

## 3.1. СПРАВКА

### за научно-приложните и приложни приноси

---

на доц. д-р инж. Август Йорданов Иванов, представени в конкурса за професор към секция СИТРМ на Института по роботика при БАН

съгласно Чл. 29, ал. 1, т.4 от ЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в БАН, Приложение №1, Област 5., табл.2, т.Г.

#### I ПРИНОС

Разработен и апробиран е метод за измерване с една и съща зона в силициевите структури на повече от един неелектричен параметър – магнитно поле и температура. В основата на действието на новите мултисензори е амперометричният принцип. Постигнати са висока чувствителност, съществена резолюция и подобро отношение сигнал/шум. Резултатите са подходящи за слабополевата магнитометрия, геомагнетизма, контратероризма и др. В областта на полупроводниковата векторна магнитометрия е надграден и доразвит принципа на функционална интеграция - използването на една и съща преобразувателна област в силициевата подложка за измерването на повече от един неелектричен параметър, например компонентите на вектора на магнитното поле  $B_x$ ,  $B_y$  и  $B_z$ , техният градиент, температурата на кристала  $T$  и др. Създаден е нов клас сензорни микросистеми с амперометричен изход за едновременно и независимо измерване посоката и стойността на магнитното поле, и на температурата на околната среда, използващи за първи път явлението Диоден ефект на Хол. Тези преобразуватели се характеризират с повишена шумоустойчивост към паразитни въздействия, висока чувствителност и отношение сигнал/шум, и термостабилност. [Трудове 1, 2, 3, 4]

#### II ПРИНОС

Проектирани, реализирани и тествани са нови трикомпонентни (3-D) векторни магнитометри, използващи функционалната интеграция на микросензори на Хол с паралелна и ортогонална ос на чувствителност, измерващи едновременно и независимо трите пространствени  $B_x$ -,  $B_y$ - и  $B_z$ - компоненти на магнитното поле  $B$ . 3-D магнитометричните устройства се отличават с висока пространствена резолюция, минимизирано паразитно влияние между трите сензорни канала, ниско ниво на собствен шум, дълговременна стабилност на параметрите, изравнени преобразувателни характеристики на  $x$ - и  $y$  - каналите от използваната структурна симетрия. Новите 3-D сензори са перспективни за прецизно сканиране

на топологията на магнитното поле и неговия пространствен градиент преди всичко в микриобиологични системи, съдържащи магнитни наночастици като кръв, кръвна плазма и др. Прототипи на новите 3-D магнитометри са подробно характеризирани като параметрите им са предпоставка за изграждане на скенери за магнитни микрообекти в биологията и медицината. Също така са перспективни приложенията им в контратерористичната дейност, електромобилите за контрол на енергийната консумация, позиционирането на обекти в пространството и др. [Трудове 5, 6, 7]

### **III ПРИНОС**

Открит, изследван и интерпретиран е нов сензорен механизъм в микросистемите на Хол, позволяващ чрез инжекция на неосновни носители само с 0.1% от захранващия ток да се повиши магниточувствителността с повече от 50%. Такъв резултат досега е получаван с удвояване на захранването, като се е предполагало, че инжекцията понижава напрежението на Хол. Практическата значимост на тази закономерност е в редуцирането на разсейваната мощност, повишената точност и ниското ниво на шума. [Трудове 8, 9]

### **IV ПРИНОС**

Установено е експериментално в сензорната електроника възникването в проводящите структури, в това число полупроводниците, в широк температурен интервал на магнитоуправляем повърхностен ток, когато през структурите се пропуска захранващ ток и се прилага перпендикулярно на него магнитно поле. Повърхностният ток зависи линейно, както от силата на магнитното поле, така и от захранващия ток, като посоката му се обръща ако един от тези входни параметри измени полярността си. Новата закономерност е силно изразена и се регистрира върху страничните повърхности на образци, върху които се генерира напрежението на Хол. За да наблюдава новото свойство е достатъчно върху една от Холовите страни на структурата да се формират два контакта, през които се измерва изменението на протичащия ток, съставляващо микроампери. Интерпретацията на явлението се свързва с действието на силата на Лоренц върху движещите се токоносители. [Трудове 10, 11, 12, 13, 14]

### **V ПРИНОС**

Разработени са фамилия многомерни силициеви векторни магнитометри, съдържащи минимален брой контакти, регистриращи едновременно и независимо 2D и 3D компонентите на магнитното поле. Предимствата на новите технически решения са максимално опростена конструкция, висока резолюция на отделните изходни канали, намалено паразитно междуканално влияние, и съществена магниточувствителност. Практическата приложимост на тези иновации с подобрени характеристики е в многофункционални сензорни модули за роботиката и роботизираната медицина, квантовата комуникация, навигацията,

автомобилната индустрия и др.[15, 16, 17, 18, 19, 20]

## VI ПРИНОС

Развит е теоретичен модел, интерпретиращ експерименталните резултати на откритите закономерности – магнитноуправляем повърхностен ток в проводящите материали и аномалии в поведението на потенциалите на полупроводникови структури в магнитно поле. Съществуващите противоречия в интерпретацията на класическия и квантовия ефект на Хол са отстранени като е разширен обхватът на приложимостта им. На тяхна основа е формулиран и доказан иновативен метод, съдържащ три взаимно-допълващи се метода за изследване на качеството на повърхността в полупроводниците.[21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]

## VII ПРИНОС

Обосновани и доказани са съществено нови страни на ефекта на Хол, полезно увеличаващи знанието за това явление, състоящо се в: **а)** допълнителните токоносителни от силата на Лоренц върху съответната гранична повърхност са подвижни, а не статично разположени както се е считало до сега и определят повърхностния ток; **б)** потенциалите и напрежението на Хол се генерират както от различната плътност на повърхностните товари, формиращи електрическото поле на Хол от отклонените електрони върху едната страна и от некомпенсираните положителни донорни йони на срещуположната, така и от допълнителния пад на напрежението върху срещуположните интерфейси от протичането на магнитноуправляемите повърхностни токове.

Експериментално е констатирана и интерпретирана нова закономерност в поведението на индивидуалните потенциали на Хол, състоящи се в генериране на линеен от магнитното поле потенциал върху тази страна на структурите, от която силата на Лоренц отнема токоносителите, и на линейно нарастващ потенциал след определена стойност на индукцията на срещуположната повърхност с повишената концентрация на електроните. Тези зависимости се дължат на магнитноуправляемия повърхностен ток като индукцията, при която възниква нелинейността на потенциала се определя от качеството на повърхността – колкото е по-висока концентрацията на повърхностните дефекти, толкова стойността на магнитното поле, при която стартира нелинейността е по-висока, и обратното.[29, 30, 31, 32, 33, 34]

17.04.2023 г.  
гр. София

Подпис: / Август Иванов /

# СПИСЪК

Списъкът съдържа общо 34 труда на кандидата, като подреждането им е съгласно последователността на приносите

## I. ПРИНОС

1. Ch S Roumenin, **A Ivanov**, P Nikolova, A linear multisensor for temperature and magnetic field based on diode structure, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 72, Issue 1, 8 January 1999, Pages 27–31, ISSN: 0924-4247, **IF=0.917**;  
[https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(98\)00206-4](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(98)00206-4)
2. Ch. Roumenin, **A. Ivanov**, P. Nikolova, A new anisotropy effect in the amperometric magnetic-field microsensors, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 77, Issue 3, 2 November 1999, Pages 195–198, ISSN: 0924-4247, **IF=0.917**;  
[https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(99\)00196-X](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(99)00196-X)
3. CS Roumenin, D Nikolov, **A Ivanov**, A novel parallel-field Hall sensor with low offset and temperature drift based 2D integrated magnetometer, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 115, Issues 2–3, 21 September 2004, Pages 303–307, ISSN: 0924-4247, **IF=1.462**;  
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2004.03.056>
4. Ch Roumenin, **A Ivanov**, P Nikolova, A new class of multisensors for magnetic field and temperature based on the Diode Hall effect, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 85, Issues 1–3, 25 August 2000, Pages 163–168, ISSN: 0924-4247, **IF=1.003**;  
[https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(00\)00371-X](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(00)00371-X)

## II. ПРИНОС

5. Ch Roumenin, K Dimitrov, **A Ivanov**, Integrated vector sensor and magnetic compass using a novel 3D Hall structure, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 92, Issues 1–3, 1 August 2001, Pages 119–122, ISSN: 0924-4247, **IF=0.917**;  
[https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(01\)00549-0](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(01)00549-0)
6. Ch.S. Roumenin, D. Nikolov, **A. Ivanov**, 3-D silicon vector sensor based on a novel parallel-field Hall microdevice, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 110, Issues 1–3, 1 February 2004, Pages 219–227, ISSN: 0924-4247, **IF=1.462**;  
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2003.07.010>
7. Chavdar Roumenin, Dimitar Nikolov, **Avugust Ivanov**, A novel parallel-field Hall microsensor, *Proc. Digest Tech. Papers Eurosensors XVI, The 16th European Conference on Solid-State Transducers, Prague, Czech Republic*, Magnetic sensors, TP02, 1B4.06p, 15-18 September 2002, Pages 545-548;  
[https://www.researchgate.net/profile/Avugust-Ivanov/publication/318723153\\_A\\_NOVEL\\_PARALLEL-](https://www.researchgate.net/profile/Avugust-Ivanov/publication/318723153_A_NOVEL_PARALLEL-)

### III. ПРИНОС

8. Ch Roumenin, D Nikolov, **A Ivanov**, New enhancing sensitivity tool for Hall effect devices, *Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier*, Vol. 97–98, 1 April 2002, Pages 296–301, ISSN: 0924-4247, **IF=1.299**;  
[https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(01\)00865-2](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(01)00865-2)
9. C.S. Roumenin, D. Nikolov, **A. Ivanov**, Enhancing the sensitivity of Hall microsensor by minority carrier injection, *Electronics Letters*, Vol. 36, Issue 16, 3 August 2000, Pages 1375 – 1376, Publisher: IET - Institution of Engineering and Technology, Print ISSN: 0013-5194; **Q1** (2000); **SJR = 0.38**  
<https://doi.org/10.1049/el:20001017>

### IV. ПРИНОС

10. S Lozanova, **A Ivanov**, C Roumenin, A Hall Effect Device with Enhanced Sensitivity, *Procedia Engineering, Elsevier*, Vol. 25, 2011, Pages 543-546, ISSN: 1877-7058, **IF=0.45**;  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.12.135>
11. Siya Lozanova, **Av gust Ivanov**, Chavdar Roumenin, The device design as enhancing sensitivity tool in hall elements, *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, Vol. 65, No4, pp.519-526, 2012, **IF=0.152**  
[http://www.proceedings.bas.bg/cgi-bin/mitko/ODOC\\_abs.pl?2012\\_4\\_16](http://www.proceedings.bas.bg/cgi-bin/mitko/ODOC_abs.pl?2012_4_16)
12. С.В. Лозанова, Ч.С. Руменин, Г.Н. Величков, С.А. Нойков, **А.Й. Иванов**, Елемент на Хол с паралелна ос на чувствителност, Рег. № 111487, 4/06/2013; П№ BG 66670 В1 / 15.05.2018.
13. С. Лозанова, Ч. Руменин, Г. Величков, С. Нойков, **А. Иванов**, Полупроводников умножител, Заявка № 111511, 25/06/2013; Рег. № BG 66692 В1 / 18.07.2018.
14. С. Лозанова, Ч. Руменин, Г. Величков, **А. Иванов**, Мултисензорен елемент, Заявка № 111537, 16/07/2013; Рег. № BG 66707 В1 / 09.08.2018.

### V. ПРИНОС

15. S. Lozanova, **A. Ivanov**, C. Roumenin. 2D In-plane Sensitive Hall Device. *Proc. The Tenth Intern. Conf. on Sensor Device Technologies and Applications, SENSORDEVICES 2019, Nice, France, IARIA, 2019*, ISBN:978-1-61208-745-0, ISSN:2308-3514, 72-75 Без JCR или SJR – индексирани в WoS или Scopus  
[http://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/sensordevices/sensordevices\\_2019/sensordevics\\_2019\\_6\\_20\\_20020.pdf](http://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/sensordevices/sensordevices_2019/sensordevics_2019_6_20_20020.pdf)

16. Siya V Lozanova, Martin L Ralchev, **Avzug J Ivanov**, Chavdar S Roumenin, Sensor with Subsequent Measurement of X, Y and Z Magnetic-field Components, *2021 XXX International Scientific Conference Electronics (ET)*, Pages 1-5, November 2021, Electronic ISBN:978-1-6654-4518-4, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-6654-4519-1, Без JCR или SJR – индексирани в WoS или Scopus  
DOI: 10.1109/ET52713.2021.9579904  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9579904>
17. Siya Lozanova, **Avzug Ivanov**, Martin Ralchev, Chavdar Roumenin, A new Hall Microdevice with Minimal Complexity, *MDPI, Proceedings, Eurosensors XXXIV*, Lecce, Italy, 10-13 September 2023. (под печат).
18. С. Лозанова, А. Александров, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Магнитодиоден сензор, Заявка № 112679, 13/02/2018; Рег. № BG 67209 B1 / 31.12.2020.
19. С. Лозанова, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Конфигурация на Хол с равнинна магниточувствителност, Заявка № 112771, 11/07/2018; Рег. № BG 67219 B1 / 31.12.2020.
20. С. В. Лозанова, **А.Й. Иванов**, Ч. С. Руменин, 2D микросензор на Хол с равнинна чувствителност; Рег. № BG 67245 / 15.02.2021.

## VI. ПРИНОС

21. S. V. Lozanova, **A. J. Ivanov**, C. S. Roumenin. Magnetotransistor Sensors with Different Operation Modes. *Proc. XXIX International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance 2019, Sozopol, Bulgaria, IEEE*, 2019, ISBN:978-1-7281-2213-7/19 Без JCR или SJR – индексирани в WoS или Scopus  
DOI: 10.1109/MMA.2019.8936009  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8936009>
22. S. V. Lozanova, **A. J. Ivanov.**, C. S. Roumenin. Three-dimensional Field Sensing with Magnetotransistors. *Proc. XXVIII International Scientific Conference Electronics (ET) 2019, Sozopol, Bulgaria, IEEE*, 2019, ISBN:978-1-7281-2574-9, Без JCR или SJR – индексирани в WoS или Scopus (Scopus)  
DOI: 10.1109/ET.2019.8878505  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8878505>
23. S. V. Lozanova, **A. J. Ivanov**, C. S. Roumenin, Transistor Based Multidimensional Magnetometer. *Proc. X National Conference with IEEE International Participation (ELECTRONICA), Sofia, Bulgaria, IEEE*, 2019, ISBN:978-1-7281-3623-3, Без JCR или SJR – индексирани в WoS или Scopus (Scopus)  
**DOI: 10.1109/ELECTRONICA.2019.8825591**
24. С. В. Лозанова, **А.Й. Иванов**, Ч. С. Руменин, Сензор на Хол с равнинна чувствителност; Рег. № BG 67298 B1 / 15.04.2021.

25. С. В. Лозанова, **А. Й. Иванов**, Ч. С. Руменин, Двумерен микросензор за магнитно поле; Заявка № 112966/17.07.2019; Рег. № BG 67380 B1/29.10.2021.
26. Ч.С. Руменин, С.В. Лозанова, **А.Й. Иванов**, Метод за определяне приповърхностната подвижност на токоносителите; Рег. № BG 67382 B1 / 01.12.2021.
27. С. В. Лозанова, **А. Й. Иванов**, И. Ц. Колев, Ч. С. Руменин, Елемент на Хол; Заявка № 113027/12.11.2019; Рег. № BG 67414 B1/ 15.02.2022.
28. Ч. С. Руменин, С. В. Лозанова, **А. Й. Иванов**, Метод за определяне на повърхностната проводимост в полупроводници, Заявка № 113036/29.11.2019; Рег. № BG 67429 B1/ 31/03/2022.

## VII. ПРИНОС

29. Siya V Lozanova, **August J Ivanov**, Chavdar S Roumenin, Hall Sensor with Geometry-enhanced Sensitivity, *2020 XXX International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance (MM) A*, Pages 1-4, November 2020, Electronic ISBN:978-1-7281-9719-7, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-7281-9720-3, Без JCR или SJR – индексирани в WoS или Scopus DOI: 10.1109/MMA49863.2020.9254253  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9254253>
30. С. Лозанова, С. Нойков, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Елемент на Хол, Заявка № 112532, 27/06/2017; Рег. № BG 67112 B1 / 17.08.2020.
31. С. Лозанова, Л. Алтунян, С. Нойков, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Магнитометър на Хол, Заявка № 112514, 30/05/2017; Рег. № BG 67136 B1 / 30.09.2020.
32. С. Лозанова, И.Колев, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Сензор на Хол с компенсирани офсет, Заявка № 112669, 24/01/2018; Рег. № BG 67187 B1 / 16.12.2020.
33. С. Лозанова, А. Александров, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Магнитодиоден сензор, Заявка № 112679, 13/02/2018; Рег. № BG 67209 B1 / 31.12.2020.
34. С. Лозанова, **А. Иванов**, Ч. Руменин, Конфигурация на Хол с равнинна магниточувствителност, Заявка № 112771, 11/07/2018; Рег. № BG 67219 B1 / 31.12.2020.

Подпис:

/Август Иванов/