

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/209



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-4022
Naslov projekta	Kozmologija v laboratoriju - femtosecondno kontroliranje faznih prehodov v realnem času
Vodja projekta	4540 Dragan D. Mihailović
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7560
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	3050 Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije - Nanocenter, Ljubljana
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.01 Fizika kondenzirane materije
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Projekt se je osredotočal na raziskave koherentne časovne dinamike večdelčnih sistemov, ki grede skozi prehode z zlomom simetrije (SBT) pod močno neravnovesnimi neergodičnimi pogoji. Projekt je temeljil na originalni novi 3sunkovni optični femtosekundni spektroskopski tehniki, ki omogoča sledenje kritične dinamike in trajektorije parametra reda skozi prehod z

zlomom simetrije po »kaljenju« z laserskim sunkom.

Tehnika, ki smo jo pred kratkim izumili v naši skupini omogoča neposredno opazovanje nastanka enodelčnih fermionskih in kolektivnih bozonskih pri zlomu simetrije, ki odražajo trajektorijo parametra reda. Z njeno uporabo smo načeli temeljna vprašanja o vplivu lastnosti osnovnih mikroskopskih »vakuumov«, kot so simetrija in osnovne interakcije, na globalno obnašanje opisno s teorijo polja.

Sistemi vključeni v našo študijo spadajo v različne razrede univerzalnosti in kažejo strukturne in spinske prehode, prehode z urejanjem naboja, superprevodni prehod ali prehode s tekmovanjem ureditev (multiferoiki). Posebno pozornost smo posvetili sistemom v katerih in parameter reda eksperimentalno kot teoretično univerzalno pomembnost. Preučevali smo topološke napake, ki nastanejo po prehodu z zlomom simetrije, po Kibble Zurekovem mehanizmu, ter nastanek in možno manipulacijo/kontrolo oscilacij kolektivnega polja (Higgsovih valov). Detajlno smo raziskovali tudi trajektorije prehoda v nova stanja snovi v neravnovesni energijski pokrajini. Poleg tega pa tudi študirali temeljne in praktične posledice manipulacije koherentne trajektorije v okolici bifurkacijskih točk (učinek metulja) in hkrati obravnavali teoretična vprašanja dinamike in kinetike. V splošnem okviru redukcionalizma pričakujemo, da bodo imele naše ugotovitve pomemben vpliv na razumevanje prehodov z zlomom simetrije, in da bodo razkrile značilne znake kritičnih dogodkov na področjih izven fizike kondenzirane materije, kot so Higgsov mehanizem, zgodnji razvoj vesolja in finančni sistemi.

Projekt predstavlja svetovno novost tako v eksperimentu, kot v teoriji in ima pomembne implikacije za kontrolo in manipulacijo večdelčnih sistemov za konceptualno novo obdelavo in shranjevanje informacije na ultrahitri časovni skali.

ANG

We proposed an investigation on the coherent temporal dynamics of manybody systems undergoing Symmetrybreaking transitions (SBTs) under highly nonequilibrium nonergodic conditions. The project was centred around a unique new 3pulse femtosecond spectroscopy technique which allows realtime high resolution investigations of the critical dynamics and order parameter trajectories through SBTs after a laser "quench". The technique, which was recently invented by our group, allows the direct observation of the emergence of singleparticle fermionic and collective bosonic excitations through the SBT reflecting the trajectory of the order parameter. Using it, we have address fundamental questions on the effect of the properties of underlying microscopic vacua such as symmetry and fundamental interactions on global behaviour described by field theory.

Systems included in our study belong to different universality classes and display structural, charge and spin ordering transitions, the superconducting transition, or competing order (multiferroics).

Special attention was paid to systems in which the order parameter has universal significance both experimentally and theoretically. Topological defects created in the aftermath of SBTs by the KibbleZurek mechanism and the emission and control of collective field oscillations (Higgs waves) was investigated. The transition trajectories to new states of matter in the nonequilibrium energy landscape were also investigated in detail. The fundamental and practical implications of coherent trajectory control at bifurcation points (the butterfly effect) were studied, addressing theoretical questions of kinetics and dynamics. In the general framework of reductionism, we expect our findings to have fundamental bearing on our understanding of SBTs revealing predictive telltale signatures of critical events in areas beyond manybody condensed matter physics, such as in the Higgs mechanism, primordial behaviour and financial systems.

The project represents a world novelty both in terms of experiment and theory and has important implications for control of many body systems for conceptually new data processing and information storage systems on ultrafast timescales.

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

S trisunkovno metodo smo raziskovali področje vzbuditev pod pragom za uničenje vala elektronske gostote v $1T\text{TaS}_2$ in TbTe_3 . Opazili smo anharmonične efekte, ki jih dosedaj niso zaznali v sistemih z kolektivnim urejanjem naboja. Po močni koherentni vzbuditvi smo opazili samomodulacijo intenzitete amplitudnega načina. Podoben pojav smo opazili tudi za druge fonone, kjer križnamodulacija pri frekvenci amplitudnega načina kaže na anharmonično interakcije dotičnih fononov z amplitudnim načinom. Opažene pojave smo analizirali s časovno odvisno teorijo Ginzburga in Landaua smo pokazali, da so opaženi pojavi posledica anharmoničnosti, ki je inherentna zlomljeni simetriji stanja elektronske gostote. Sistematično smo raziskovali tudi procese, ki vodijo do netermalnega uničenja superprevodnega kondenzata in vala elektronske gostote po vzbuditvi s kratkimi laserskimi sunki, v različnih sistemih. V

superprevodnikih je proces uničenja relativno počasen (~ 1 ps) in neučinkovit in kaže močno odvisnost od superprevodne kritične temperature. Nasprotno, poteka taljenje vala elektronske gostote hitro (50–200 fs) in bolj učinkovito. Predlagali smo kvantitativen model, ki opiše opaženo obnašanje v superprevodnikih. Le ta temelji na fononsko posredovanem ozkem grlu pri relaksaciji kvazidelcev. Taljenje vala elektronske gostote poteka drugače, kjer je glavni prispevek motnja Fermijeve površine zaradi vročih kvazidelcev.

Izmerili smo tudi tranzientno reflektivnost in tranzientni magnetooptični Kerrov kot v $\text{La}_{0.875}\text{Sr}_{0.125}\text{MnO}_3$ kot funkciji temperature. Ugotovili smo, da se po fotoekscitaciji v psevdokubični nizkotemperaturni izolatorski fazi pojavi ločena tranzientna feromagnetna faza. Karakteristični čas nastanka tranzientne feromagnetne faze je 10 ps. Podobnost s $\text{Pr}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{MnO}_3$ kaže na to, da je tranzientna feromagnetna faza generalna lastnost izolatorskega feromagnetnega stanja v manganitih s kolosalno magnetoresistivnostjo.

V kupratnem superprevodniku $\text{La}_{1.9}\text{Sr}_{0.1}\text{CuO}_4$ smo raziskovali trajektorijo superprevodnega parametra reda Ψ skozi prehod v superprevodno stanje pri spreminjanju pogojev kaljenja. Z uporabo 3-sunkovne tehnike smo ločili trajektorijo parametra reda od enodelčne relaksacije na kratkih časovnih skalah. Samousklajeno modeliranje s časovno odvisno teorijo Ginzburga in Landaua in nastanek vrtincev v skladu z mehanizmom Kibble-Zurek dobro opiše podatke, kar znatno izboljšuje razumevanje prehoda normalno-superprevodno stanje v močno neravnovesnih pogojih.

V sistemih z valom elektronske gostote (VEG) smo raziskovali nekoherentno rekombinacijo topoloških defektov, ki nastanejo pri hitrem kaljenju sistema z VEG skozi prehod elektronskega urejanja. Z uporabo prej omenjene 3-sunkovne časovno ločljive optične spektroskopije smo zasledovali razvoj parametra reda na širokem območju časovnih skal po kaljenju. Z natančnim upoštevanjem termičnih pojavov smo jasno identificirali intrinzično rekombinacijo topoloških defektov v TbTe_3 , ki poteka na časovni skali ~ 30 pikosekund in našli podpis zunanje, s kristalografskimi defekti pogojene, relaksacijske dinamike, ki je prisotna na daljših časovnih skalah. Podobne pojave smo opazili tudi v modri bronzi in 2H-TaSe_2 . Delo je bilo objavljeno v **Physical Review Letters, 110, 156401 (2013)**.

Optično bistabilno preklapljanje med kolektivnimi stanji snovi z netermalnimi procesi, ki ima veliko potencialno uporabnost, je bilo dosedaj nedosegljivo. V splošnem so fotovzbujena stanja prehodna in ne kažejo resničnega preklapljanja. Kot prvi smo pokazali popolno preklapljanje med osnovnim in novim stabilnim skritim stanjem v 1T-TaS_2 z uporabo enega samega laserskega sunka. Novo fotovzbujeno stanje imenovano stanje $p\text{TaS}_2$ je popolnoma stabilno pod temperaturo $T_0 \sim 100$ K.

Obrnjen preklop v osnovno stanje izvedemo z laserskim "segrevalnim sunkom". Preklop v stanje $p\text{TaS}_2$ smo opazili za dovolj kratke optične sunke, kar kaže na popolnoma elektronski mehanizem prehoda. Novo fotoinducirano stanje kaže spremenjen vibracijski spekter, ki ne ustreza nobenemu od znanih politipov snovi. Poleg tega se spremenita dielektrična konstanta pri optičnih frekvencah in nizkofrekvenčna električna prevodnost, ki omogočata uporabo za femtosekunden bistabilen stanoviten spomin.

3-sunkovna tehnika, ki smo jo dopolnili v naši skupini, omogoča neposredno opazovanje nastanka enodelčnih fermionskih in kolektivnih bozonskih vzbuditev pri zlomu simetrije, ki odražajo trajektorijo parametra reda. Z njeno uporabo smo načeli temeljna vprašanja o vplivu lastnosti osnovnih mikroskopskih »vakuumov«, kot so simetrija in osnovne interakcije, na globalno obnašanje opisno s teorijo polja. Poseben zanimiv je koherenten razvoj topoloških defektov, ki nastanejo pri prehodu po Kibble-Zurekovem mehanizmu, in je merljiv v optičnih eksperimentih tipa "pump-probe". Eksperimenti na sistemih z valom gostote naboja so pokazali nove pojave, kot so koherenten oscilacije parametra, nastanek in emisijo disperznih amplitudnih nihanj, ki nastanejo ob anihilaciji topoloških defektov in mešanje s šibko skloppljenimi (masivnimi) bozoni kot je opisano v *J. Phys.: Condens. Matter* 25, 404206 (2013). Članek je bil napisan na povabilo Toma Kibbla, in celotna številka časopisa je bila posvečena Kozmološkemu poskusom v laboratoriju njemu v čast. Članek tudi razkrije nekaj novih idej v povezavi z vzbuditvami temne snovi v sliki faznih prehodov in diskutira opaženo anihilacijo domenskih sten in posledično emisijo Higgsovih bozonov zaznanih v femtosekundnih eksperimentih.

Prejšnje raziskave superprevodnika $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ s 3-sunkovno časovno ločljivo optično spektroskopijo smo razširili na različna dopiranja. Značilen odtis superprevodnega odziva smo zaznali tudi pri temperaturah nad kritično, kar kaže na prisotnost superprevodnih fluktuacij do 23 K nad kritično temperaturo. V klasičnih superprevodnikih se energijska reža in fazna koherenca pojavita sočasno s parjenjem pri prehodu v superprevodno stanje. V visokotemperaturnih superprevodnikih pa je možnost, da sta oba procesa neodvisna, vodila v intenzivno eksperimentalno raziskovanje njunih neodvisnih manifestacij. Pokazali smo, da je močno jasno ločiti fluktuacijsko dinamiko superprevodne amplitude parjenja od fazne relaksacije nad kritično temperaturo. Z empirično povezavo med superfluidno gostoto izmerjeno s teraherčno spektroskopijo in superprevodni femtosekundnim odzivom v širokem

območju temperatur smo ugotovili v različno dopiranih kristalih $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$, da se amplituda reže parjenja monotono razteza znatno preko kritične temperature, medtem, ko fazna koherenca kaže izrazito potenčno divergenco pri kritični temperaturi, kar kaže, da sta fazna koherenca in nastanek reže ločena procesa, ki se pojavljata na različnih časovnih skalah. Rezultati so bili objavljeni v **Scientific Reports 4, 5656, (2014)**.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Ocenjujemo, da je bil program dela v celoti realiziran.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Ob prijavi smo navedli, da bo na projektu zaposlen tudi Jure Strle, ki je bil v času prijave še mladi raziskovalec. Ker pa se je zagovor doktorske naloge zamaknil v december, je bil dr. Strle na projekt vključen kasneje (2012).

Nekaj bistvenih sprememb pri sestavi projektne skupine o katerih smo poročali leta 2012:

1. Sasha Alexandre Alexandrov (33424), umrl 15.8.2012

2. Janje Milivojević (34782), vključitev tehnične sodelavke zaradi povečanega obsega dela

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	26700071	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dinamika nekoherentne rekombinacije topoloških defektov v $\text{TbTe}_{[3]}$
		ANG	Incoherent topological defect recombination dynamics in $\text{TbTe}_{[3]}$
	Opis	SLO	Proučevali smo nekoherentno rekombinacijo topoloških defektov med vzpostavljanjem vala gostote naboja pri hitrem prehodu skozi elektronski prehod. Z uporabo 3-sunkovne časovno ločljive optične spektroskopije smo spremljali razvoj sistema skozi več časovnih skal. Z upoštevanjem termalnih procesov lahko izpostavimo anihilacijo intrinzičnih topoloških defektov na časovni skali ~ 30 ps. Na daljših časovnih skalah pa smo opazovali procese, ki bi lahko bili relaksacija ekstrinzično povzročenih topoloških defektov.
		ANG	We study the incoherent recombination of topological defects created during a rapid quench of a chargedensity wave system through the electronic ordering transition. Using a specially devised threepulse femtosecond optical spectroscopy technique we follow the evolution of the order parameter over a wide range of time scales. By careful consideration of thermal processes we can clearly identify intrinsic topological defect annihilation processes on a time scale ~ 30 ps and find a possible signature of extrinsic defect dominated relaxation dynamics occurring on longer time scales.
Objavljeno v	American Physical Society; Physical review letters; 2013; Vol. 110, no. 15; str. 156401-1-156401-5; Impact Factor: 7.728; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.852; A': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Mertelj Tomaž, Kušar Primož, Kabanov Viktor V., Giraldo-Gallo P., Fisher Ian R., Mihailović Dragan		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	27876647	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Separating pairing from quantum phase coherence dynamics above the superconducting transition by femtosecond spectroscopy
		ANG	Separating pairing from quantum phase coherence dynamics above the

		superconducting transition by femtosecond spectroscopy
Opis	SLO	V klasičnih superprevodnikih se energijska reža in fazna koherenca pojavita sočasno s parjenjem pri prehodu v superprevodno stanje. V visokotemperaturnih superprevodnikih pa je možnost, da sta oba procesa neodvisna, vodila v intenzivno eksperimentalno raziskovanje njihovih neodvisnih manifestacij. Pokazali smo, da je močno jasno ločiti fluktuacijsko dinamiko superprevodne amplitude parjenja od fazne relaksacije nad kritično temperaturo. Z empirično povezavo med superfluidno gostoto izmerjeno s teraherčno spektroskopijo in superprevodni femtosekundnim odzivom v širokem območju temperatur smo ugotovili v različno dopiranih kristalih $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$, da se amplituda reže parjenja monotono razteza znatno preko kritične temperature, medtem, ko fazna koherenca kaže izrazito potenčno divergenco pri kritični temperaturi, kar kaže, da sta fazna koherenca in nastanek reže ločena procesa, ki se pojavljata na različnih časovnih skalah.
	ANG	In classical superconductors an energy gap and phase coherence appear simultaneously with pairing at the transition to the superconducting state. In high-temperature superconductors, the possibility that pairing and phase coherence are distinct and independent processes has led to intense experimental search of their separate manifestations. We showed that it is possible to clearly separate fluctuation dynamics of the superconducting pairing amplitude from the phase relaxation above the critical transition temperature. Empirically establishing a close correspondence between the superfluid density measured by THz spectroscopy and superconducting optical pump-probe response over a wide region of temperature, we found that in differently doped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ crystals the pairing gap amplitude monotonically extends well beyond the critical temperature, while the phase coherence shows a pronounced power-law divergence at the critical temperature, thus showing that phase coherence and gap formation are distinct processes which occur on different timescales.
Objavljeno v	Nature Publishing Group; Scientific reports; 2014; Vol. 4; str. 05656-1-05656-5; Impact Factor: 5.078; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.663; A'': 1; A': 1; WoS: RO; Avtorji / Authors: Madan Ivan, Kurosawa T., Toda Y., Oda Migaku, Mertelj Tomaž, Kušar Primož, Mihailović Dragan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	27052327 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Dinamika koherentnih topoloških defektov in kolektivni načini v superprevodnikih in elektronskih kristalih
	ANG	Coherent topological defect dynamics and collective modes in superconductors and electronic crystals
Opis	SLO	Znaten trud smo vložili tudi v raziskave dinamičnih faznih prehodov v sistemih, ki kažejo superprevodnost in/ali ureditev vala gostote naboja. Kontrola neravnovesja v kondenziranih snoveh z laserskimi sunki nam omogoča raziskovanje trajektorij skozi prehode z zlomom simetrije. Tako lahko zasledujemo razvoj kolektivnih in enodelčnih vzbuditev skozi različne fazne prehode s femtosekundno ločljivostjo. Prikazali smo razvoj trajektorije parametra reda pri prehodih kovina superprevodnik in prehodih kovine v val gostote naboja. Poseben zanimiv je koherenten razvoj topoloških defektov, ki nastanejo pri prehodu po KibbleZurekovem mehanizmu, in je merljiv v optičnih eksperimentih tipa "pumpprobe". Eksperimenti na sistemih z valom gostote naboja so pokazali nove pojave, kot so koherenten oscilacije parametra, nastanek in emisijo disperznih amplitudnih nihanj, ki nastanejo ob anihilaciji topoloških defektov in mešanje s šibko sklopljenimi (masivnimi) bozoni kot je opisano v J. Phys.: Condens. Matter 25, 404206 (2013). Članek je

		bil napisan na povabilo Toma Kibbla, in celotna številka časopisa je bila posvečena Kozmološkim poskusom v laboratoriju njemu v čast. Članek tudi razkrije nekaj novih idej v povezavi z vzbuditvami temne snovi v sliki faznih prehodov in diskutira opaženo anihilacijo domenskih sten in posledično emisijo Higsovih bozonov zaznanih v femtosekundnih eksperimentih.				
	ANG	A significant effort was invested into investigation of dynamical phase transitions in superconducting and CDW systems. The control of condensed matter systems out of equilibrium by laser pulses allows us to investigate the system trajectories through symmetrybreaking phase transitions. Thus the evolution of both collective modes and singleparticle excitations can be followed through diverse phase transitions with femtosecond resolution. We presented experimental observations of the order parameter trajectory in the normal superconductor transition and charge density wave ordering transitions. Of particular interest is the coherent evolution of topological defects forming during the transition via the Kibble–Zurek mechanism, which appears to be measurable in optical pump–probe experiments. Experiments on CDW systems reveal some new phenomena, such as coherent oscillations of the order parameter, the creation and emission of dispersive amplitude modes upon the annihilation of topological defects, and mixing with weakly coupled finite frequency (massive) bosons as described in J. Phys.: Condens. Matter 25, 404206 (2013). The paper was written at the invitation of Tom Kibble, and the entire journal issue was devoted to Cosmology in the laboratory experiments in his honour. The paper also reveals some new ideas concerning dark matter excitations within the phase transition picture in and discusses the observation of the annihilation of domain walls and the ensuing emission of Higgs bosons detected in femtosecond optical experiments.				
	Objavljeno v	IOP Publishing; Journal of physics, Condensed matter; 2013; Vol. 25, no. 40; str. 404206-1-404206-9; Impact Factor: 2.223; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.851; WoS: UK; Avtorji / Authors: Mihailović Dragan, Mertelj Tomaž, Kabanov Viktor V., Brazovskii Serguei				
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek				
4.	COBISS ID	25970215 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Odvisnost kvazidelčne femtosekundne relaksacije v monokristalih Ba (Fe,Co)₂As₂: dokaz za prisotnost nematičnih fluktuacij v normalnem stanju</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Doping dependence of femtosecond quasiparticle relaxation dynamics in Ba (Fe,Co)₂As₂ single crystals</td> </tr> </table>	SLO	Odvisnost kvazidelčne femtosekundne relaksacije v monokristalih Ba (Fe,Co) ₂ As ₂ : dokaz za prisotnost nematičnih fluktuacij v normalnem stanju	ANG	Doping dependence of femtosecond quasiparticle relaxation dynamics in Ba (Fe,Co) ₂ As ₂ single crystals
SLO	Odvisnost kvazidelčne femtosekundne relaksacije v monokristalih Ba (Fe,Co) ₂ As ₂ : dokaz za prisotnost nematičnih fluktuacij v normalnem stanju					
ANG	Doping dependence of femtosecond quasiparticle relaxation dynamics in Ba (Fe,Co) ₂ As ₂ single crystals					
	Opis	Sistematično smo raziskovali relaksacijo fotovzbujenih kvazidelcev in nizkoenergijsko elektronsko strukturo v elektronsko dopiranih monokristalih Ba(Fe _{1-x} Co _x) ₂ As ₂ v odvisnosti od dopiranja s Co. V ortorombskem stanju z valom spinske gostote (VSG) smo zaznali ozko grlo v relaksaciji, podobno kot v prej študiranih železovih pniktidih z VSG, ki je posledica odprtja delne energijske reže v gostoti stanj. V superprevodnem stanju se pojavi dodatna relaksacijska komponenta, ki je posledica delnega (ali popolnega) uničenja superprevodnega stanja. Uničenje poteka na sub0.5ps časovni skali. Določili smo optično vzbujevalno gostoto za popolno uničenje superprevodnega kondenzata v bližini optimalnega dopiranja. Temperaturna odvisnost refleksijskih tranzientov v normalnem stanju kaže na prisotnost psevdoreže v gostoti stanj kvazidelcev. Polarizacijska anizotropija nakazuje, da psevdorežo lahko povežemo z zlomljeno točkovno simetrijo, ki je posledica nematskih elektronskih fluktuacij. Le te so prisotne pod ~200K pri				

		kateremkoli x . Drugi moment Eliashbergove funkcije, ki ga da relaksacijska hitrost pri sobni temperaturi kaže na zmerno elektronsko fononsko sklopitev, $\lambda \sim 0.3$.
	ANG	We systematically investigate the photoexcited (PE) quasiparticle (QP) relaxation and lowenergy electronic structure in electron doped Ba ($\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$) $_2\text{As}_2$ single crystals as a function of Co doping. The evolution of the photoinduced reflectivity transients with x proceeds with no abrupt changes. In the orthorhombic spindensitywave (SDW) state, a bottleneck associated with a partial chargegap opening is detected, similar to previous results in different SDW iron pnictides. The relative charge gap magnitude $2\Delta(0)/k_B T$ decreases with increasing x . In the superconducting (SC) state, an additional relaxational component appears due to a partial (or complete) destruction of the SC state proceeding on a sub0.5picosecond timescale. The optical SCstate destruction energy, $U_p/k_B = 0.3\text{K}/\text{Fe}$, is determined near the optimal doping. The subsequent relatively slow recovery of the SC state indicates clean SC gaps. The T dependence of the transient reflectivity amplitude in the normal state is consistent with the presence of a pseudogap in the QP density of states. The polarization anisotropy of the transients suggests that the pseudogaplike behavior might be associated with a broken fourfold rotational symmetry resulting from nematic electronic fluctuations persisting up to $T \sim 200\text{K}$ at any x . The second moment of the Eliashberg function, obtained from the relaxation rate in the metallic state at higher temperatures, indicates a moderate electron phonon coupling, $\lambda \sim 0.3$.
	Objavljeno v	The American Institute of Physics; Physical review. B, Condensed matter and materials physics; 2012; Vol. 86, no. 2; str. 024519-1-024519-12; Impact Factor: 3.767;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.827; A': 1; WoS: UK; Avtorji / Authors: Stojchevska Ljupka, Mertelj Tomaž, Fisher Ian R., Mihailović Dragan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	24566055 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Ultrahitna dinamika fazne separacije v monokristalih $\text{La}_{0.875}\text{Sr}_{0.125}\text{MnO}_3$ ANG Ultrafast phase separation dynamics in $\text{La}_{0.875}\text{Sr}_{0.125}\text{MnO}_3$ single crystals
	Opis	SLO Avtorji v prispevku predstavijo ultrahitro dinamiko fazne separacije v monokristalih $\text{La}_{0.875}\text{Sr}_{0.125}\text{MnO}_3$. ANG The transient photoinduced reflectivity and the transient photoinduced magneto-optical Kerr angle were measured in a $\text{La}_{0.875}\text{Sr}_{0.125}\text{MnO}_3$ single crystal as functions of temperature. A separate photoinduced transient ferromagnetic phase is found to form within the pseudocubic lowtemperature insulating ferromagnetic phase after photoexcitation. The characteristic time of transient phase formation is on the order of 10 ps. The similarity with $\text{Pr}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{MnO}_3$ indicates that the photoinduced transient ferromagnetic phase is a general property of the insulating ferromagnetic state in colossalmagneto-resistive manganites.
	Objavljeno v	The American Institute of Physics; Physical review. B, Condensed matter and materials physics; 2011; Vol. 83, no. 11; str. 113103-1-113103-4; Impact Factor: 3.691;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.579; A': 1; WoS: UK; Avtorji / Authors: Mertelj Tomaž, Mamin R. F., Yusupov Roman V., Mihailović Dragan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	24923431 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Koherentna dinamika v elektronsko urejenih sistemih skozi prehode z zlomom simetrije</p> <p><i>ANG</i> Coherent dynamics through symmetry-breaking transitions in electronically ordered systems</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Izpostavljeno je le eno od vabljenih predavanj. V letu 2011 so člani projektne skupine kot vabljeni predavatelji predstavili dosežke na več mednarodnih konferencah: International Conference of the series on Stripes and High Tc Superconductivity STRIPES 2011 v Italiji, The 26th International Conference on Low Temperature Physics na Kitajskem, International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena PIPT4 na Poljskem, International Research School and Workshop on Electronic Crystals ECRYS 2011 v Franciji itd.</p> <p><i>ANG</i> Only one of several invited lectures is presented. Members of project group have presented achievements as invited speakers at several international conferences: International Conference of the series on Stripes and High Tc Superconductivity STRIPES 2011 in Rome, The 26th International Conference on Low Temperature Physics in Beijing, International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena PIPT4 in Poland, International Research School and Workshop on Electronic Crystals ECRYS 2011 in France ect.</p>
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje
	Objavljeno v	Superstripes; [Abstracts of selected advanced research works on] "Quantum Phenomena in Complex Matter" 2011; 2011; Str. 72; Avtorji / Authors: Mihailović Dragan, Yusupov Roman V., Mertelj Tomaž, Kabanov Viktor V., Kušar Primož, Brazovskii Serguei
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeno predavanje)
2.	COBISS ID	26372647 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Neravnovesni pojavi v kompleksnih snoveh: novi eksperimenti in nove teorije</p> <p><i>ANG</i> Nonequilibrium phenomena in complex matter: new observations and new theories</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Sledeč novemu valu zanimanja za študij ultrahitrih pojavov v superevodnikih in povezanih snoveh še posebej na področju quentno mehanske teorije neravnovesnih pojavov smo organizirali kratko fokusirano 3dnevno srečanje. Cilj srečanja je bil osredotočenje na nove pristope v teoriji ultrahitrih pojavov v kupratnih superprevodnikih in povezanih snoveh, vključujoč temeljne probleme relaksacije vročih nosilcev naboja v nenavadnih kovinah, kolektivne pojave in enodelčno relaksacijo. Pri tem smo zbrali skupaj dve nacionalni in tri tuje skupine iz Italije in Nemčije.</p> <p><i>ANG</i> Following the recent surge in interest in ultrafast studies of superconductors and related materials, and particularly a flurry of activity in quantum mechanical theory of nonequilibrium phenomena we organised a short and focused adhoc 3day meeting. The scope of the meeting was to focus on new approaches to theory of ultrafast phenomena in cuprates and related systems, including fundamental problems of hot carrier relaxation in strange metals, collective phenomena and single particle relaxation. We were able to bring together two national and three foreign groups from Germany and Italy.</p>

	Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
	Objavljeno v	Jožef Stefan; 2012; 48 str.; Avtorji / Authors: Mertelj Tomaž, Mihailović Dragan	
	Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela	
3.	COBISS ID	26783527	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Trajektorija od normalne do superprevodne faze v BSCCO
		ANG	The trajectory from the normal to the superconducting state in BISCO
	Opis	SLO	Prispevek predstavljen v obliki vabljenega predavanja prikaže dokaze da se nastanek parov in fazna koherenca pojavita v zaporedju.
		ANG	Abstract of the Invited talk presents evidence for pair formation and phase coherence occuring in sequence
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Mihailović Dragan	
	Tipologija	3.16 Vabljeno predavanje na konferenci brez natisa	
4.	COBISS ID	26664487	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Koherentni trajektoriji skozi fazne prehode z zlomom simetrije
		ANG	Coherent trajectories through phase transitions in comlex system
	Opis	SLO	Z novo metodo, ki nam omogoča visoka ločljivost lahko opazujemo trajektorije različnih sistemov, ki spadajo v več različnih razredov univerzalnosti in vključujejo tudi preučitev netrivialnih prehodov v skrita stanja snovi. Raziskovali smo koherentne kolektivne oscilacije polja in rojevanje topoloških defektov, ki so posledica KibbleZurek mehanizma, vključno s študijo njihovega izničenja. Fokusirali smo se na preučevanju spremembe trajektorijev v kritičnih točkah s pomočjo laserskih sunkov in zunanjega magnetnega polja, saj prehodi med skritimi stanji imajo tudi praktično uporabo v novih femtosekundnih pomnilniških elementih in tranzistorjih.
		ANG	With our new experimental method we can achieve realtime high resolution investigations of the critical system trajectories through symmetrybreaking transitions in different complex systems which belong to a number of different universality classes and include the study of nontrivial transitions to newly discovered hidden states of matter. We investigate coherent collective field oscillations and the fundamentals of topological defect creation by the KibbleZurek mechanism including a study of their annihilation in the aftermath of symmetrybreaking transitions. We aim to control the coherent trajectories at bifurcation points by laser pulses and external fields. Transition trajectories to and from hidden states are of particular interest for practical applications in new femtosecond state change memory devices.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	s. n.]; SMEC 2013 conference; 2013; Str. 34; Avtorji / Authors: Mihailović Dragan, Yusupov Roman V., Mertelj Tomaž, Stojchevska Ljupka, Vaskivskiy Igor, Brazovskii Serguei	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeno predavanje)	
5.	COBISS ID	26132263	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Večsunkovna časovno ločljiva optična spektroskopija v močno vzbujenih sistemih z valom gostote naboja: od koherentnih oscilacij parametra reda, do nekoherentne dinamike rekombinacije topoloških defektov

	ANG	Multi-pulse time resolved optical spectroscopy in strongly driven CDW
Opis	SLO	<p>Ultrakratki laserski sunki so primerno orodje za vzbujanje fononov in elektronskomrežnih kolektivnih nihanj v sistemih z valom gostote naboja. Z intenzivnimi kratkimi laserskimi sunki lahko zanihamo fonone daleč od ravnovesja, kar eksponira nelinearne pojave. Le te pogosto težko zasledujemo s standardno spektroskopijo "pumpprobe" zaradi prisotnosti velikih signalov prvega reda. Pri poskusih, da presežemo to težavo, smo oblikovali novo tehniko "multipump", ki nam omogoča detekcijo majhnih razlik med trajektorijami močno vzbujega sistema. Z uporabo omenjene tehnike smo lahko študirali prej neraziskane vidike obnašanja močno vzbujenega amplitudnega načina. Pri tem smo lahko neposredno opazovali neharmoničnost efektivnega potenciala amplitudnega načina, kot tudi anharmonično sklopitev med kolektivnim bozonskim amplitudnim načinom in ostalimi mrežnimi nihanji v 1TTaS2 and TbTe3.</p> <p>Poleg koherentnega odziva smo z enako tehniko študirali nekoherentno rekombinacijo topoloških defektov po kaljenju sistema z laserskim sunkom. Ugotovili smo, da obstaja relativno počasna časovna skala (~30 ps) obnavljanja amplitudnega načina sledi, ki je posledica nekoherentne anihilacije topoloških defektov. Le tej sledi počasnejša relaksacija, konsistentna s termalno difuzijo.</p>
	ANG	<p>Ultrashort laser pulses are a convenient tool for coherent excitation of phonons and collective electronic lattice modes in CDW systems. Due to the availability of strong laser pulses the phonons can be driven far from equilibrium, exposing nonlinear effects. These effects are often difficult to track by the standard pumpprobe optical spectroscopy due to the presence of large firstorder signals. Trying to overcome this problem we devised a differential multipump pulse technique that enables us to detect small differences between highly excited trajectories of a system. Using this technique we were able to investigate a hitherto unexplored aspect of the CDW amplitude mode behavior under strongly driven nonequilibrium conditions. By means of this approach we are able to directly investigate the anharmonicity of the effective AM potential, as well as detect the anharmonic coupling of the collective bosonic mode (the AM) of the CDW to other lattice modes in 1TTaS2 and TbTe3.</p> <p>Apart from the coherent response we use the same technique to study the incoherent recombination of topological defects after a quench of the system by an intense laser pulse. The evolution of the AM is found to follow a slower recovery due to incoherent annihilation of the topological defects on a timescale up to ~30 ps and is fairly consistent with the thermal diffusion on longer timescales.</p>
Šifra	B.04	Vabljen predavanje
Objavljeno v	s. n.]; IMPACT 2012; 2012; Str. 60; Avtorji / Authors: Mertelj Tomaž, Kušar Primož, Kabanov Viktor V., Mihailović Dragan	
Tipologija	1.10	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Eden temeljnih principov fizike je, da poenoten sistem fizikalnih zakonov ureja tako razmerja med subatomskimi delci kot ureditev vesolja. Domneva se, da je vesolje od začetnega Velikega poka prešlo skozi niz faznih prehodov z zlomom simetrije, ki so povzročili opazne pomembne posledice, kot denimo nastanek topoloških defektov. Neposrednih poskusov teh predvidevanj ni mogoče izvesti, vendar prihaja do prehodov, opisanih s podobnimi enačbami, tudi v eksperimentalno dostopnih sistemih trdne snovi pri nizkih temperaturah.

Namen eksperimentalnih raziskav v realnem času, ki jih tu predlagamo, je, da uporabimo to analogijo pri raziskavah vzorčnih faznih prehodov v fiziki trdne snovi, da bi dokazali veljavnost analogije in raziskali raznoliko obnašanje elementarnih fermionskih in bozonskih vzbuditev pri prehodu. Naša opažanja bodo imela pomemben vpliv na razumevanje različnih sistemov – od razpada vroče plazme in tvorjenja Higgsovih bozonov pri visokoenergetskih trkih osnovnih delcev do nihajnega obnašanja, ki so povezana s katastrofičnimi dogodki v nelinearnih socialnih, ekonomskih in bioloških sistemih.

Naša nova eksperimentalna metoda, opisana v reviji Nature Physics, se je pokazala kot močna in pomembna v globalnem smislu. Široka aplikativnost te metode in uporabnost v številnih sistemih, kot jih predlagamo tu, je za nas bistvenega pomena pri zagovarjanju našega primata na tem področju in utrjevanju preboja na svetovni oder.

Pri uporabi spominskih elementov z beleženjem ultrahitrih faznih sprememb na podlagi laserskih sunkovnih sekvenc je treba upoštevati še naslednji dodatni vidik. Spomini s fazno spremembo sedaj izkoriščajo prehod kristal-steklo, so počasni in za preklon potrebujejo zelo visoke temperature. Prehod na druge prehode urejanja in preklon z ultrahitrimi laserskimi sunki, ki jih nameravamo raziskati tu, obetata razvoj povsem novih spominskih elementov na fazno spremembo, kot tudi obdelavo podatkov pri povsem drugačnih hitrostih. To področje je še povsem neraziskano in bo pojasnjeno med samim potekom predlaganega projekta.

ANG

Molecular electronics is a very rapidly developing field. Many different approaches are being investigated worldwide towards the ultimate goal of creating molecular-scale information processing circuits, sensors and electronics devices in general. Bottom-up approaches have been heralded as the only route for the sub-nanometer devices in the foreseeable future and it is clear that self-assembly is the only viable method of creating large-scale circuits.

We can expect to make a significant contribution to the field by the research into the molecular-scale physics of MoSI wires on different levels. On the lowest level, we will acquire important knowledge on device physics, self-assembly and aggregation processes and the behavior of large-scale self-assembled self-organised critical behaviour of networks. The research will have an impact well beyond the field of MoSI nanowires.

The exploitation of new molecular architectures has become today's economic imperative for technological and industrial innovation. At present probably the greatest show-stopper for the development of even very basic molecular electronics circuits are the interconnects. The absence of a viable technology for connecting molecular switches into larger circuits poses a serious impediment for progress already for a number of years. The proposed project aims to create a revolution in the field of bottom-up molecular circuit design and manufacture by introducing totally new recognitive and highly versatile molecular scale conducting elements. The unique properties of 1D-inorganic nanostructures will be completely and efficiently exploited, launching these extremely novel and promising materials into the real, applicative world. The immediate impact is in the generation of high-profile cutting edge knowledge, and in fostering the education and training of both experienced and young scientists with advanced investigation tools in this hugely competitive field.

The research will be published in high-profile, high impact-factor journals (continuing the group's track record), particularly aiming to publish in Nano Letters and the Nature journals on Nanotechnology, Materials and Physics, as well as other relevant journals.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Napredek pri temeljnem raziskovanju je velikega pomena tako za pridobivanje novega znanja kot za razvoj novih tehnologij. Naša skupina je to v zadnjih desetih letih že večkrat pokazala. Odkritje novih MoSIx molekularnih žic je denimo vodilo v ustanovitev spin-off podjetja Mo6, ki ima osrednjo vlogo v projektu Evropske unije DESYGN in zdaj široki akciji COST. Drug primer je denimo razvoj laserskega strukturiranja superprevodnikov v devetdesetih letih, ki je vodilo v

razvoj »laser tweezer apparatus« še enega povezanega podjetja, podjetja ARESIS, in nadalje v izdelavo nove laserske nanolitografske naprave, katere prototip je podjetje LPKF nedavno predstavilo na sejmu elektronske industrije v Frankfurtu. Vsi ti primeri izkazujejo, da je interdisciplinarni pristop, za katerega se zavzemamo, ključnega pomena za unovčenje novih znanstvenih odkritij. Pod pritiskom prijav iz povezanih podjetij se dosledno sledi vsaki smeri raziskovanja, ki je potencialno obetavna.

Težava slovenske industrije je relativno nizka dodatna vrednost izdelkov, kar vodi v nizke plače in socialno nezadovoljstvo. Dvig tehnološke ravni slovenske industrije pa je mogoče doseči le z vključevanjem novih znanj v izdelke, kar pa je mogoče le z vključevanjem visoko kvalificiranega in visoko usposobljenega kadra ter preko drugih oblik prenosov znanja. Raziskovalni program s ciljnim osnovnim raziskovanjem novih materialov omogoča usposabljanje kadra na tehnološko in industrijsko relevantnih področjih elektronike, laserske kontrole in vzorčenja snovi ter vede o snoveh. Neposredni upravičenec bo v tem primeru podjetje LPKF d.o.o. (podjetje za lasersko strukturiranje).

Znanje, pridobljeno pri tem projektu, bo ogromno prispevalo k ustvarjanju okolja za uvajanje inovativnih tehnologij, kar je ključnega pomena za to, da Slovenija v krogu krogu tehnološko in socialno-ekonomsko razvitih držav napreduje. Raziskovanje v okviru tega projekta bo pomembno prispevalo k znanstvenemu in tehnološkemu razvoju Slovenije in bo utrdilo njen konkurenčni položaj v svetu.

Projekt ponuja priložnost za to, da se s pomočjo obstoječe opreme razvija nova področja. Projekt pomeni veliko promocijo za Slovenijo in predstavlja odlično podlago za nadaljnje sodelovanje z vodilnimi raziskovalci iz vsega sveta, predvsem pa iz Evropske unije, Japonske, Kitajske in Združenih držav Amerike.

ANG

Progress in fundamental research serves as a major driving force both for advancing new knowledge and for spurring new technologies. This has been clearly demonstrated by our group following the discovery of new MoSiX molecular wires which have led to the formation of a spin-off company, and its central role in the DESYGN it EU project. This demonstrates that the interdisciplinary approach which we are following is essential in order to be able to capitalize on new scientific discoveries. The pressure for applications from the spin-off ensures that any direction which might be promising is pursued with rigour.

A problem of Slovenian industry is the relatively low added value of its products which leads to low wages and social unrest. Raising the technological level of its industry can only be achieved by incorporation of new knowledge into its products, which comes with highly qualified and highly trained personnel and other diverse forms of knowledge transfer. The research program with its targeted basic research in new materials provides training for such personnel.

The knowledge generated in this project will make a great contribution to the formation of an environment for introduction of innovative technologies, which are a key factor for Slovenia to remain and progress within the circle of socio-economically and culturally developed nations. The main goal will be the development of new technologies leading eventually to the successful transfer to industrial applications. The production, which is already protected by patent, will be optimised and will enable more rational and effective production of new materials. New materials and matter increase the competitiveness in key segments of Slovene industry. In general, novel nanostructures based on transition could be of key importance for the development of industry in larger segments, from composites to electronics.

Research within this project will contribute significantly to development in nanotechnology in Slovenia and thus strengthen the competitive position of our country in the world. This is a great opportunity to use the existing equipment and obtained knowledge for optimising preparation procedures of unique and highly interesting samples. Besides promotion of our country the new materials are a good basis for further collaborations with leading researchers from all over the world, especially the EU, Japan, China and the US. The combination of synthesis of new structures and precise characterisation of their physical properties will also provide excellent working conditions and will be used for training of perspective researchers.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj

F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
	Ocena			

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Ker gre za zaključno poročilo in je v letnem poročilu za 2013 opis tega izjemnega dosežka izpadel, ga izjemoma vključujemo v leto 2014.

Odkritje intrinzične rekombinacije topoloških defektov v sistemih z valom elektronske gostote. V sistemih z valom elektronske gostote (VEG) smo raziskovali nekoherentno rekombinacijo topoloških defektov, ki nastanejo pri hitrem kaljenju sistema z VEG skozi prehod elektronskega urejanja. Z uporabo 3-sunkovne časovno ločljive optične spektroskopije smo zasledovali razvoj parametra reda na širokem območju časovnih skal po kaljenju. Z natančnim upoštevanjem termičnih pojavov smo jasno identificirali intrinzično rekombinacijo topoloških defektov v TbTe₃, ki poteka na časovni skali ~30 pikosekund in našli podpis zunanje, s kristalografskimi defekti pogojene, relaksacijske dinamike, ki je prisotna na daljših časovnih skalah. Podobne pojave smo opazili tudi v modri bronzi in 2H-TaSe₂. Objavljeno v Physical Review Letters, 110, 156401 (2013).

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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 ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Dragan D. Mihailović

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

13.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/209

- ¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)
- ² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)
- ⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (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](#)
- ⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (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 projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)
- ⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)
- ⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- ¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- ¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)
- ¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). 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 priponko/-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](#)

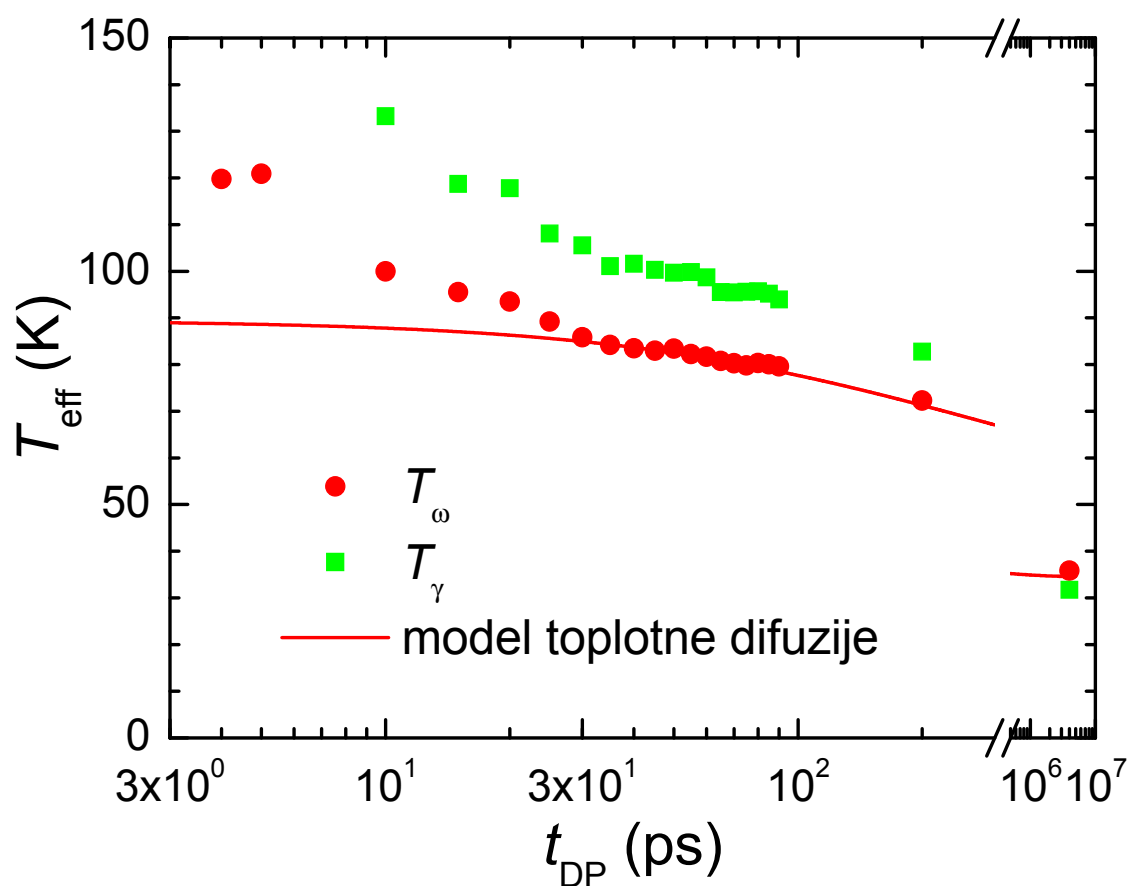
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

81-0D-BF-B8-20-86-17-C3-E6-9B-C4-F8-8F-84-60-D0-8A-A4-1F-3B

Priloga 1

VEDA

Področje: šifra in naziv področja: 1.02.01 Fizika kondenzirane materije, Dosežek 1: Odkritje intrinzične rekombinacije topoloških defektov v sistemih z valom elektronske gostote., Vir: MERTELJ, Tomaž, KUŠAR, Primož, KABANOV, Viktor V., GIRALDO-GALLO, P., FISHER, Ian R., MIHAILOVIĆ, Dragan. Incoherent topological defect recombination dynamics in TbTe₃ : T. Mertelj ... [et al.]. *Physical review letters*, ISSN 0031-9007. [Print ed.], 2013, vol. 110, no. 15, str. 156401-1-156401-5, doi: [10.1103/PhysRevLett.110.156401](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.110.156401). [COBISS.SI-ID [26700071](https://www.cobiss.si/id/26700071)],



Odstopanje efektivnih temperatur amplitudnega načina po kaljenju zaradi prisotnosti topoloških defektov vala elektronske gostote v TbTe₃.