis		SLO	Terenska uporaba detektorja jedrske kvadropolne resonance (JKR) 14N za različne eksplozive vključno s trinitrotoluenom (TNT) zahteva preiskavo porazdelitve črt JKR 14N, izviraajočih iz monoklinske in/ali ortorombske modifikacije TNT, lahko tudi iz mešanice obeh. V tem delu je bilo pomerjenih 30 različnih vzorcev TNT, starih do 70 let. Glavni rezultat študije je, da na izmerjeni spekter JKR 14N močno vplivajo okoljski pogoji, ki jim je bil eksploziv izpostavljen v času ležanja eksplozivnih teles v naravi.
		ANG	The field application of a $^{14}\text{N}$ nuclear quadrupole resonance (NQR) detector needed for the detection of different explosives, including trinitrotoluene (TNT), requires the examination of the distribution of $^{14}\text{N}$ NQR lines stemming from the monoclinic and/or orthorhombic modifications of TNT, as well as from a mixture of both. In this work, 30 different TNT samples up to 70 years old were measured. The main result of this study is that the measured $^{14}\text{N}$ NQR spectrum is strongly influenced by the environmental conditions to which the explosive was subject during its history.
Objavljeno v	Springer; Applied magnetic resonance; 2009; Vol. 36, no. 1; str. 115-120; Impact Factor: 0.819; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.112; WoS: UH, XQ; Avtorji / Authors: Lužnik Janko, Pirnat Janez, Trontelj Zvonko, Apih Tomaž, Gregorovič Alan		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	24869671	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Uporaba podvodnega radarja
		ANG	Applications of underwater radar

	Opis	SLO	Razvili smo podvodni radar za opazovanje geoloških struktur pod rečnim ali jezerskim dnom. Meritev skozi nekaj metrov vode omogoča detekcijo zakopanih objektov na vodnem dnu kot tudi geoloških struktur. Izmerjen signal od jezerskega dna je bil dobljen do globine 5 m v Podpeškem jezeru.
		ANG	Underwater radar was developed that can observe geological structures below the river or lake bottom. Furthermore, it can measure through several meters of water, and detect objects buried at the bottom as well as geological structures. The reflected radar signal was measured up to 5 meters below the lake bottom at the Lake Podpeč near Ljubljana, Slovenia.
	Objavljeno v		Faculty of Mechanical Engineering; Book of proceedings; 2011; Str. 3190-3193; Avtorji / Authors: Puc Uroš, Abina Andreja, Jeglič Anton, Zidanšek Aleksander
	Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
4.	COBISS ID		23410215 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Srebrov(II) sulfat z nenavadno močno antiferomagnetno interakcijo v eni dimenziji
		ANG	AgIISO4 : A Genuine Sulfate of Divalent Silver with Anomalously Strong One-Dimensional Antiferromagnetic Interactions
	Opis	SLO	Bakrov(II) sulfat CuSO4 je znan že tisočletja. Analogno spojino zlata AuSO4 so pripravili šele desetletje nazaj, medtem, ko smo v povezavi s poljskimi raziskovalci šele zdaj uspeli pripraviti ustrezno srebrovo spojino AgSO4. Spojina AgSO4 ima znatno drugačne lastnosti od analognih spojin bakra in zlata. Verige, ki so sestavljene iz srebrovih in sulfatnih ionov, so povezane v tridimenzionalno mrežo. Razporeditev srebrovih ionov v verigah se kaže tudi v zanimivih magnetnih lastnostih spojine, to je nenavadno močni antiferomagnetni interakciji med ioni srebra v verigi.
		ANG	Sulfate of copper(II) is known for millennia. The related AuSO4 has been known for a decade, while very recently within the collaboration with Polish researchers we finally succeeded to synthesis the related sulfate of silver (II). The AgSO4 shows many different chemical and physical properties in comparisson with the related copper and gold compounds. The chains of Ag (II) ions compose a 3-dimensional network which is reflected in unusual and interesting magnetic properties: a very strong intrachain antiferromagnetic interaction between the Ag(II) ions.
	Objavljeno v		Wiley-VCH; Angewandte Chemie; 2010; Vol. 49, no. 9; str. 1683-1686; Impact Factor: 12.730;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.761; A": 1;A': 1; WoS: DY; Avtorji / Authors: Malinowski Przemyslaw, Derzsi Mariana, Mazej Zoran, Jagličić Zvonko, Gawel Bartłomiej, Łasocha Wiesław, Grochala Wojciech
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID		22832167 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Termična spominska celica
		ANG	A thermal memory cell
			Predstavili smo nov koncept nosilca spomina imenovano termična spominska

Opis	SLO	<p>celica, kjer digitalno informacijo zapišemo izključno s termično manipulacijo.</p> <p>Termični zapisovanje informacije predstavlja temperaturni profil, ki vsebuje intervale enakomernega ohlajanja in intervale izotermnega čakanja. Spominski medij sestavlja magnetno frustrirana trdnina. V termično celico nam je uspelo zapisati poljuben znak ASCII tabele. Poleg shranjevanja informacij, bi lahko bil termični spomin uporaben za varen prenos podatkov in branje termične zgodovine v našem planetarnem in interplanetarnem prostoru.</p>
	ANG	<p>We present a concept of a new kind of memory element, a thermal memory cell, where a byte of digital information is stored into the storage medium by pure thermal manipulation. Thermal inscription of information employs a specific temperature-time profile that involves continuous cooling and isothermal waiting time periods. Our storage media are magnetically frustrated solids. We succeeded to thermally write arbitrary ASCII code. Besides for data storage, the concept may be employed for secure data transfer and for retrieving cosmological information from extraterrestrial dust particles.</p>
Objavljeno v	<p>American Institute of Physics.; Journal of applied physics; 2009; Vol. 106, no. 4; str. 043917-1-043917-5; Impact Factor: 2.072; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.216; A': 1; WoS: UB; Avtorji / Authors: Dolinšek Janez, Feuerbacher Michael, Jagodič Marko, Jagličič Zvonko, Heggen Marc, Urban K.</p>	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

### 8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine<sup>Z</sup>

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	15097177	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Merilnik temperature in temperaturnih gradientov v majhnih vzorcih z metodo jedrske kvadropolne resonance	
	ANG	System for temperature and temperature gradients measurements in small samples by NQR	
Opis	SLO	<p>Predmet izuma je merilnik temperature (T) in temperaturnih gradientov (dT/dz) v milimetrskih vzorcih. Merilnik po izumu izvaja meritev temperature in temperaturnih gradientov preko meritve frekvence jedrske kvadropolne resonance (JKR) <math>\nu^{\{35\}}\text{Cl}</math> v <math>\text{NaClO}_3</math> ali <math>\text{KClO}_3</math>. Po izumu je uporabljen najmanj en od 1 do 2 mm velik monokristalček <math>\text{NaClO}_3</math> ali <math>\text{KClO}_3</math>, na katerega je navita tuljavica, ki je del vhodnega oscilatorskega kroga JKR spektrometra. Meritev temperature se da izvesti tudi, če je navedena tuljava navita kar okrog samega merskega prostorčka, kjer je to izvedljivo. Če je uporabljeno več monokristalčkov, je možno sočasno meriti temperaturo na več mestih. Če so znane krajevne koordinate senzorjev, je možno določiti tudi temperaturni gradient iz temperaturnega premika <math>\text{JKR } \nu^{\{35\}}\text{Cl}</math>. Z uporabo podolgovatega senzorja pa je možno določiti temperaturni gradient neposredno iz razširitve JKR črte.</p>	
		<p>The subject of invention is a temperature (T) and temperature gradient (dT/dz) in millimetre-size samples. The meter according to the invention takes measurements of temperature and temperature gradients via measurement of nuclear quadrupole resonance (NQR) frequency of <math>\nu^{\{35\}}\text{Cl}</math> in <math>\text{NaClO}_3</math> or <math>\text{KClO}_3</math>. According to the invention, at least one 1 to 2 mm size mono-crystal of <math>\text{NaClO}_3</math> or <math>\text{KClO}_3</math> is</p>	

		applied, around which a small solenoid, part of the input oscillatory circuit of an NQR spectrometer, is wound. The measurement can be carried out also, when the said solenoid is wound directly around the measuring space itself, where feasible. In case several crystals are applied, temperature can be measured on more locations simultaneously. If local coordinates of sensors are known, temperature gradients can also be determined from temperature shifts of NQR $\approx \Delta T$ shifts. By using an elongated sensor, temperature gradient can be determined directly from the NQR line broadening.
Šifra	F.33	Patent v Sloveniji
Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2009; Avtorji / Authors: Lužnik Janko, Pirnat Janez, Trontelj Zvonko	
Tipologija	2.24 Patent	
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Vodenje Centra za magnetne meritve (CMag)
	ANG	Leading of the Center of Magnetic measurements (CMag)
Opis	SLO	Že vrsto let uspešno vodimo Center za magnetne meritve (CMag). Na magnetometru QD SQUID MPMS-XL-5 tečejo raziskave magnetnih lastnosti različnih materialov preko 80 % vsega časa (šteto 24 ur/dan in 7 dni/teden). Leta 2009 smo center nadgradili z novim merilnikom za meritve fizikalnih lastnosti: QD PPMS.
	ANG	During last 9 years, since we purchased a new QD SQUID susceptometer and established CMag, experiments were conducted on the system for more than 80 % of all time (24h/day, 7 d/week). Since 2009 we have expand our expermental facilities with a new system for physical properties measurements: QD PPMS.
Šifra	D.07	Vodenje centra/laboratorija
Objavljeno v	v Poročilo IMFM, <a href="http://zvonka.fmf.uni-lj.si/~krusicj/">http://zvonka.fmf.uni-lj.si/~krusicj/</a> COBISS.SI-ID 32800513	
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
3.	COBISS ID	15669593 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	"Termična spominska celica", Nemški patent (file no. 102009000124.7-55), EU patent 09179123.6. Avtorji: J. Dolinšek, M. Jagodič, Z. Jagličič, M. Feuerbacher, M. Heggen
	ANG	Thermal Memory Cell", German patent (file no. 102009000124.7-55), EU patent 09179123.6. Authors: J. Dolinšek, M. Jagodič, Z. Jagličič, M. Feuerbacher, M. Heggen
Opis	SLO	Patent obravnava koncept in izvedbo nove vrste spominskega elementa za digitalne aplikacije, ki zapis digitalne informacije izvede s kontroliranim časovnim profilom spreminjanja temperature, brez prisotnosti magnetnega ali električnega polja.
	ANG	The Patent describes the concept and realization of a new kind of memory element for digital application, where a byte of digital information is stored by a controlled time-temperature profile, in the absence of magnetic or electric field.
Šifra	F.32	Mednarodni patent
Objavljeno v	Europäisches Patentamt = European Patent Office = Office européen des brevets; 2009; 12 str.; Avtorji / Authors: Feuerbacher Michael, Dolinšek Janez, Heggen Marc, Jagličič Zvonko, Jagodič Marko	
Tipologija	2.23 Patentna prijava	



4.	COBISS ID		250870528	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mentorstvo in vključitev novih podiplomskih študentov v raziskovalno delo.	
		ANG	Inclusion of PhD students in research work.	
	Opis	SLO	Dva študenta sta v skupini na IMFM zaključila podiplomski študij. Skupini se je priključila nova podiplomska študentka. Skupini se je za leto dni pridružil podoktorski sodelavec. Raziskovalna skupina MPŠ je v raziskovalno delo vključila tri podiplomske študente na doktorskem študiju	
		ANG	Two post graduate students have finished their study and obtained the degree. One post-doctoral student joined the group at IMFM in 2009 and a new post-graduate students started her work in 2010. Three graduate doctoral level students were doing their PhD and research work in the group of Jožef Stefan International Postgraduate School.	
	Šifra		D.09	Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v		M. Jagodič]; 2010; 91 str.; Avtorji / Authors: Jagodič Marko	
	Tipologija		2.08 Doktorska disertacija	
5.	COBISS ID		15724121	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Referati na mednarodnih konferencah in vabljeni predavanja	
		ANG	Presentations at the international scientific conferences and invited lectures	
	Opis	SLO	Člani programske skupine smo od začetka izvajanja programa poročali o raziskovalnem delu povezanim z vsebino programa na več kot 30 mednarodnih znanstvenih srečanjih oz. predavanjih na tuji univerzi.	
		ANG	Members of the program group have reported on their research work on more than 30 international scientific conferences or gave the lectures at universities abroad.	
	Šifra		B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v		Korea Basic Science Institute; 2010; Avtorji / Authors: Jagličič Zvonko	
Tipologija		3.14 Predavanje na tuji univerzi		

## 9. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>8</sup>

Aktivni smo pri pridobivanju in vodenju mednarodnih projektov in laboratorijev, popularizacije znanosti in tehnike in mednarodno odmevnost našega dela, ki se kaže v številnih citiranjih naših del (preko 700 v času izvajanja programa).

V letu 2011 je bil odobren projekt "Razvoj tehnologij za zaznavanje jedrske kvadrupolne resonance", št.: MORS 269/2011-17-1-3-ZJN-2. V okviru projekta načrtujemo senzorski sistem za detekcijo snovi z namenom zaznavanja eksplozivnih teles na krajše razdalje. Prav tako je bil odobren projekt »Razvoj tehnologij za umetni nos«, št.: MORS 4300-811. V okviru projekta načrtujemo integracijo radarskega slikovnega sistema z umetnim nosom na robotsko platformo z namenom zaznavanja eksplozivnih teles v naravnem okolju. Oba projekta sta od junija 2012 zamrznjena zaradi varčevalnih ukrepov vlade RS.

V letu 2011 je začel s financiranjem EU FP-7 projekt CONPHIRMER (Grant Agreement Number 261670), kjer sta IMFM in MPŠ dva izmed 7 mednarodnih partnerjev.

Vsako leto v sodelovanju z Društvom matematikov, fizikov in astronomov organiziramo raziskovalne dneve iz fizike za dijake srednjih šol. Srečanje tradicionalno organiziramo na Bledu in trajajo teden dni.

Nekatere rezultate raziskav programske skupine smo predstavili na televiziji v oddaji

"Razstrelivu na sledi, oddaja o znanosti" [ZIDANŠEK, Aleksander, PONIKVAR, Dušan, APIH, Tomaž. : TV Slovenija 1, oddaja Ugriznimo znanost : intervju. 31. jan. 2012. COBISS.SI-ID 25594151]

Sodelovali smo pri organizaciji konference SDEWES v Dubrovniku, kjer sta leta 2011 prof. Zidanšek in prof. Blinc organizirala posebno sekcijo posvečeno 80-letnici prof. Šlausa, leta 2009 pa je prof. Zidanšek organiziral posebno sekcijo v sodelovanju s prof. Šlausom.

Sodelujemo pri organizaciji Slovenskih srečanj o uporabi fizike, ki jih organiziramo vsako drugo leto. Člana programske skupine sta bila urednika zbornikov izdanih ob teh srečanjih.

## 10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>9</sup>

### 10.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

Georadar danes uporabljamo v gradbeništvu, geologiji, arheologiji, na področju varstva okolja in v drugih sorodnih vedah za detekcijo napak v konstrukcijah, identifikacijo podpovršinskih slojev in ostankov starih kultur, kartiranje vodovodnih napeljav in detekcijo izlivov vode na kanalizacijskem omrežju ter drugih potencialnih groženj za kakovost okolja kot tudi za detekcijo naftnih polj. Uporaba metode je omejena predvsem z dejstvom, da je izmerjeni signal težko razumeti in ugotoviti, kakšna vrsta objekta je skrita pod površino. Naš prispevek na tem področju je izboljšana strojna oprema in nove numerične metode za hitrejšo izdelavo prostorske slike z georadarjem. Zato so uporabne v vseh naštetih znanstvenih disciplinah, saj omogočajo hitro izdelavo slike in prepoznavanje najbolj značilnih podpovršinskih objektov ter objektov skritih za zidovi in drugimi podobnimi ovirami, prav tako pa so potencialno uporabne na področju detekcije potencialno nevarnih objektov na javnih mestih, v transportu in pošti. Metoda detekcije najšibkejših magnetnih signalov z uglasenim magnetometrom s parami atomov alkalne kovine, ki smo jo znatno izboljšali, je potencialno izredno zanimiva za neinvazivne raziskave možganskih tokovnih izvirov preko magnetnega polja, ki ga ti tokovi povzročajo.

Patent "Termična spominska celica", ki smo ga prijavi, lahko v prihodnosti vodi do novih spominskih elementov v informacijski tehnologiji, ki za zapis ne bodo potrebovali električnega ali magnetnega polja. Raziskave magnetnih in ostalih fizikalnih lastnosti številnih novih materialov (npr. kompleksnih kovinskih zlitin, nanodelcev, multiferoikov), pri katerih intenzivno sodelujemo, prispevajo k razumevanju lastnosti le-teh in omogočajo pripravo sodobnih pametnih materialov, ki bodo v prihodnosti zamenjali polprevodnike v nekaterih izdelkih, ki jih danes široko uporabljamo.

ANG

The GPR radar is nowadays successfully used in construction-building, geology, archaeology, in ecology and related technical branches for detection of defects in construction, identification of underground geological layers or archaeological fragments, for mapping of underground installations or their malfunctions, erratic sewage discharges and other environmental threats. The success of the method is limited by the difficulties in the reflected signal analysis and reconstruction/recognition of the underground reflecting object. New algorithms with a faster reconstruction of 3D object image from the received signals can be used in all the above mentioned fields. Thus they will enable recognition of characteristic shapes under the surface or behind the obstacles and also the hidden illicit/dangerous objects at public places, in transport vehicles and in postal packages.

The method of detection of the weakest magnetic signals using the new tuned magnetometer with optical pumping of alkaline (potassium K) vapour, which was developed in 2009, is exceptionally interesting for non-invasive investigations of brain currents by measuring their induced magnetic field.

The "Thermal memory cell" and a submitted patent may lead in future to new memory devices in informational technology where no magnetic or electric field will be needed for writing/reading. Research of magnetic and other physical properties of new materials (for example complex metallic alloys, nanomaterials, multiferroics) in which we are extensively involved may lead to a preparation of new smart materials that will replace semiconductors in some applications so widely used today.

**10.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>**

SLO

Rezultati raziskovalnega programa se pokrivajo z načrti Slovenije, da vključi v proizvodnjo visokotehnološke nove proizvode z višjim prispevkom dodanega znanja. Dosežene rezultate na področju radarskega slikanja uporabljamo v arheologiji in na področju zaznavanja pod vodo, kjer je bilo razvito daljinsko vodeno podvodno vozilo za opazovanje jezerskega dna, prav tako tudi za nedestruktivne preiskave v gradbeništvu. Potencialno so uporabni tudi pri izdelavi naprav za varnost prebivalcev v prometu blaga (prepovedane snovi) in ljudi. Novi algoritmi za izračun radarske slike, ki smo jih vpeljali, so uporabni tudi na drugih področjih podobnega zajemanja podatkov in njihove analize.

Rezultate raziskav izboljšav detekcije dušikove kvadropolne resonance (14N NQR) apliciramo na študij polimorfizma v farmacevtskih proizvodih. Te raziskave so vodile do sodelovanja v evropskem projektu CONPHIRMER. V okviru tega projekta imamo v načrtu izdelavo komercialnega detektorja za nedestruktivno zaznavanje ponarejenih zdravil s pomočjo 14N NQR.

Tudi delo programske skupine na področju multiferoikov, nanodelcev in termične spominske celice sodi med raziskave, ki Sloveniji omogočajo, da sledi svetovnemu razvoju pri vpeljavi novih materialov v sodobne tehnologije in pri tem razvoju tudi aktivno sodeluje.

V raziskave povezane s programom P2-0348 je bilo vključeno skupaj sedem podiplomskih študentov, ki so bili zaposleni na IMFM (3) ali na MPŠ (3), eden pa je bil iz gospodarstva. Člani programske skupine smo sodelovali kot mentorji ali somentorji pri izdelavi številnih diplom na FMF in FGG Univerze v Ljubljani ter NMF Univerze v Mariboru.

ANG

The present program incorporates well into the plan of Slovenia to promote the introducing of new high-tech products with high portion of added own knowledge.

The achieved results in radar imaging have been applied in archaeology, for underwater monitoring and for non-destructive testing in civil engineering. They can also be potentially useful for the improvement of equipment used for providing the security of population and control of transport of goods. New algorithms for the evaluation of the radar image, which we developed, are potentially useful also in other fields with similar way of data acquisition and their treatment.

Using classical inductive detection of nitrogen<sup>14</sup>N NQR we are studying polymorphism in pharmaceutical products. This research led us to cooperation in a EU FP-7 project CONPHIRMER (Grant Agreement Number 261670). In the frame of this project we are planning to build a commercial non-destructive detector of counterfeit medicines by<sup>14</sup>N NQR.

Work in the field of material science (multiferroics, nanoparticles and thermal memory cell as an examples) is one of the research that enables Slovenia to follow and participate to global development in the introduction of new materials in modern technology.

Seven post-graduate students have been involved in research programme (3 at IMFM, 3 at Jožef Stefan International Postgraduate School and one from industry). Team members have been working on many graduate works as mentors or co-mentors at University of Ljubljana, University of Maribor and at Jožef Stefan International Postgraduate School.

**11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012<sup>12</sup>****11.1. Diplome<sup>13</sup>**

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	5
bolonjski program - II. stopnja	0
univerzitetni (stari) program	3

**11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti<sup>14</sup>**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	

26005	Jernej Slanovec	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28581	Marko Jagodič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij  
**Dr.** - Doktorat znanosti  
**MR** - mladi raziskovalec

## 12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju<sup>15</sup>

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
28581	Marko Jagodič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi  
**B** - gospodarstvo  
**C** - javna uprava  
**D** - družbene dejavnosti  
**E** - tujina  
**F** - drugo

## 13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Damir Pajič	D - podoktorand iz tujine	12	
34202	Arkady Levanyuk	B - uveljavljeni	2	
13566	BOŠTJAN ŠLAUS	B - uveljavljeni	2	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja  
**B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine  
**C** - študent – doktorand iz tujine  
**D** - podoktorand iz tujine

## 14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012<sup>16</sup>

SLO

2011-2013 Projekt 7. okvirnega programa EU CONPHIRMER (Grant Agreement Number 261670) (slovenski koordinator Z. Trontelj)  
 2008-2012 Projekt 7. okvirnega programa Evropske unije UNCOSS. (Grant Agreement Number 218148) (slovenski koordinator A. Zidanšek)  
 2008-2011 Projekt EDA: GUARDED (EDA A-0378-RT-GC z naslovom »Generic Urban Area Robotized Detection of CBRNE DEvices« (GUARDED) programa "Defence R&T Joint Investment Programme on Force Protection" (A-0120-RT-GC) (slovenski koordinator A. Zidanšek)  
 2010-2012 Projekt EDA: ESTAR, A-1085-RT-GC on Explosive detection - Spectroscopy, Terahertz technology And Radar - E-STAR - of the "Defence R&T Joint Investment Programme on Innovative Concepts and Emerging Technologies (ICET)" (PA No A 0417 RT GC) under the Call "Data Capture & Exploitation" (A-0900-RT-GC) (slovenska koordinatorja Z. Trontelj in A. Zidanšek)  
 2012-2013 Bilateralni projekt z Naravoslovno matematično fakulteto Sveučilišta u Zagrebu, Hrvaška: "Magneto-electrical properties of the multiferroic PZT-PFW ceramics and transition metal fluorides" (vodja Z. Jagličić)

2012-2013 Bilateralni projekt z Institutom za multidisciplinarne studije v Beogradu, Srbija: "Oksidi prehodnih kovin perovskitnega tipa z multiferoičnimi lastnostmi" (vodja M. Jagodič)  
2010-2011 Bilateralni projekt z Inštitutom Vinča, Beograd, Srbija: "Magnetno-električne lastnosti multiferoičnih fluoridov in perovskitov" (vodja Z. Jagličić)  
2009-2012 Bilateralni projekt z ZDA "Obnovljiva energija za trajnostni razvoj - sončna elektrarna v orbiti" (sodelujoči raziskovalec A. Zidanšek)  
2009-2010 Vključeni v evropsko mrežo odličnosti (European Network of Excellence) Complex Metallics Alloys preko katere smo sodelovali pri organizaciji mednarodne šole o materialih: European School in Materials Science. (Z. Jagličić in M. Jagodič, vodja prof. J. Dolinšek, IJS)  
2009-2010 Bilateralni projekt s Institute of Experimental Physics Slovak Academy of Sciences, Košice, Slovaška: "Magnetni nanodelci z uporabnimi lastnostmi" (vodja Z. Jagličić)

#### **15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS<sup>17</sup>**

SLO

2012 Projekt MORS RTJKR, zamrznjen zaradi varčevalnih ukrepov vlade RS. (vodja Z. Trontelj)  
2012 Projekt MORS RTUN, zamrznjen zaradi varčevalnih ukrepov vlade RS. (vodja projektne skupine MPŠ A. Zidanšek)  
Skupaj z IJS smo izvajali realizacijo merilnega vozička in radarja ter integracijo senzorjev z merilnim vozičkom v funkcionalno enoto.  
2009-2010 Projekt UNos-Umetni nos za detekcijo eksplozivov (PR-07-014-MORS)  
Skupaj z IJS, oddelkom F5 smo izvajali testne meritve na novo zgrajenih cw NQR spektrometrih in izvedli 14N NQR meritve na eksplozivih RDX in TNT. Delo je potekalo v dveh smereh: a) Na cw NQR spektrometru poiskati optimalne parametre za detekcijo TNT in b) Izdelati novo izboljšano verzijo cw NQR (NMR) spektrometra z boljšim razmerjem s/n. (Z. Trontelj)  
2007-2010 Projekt MORS KMOS, Kalijev magneto-optični senzor (vodja projektne skupine IMFM Z. Trontelj)  
2007-2010 Projekt MORS Geor, Georadar (RR-07-012-MORS) (sodelujoči raziskovalec A. Zidanšek, A. Abina)  
Izvajali smo meritve in testirali opremo ter razvijali algoritme za radarsko slikanje, in sicer komercialni GPR sistem MALÅ, laboratorijski sistem proizvajalca National Instruments in lastno razviti GPR sistem.

#### **16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)<sup>18</sup>**

SLO

Potencialno uporaben izdelek na podlagi rezultatov projektne skupine je lahko radar za hitro detekcijo nevarnih predmetov ali izdelavo tridimenzionalne slike opazovanega področja. Z ustreznim radarjem lahko "vidimo" v opazovani material, konstrukcijo, kar nam lahko služi kot neporušna metoda za preiskave v gradbeništvu, geologiji, arheologiji, na področju varstva okolja in v drugih sorodnih vedah za detekcijo napak v konstrukcijah, identifikacijo podpovršinskih slojev in ostankov starih kultur, kartiranje vodovodnih napeljav in detekcijo izlivov vode na kanalizacijskem omrežju ter drugih potencialnih groženj za kakovost okolja. Pomemben dosežek raziskovalne skupine, na katerem bi lahko temeljil tovrsten radar, je razvoj algoritma za hitro izdelavo slike na osnovi nevronske mreže.

Tudi raziskave povezane z jedrsko kvadrupolno resonanco so v veliki meri potencialno zanimive za aplikacije. Že v preteklem desetletju smo spoznali, da je identifikacijska sposobnost te veje jedrske magnetne resonance brez uporabe zunanega magnetnega polja izjemno velika. Namreč odgovori, ki jih nudi ta molekularno specifična metoda, ko z njo identificiramo neko spojino (vsebovati mora jedra s kvadrupolnim momentom kot npr. dušik <sup>14</sup>N), imajo izredno nizek odstotek napačno pozitivnih odgovorov. To je mogoče izkoristiti pri detekciji prisotnosti mnogih prepovedanih snovi in tudi ponarejenih zdravil. Ni treba posebej pojasnjevati, koliko težav povzročajo družbi zloraba eksplozivov,

narkotikov in vse večja prisotnost ponarejenih zdravil na trgu (zlasti internetnem). Vse naše primerne dosežke smo patentirali. Povezali smo se tudi z evropskimi centri, ki izvajajo podobne raziskave in prijavi skupne evropske projekte (v okviru FP7 in EDA projektov). Hkrati se popolnoma zavedamo, da je potrebno še veliko raziskovalnega dela, da bo metoda vodila do industrijsko izdelanih detekcijskih naprav. Že sedaj gradimo (v sodelovanju s kolegi v drugih evropskih centrih) knjižnice podatkov, ki so nujno potrebne za delovanje bodočih industrijsko izdelanih detekcijskih naprav.

**17. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali**

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	10.000.000
ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>19</sup>	Že v predlogu za program smo zapisali, da vidimo na koncu 6 letnega raziskovalnega dela možnost za ustanovitev spin-off podjetja. Po štirih letih dela v okviru obstoječega raziskovalnega programa in njegovega nadaljevanja smo o tem še bolj prepričani. Možnosti vidimo predvsem na področju nedestruktivnega preiskovanja konstrukcij in detekcije prepovedanih snovi (eksplozivi, droge) ali ponarejenih zdravil s kvadrupolno resonanco. Res pa je, da je v Sloveniji število ljudi, ki bi lahko sodelovali, še premajhno in je smiselno poiskati evropske povezave. Ocenjujemo, da bi bila potrebna začetna sredstva rizičnega kapitala za prva 3 leta do 10 milijonov EUR in prostori za 5 do 10 ljudi z običajno raziskovalno-razvojno in proizvodno infrastrukturo.

**18. Izjemni dosežek v 2012<sup>20</sup>**

**18.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Signal jedrske kvadrupolne resonance (JKR) dušika v snovi lahko uporabimo za detekcijo eksplozivov, narkotikov in ponarejenih zdravil.

Eden od omejujočih faktorjev za uporabo te metode v praksi je relativno dolg čas (nekaj ur) zajemanja nekaterih pomembnih signalov (npr. TNT). S polarizacijsko ojačano detekcijo JKR 14N smo skrajšali čas detekcije na nekaj 10 sekund ali minut.

Z dovolj hitro detekcijo si lahko v prihodnosti obetamo detektorje prepovedanih snovi na osnovi JKR 14N.

**18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

Predstavili smo nov koncept nosilca spomina imenovano termična spominska celica, kjer digitalno informacijo zapišemo izključno s termično manipulacijo. Termični zapisovanje informacije predstavlja temperaturni profil, ki vsebuje intervale enakomernega ohlajanja in intervale izotermnega čakanja. Spominski medij sestavlja magnetno frustrirana trdnina. V termično celico nam je uspelo zapisati poljuben znak ASCII tabele.

**C. IZJAVE**

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS

- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirni obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

**Podpisi:**

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO  
in/ali RO s koncesijo:*

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Inštitut za matematiko, fiziko in  
mehaniko

Zvonko Jagličić

---

**ŽIG**

Kraj in datum: 

Ljubljana	12.3.2013
-----------	-----------

**Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2013/12**

<sup>1</sup> Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani ARRS (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2012), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

<sup>16</sup> Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>17</sup> Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>18</sup> Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>19</sup> Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>20</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot prilonko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2013 v1.00

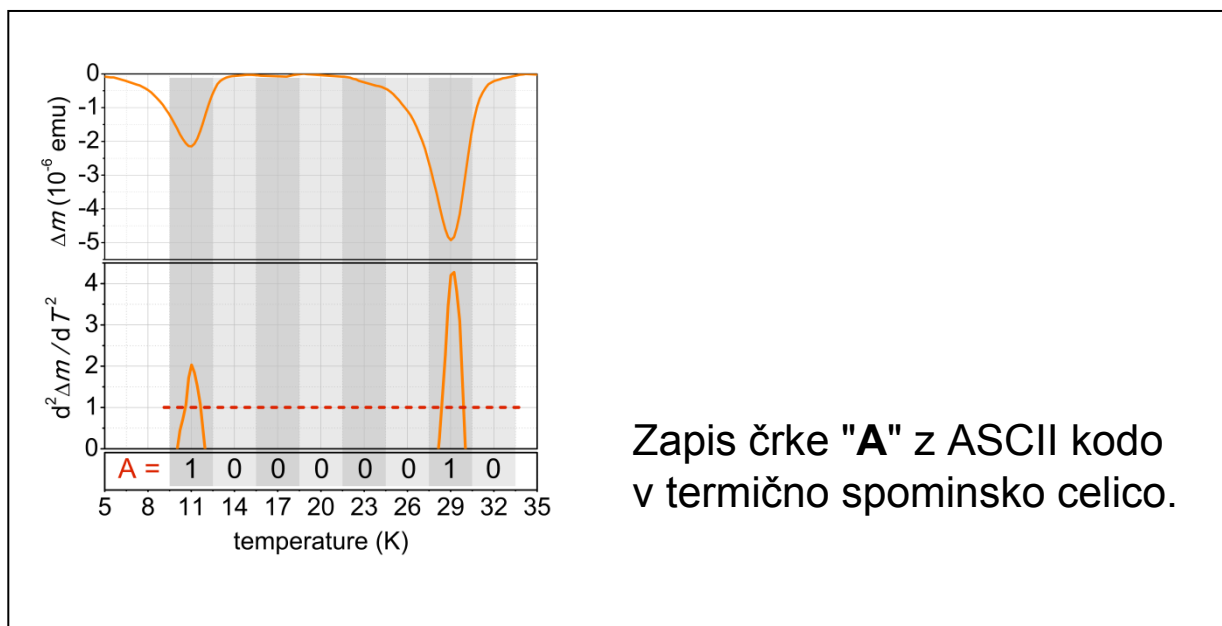
C4-98-0C-E2-5B-B8-9E-10-3D-FD-41-85-F2-BE-62-5A-9D-9F-63-D9



VEDA

Področje: 2.21 Tehnološko usmerjena fizika

Dosežek 1: prijava evropskega patenta, Vir: Cobiss ID: 15669593



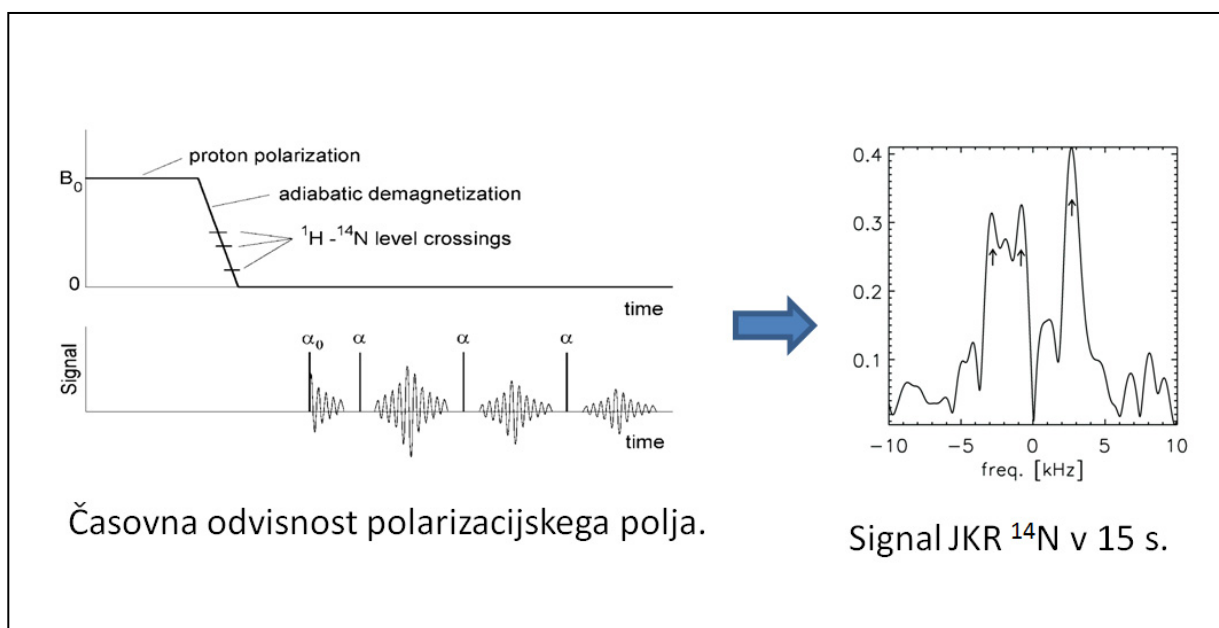
Zapis črke "A" z ASCII kodo  
v termično spominsko celico.

Predstavili smo nov koncept nosilca spomina imenovano termična spominska celica, kjer digitalno informacijo zapišemo izključno s termično manipulacijo. Termični zapisovanje informacije predstavlja temperaturni profil, ki vsebuje intervale enakomernega ohlajanja in intervale izotermnega čakanja. Spominski medij sestavlja magnetno frustrirana trdnina. V termično celico nam je uspelo zapisati poljuben znak ASCII tabele.

VEDA

Področje: 2.21 Tehnološko usmerjena fizika

Dosežek 1: hitrejša detekcija NQR, Vir: Cobiss ID: 16000089



Signal jedrske kvadrupolne resonance (JKR) dušika v snovi lahko uporabimo za detekcijo eksplozivov, narkotikov in ponarejenih zdravil.

Eden od omejujočih faktorjev za uporabo te metode v praksi je relativno dolg čas (nekaj ur) zajemanja nekaterih pomembnih signalov (npr. TNT). S polarizacijsko ojačano detekcijo JKR  $^{14}\text{N}$  smo skrajšali čas detekcije na nekaj 10 sekund ali minut.

Z dovolj hitro detekcijo si lahko v prihodnosti obetamo detektorje prepovedanih snovi na osnovi JKR  $^{14}\text{N}$ .