

# СПРАВКА

## ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ НА ТРУДОВЕТЕ

НА ЧЛ.КОР. ПРОФ. ДФЗН Ангел Сашев Попов

Научните публикации, представени за настоящия конкурс, могат да бъдат групирани в два научни раздела, характеризиращи цялостната научноизследователска дейност и отделна трета група, посветена на израз на обществени научни позиции по актуални въпроси от науката и висшето образование.

Първият раздел е най-голям и включва създаването на уникална технологична апаратура за получаване на нови полупроводникови материали, израстване на обемни кристали и епитаксиални слоеве от тях, конструиране на оптоелектронни прибори на тяхна основа и изследване на техни параметри и свойстава чрез комплексен анализ. Значителна част от получените научни данни дадоха възможност по-късно за широкомащабно изследване на деградационни процеси в полупроводникови материали и прибори, което послужи за **създаване на ново направление за прогнозиране на остатъчно ресурсно време на електронното оборудване за управление и контрол в АЕЦ "Козлодуй"**. Друга част стана основа за комплексно охарактеризиране на дълбоки центрове в полупроводникови материали и епитаксиални структури и **създаване на нов общ физичен модел за тяхното образуване**, многократно цитиран в научната литература. Голяма част от публикациите в този раздел са послужили за основа на кандидатска и докторска дисертации и на пет монографии (последната- 2011 год), написани в тридесет годишен интервал по най-актуални проблеми на тази тематика.

Вторият раздел включва публикации, свързани с космическия проект "Шипка" по време на полета на Втория български космонавт, в който бе проведен експеримент **за първи път в космическото материалознание** за получаване на суперйонни кристали (твърди електролити) в условия на микрогравитация. Експериментът бе наречен "Климент-Рубидий" в чест на 100-годишнината от създаването на СУ"Св.Кл.Охридски". След изтичане на законния срок за запазване на технологичната тайна, използваната технология и научните резултати бяха представени в отделна монография, публикувана през 2011 година.

Третата група се отнася към връзката на висшето образование и високите технологии в съвременния период на развитие на страната ни.

## ПЪРВИ РАЗДЕЛ

### **I. Създаване на апаратури за получаване на обемни кристали и епитаксиални слоеве от АЗВ5 полупроводникови съединения и техни твърди разтвори**

В първа група се включват работи [9,10,12,27,30,41,43,44,52,78,118,120,122,134,154,157,161,163,164], посветени върху конструиране и създаване на модерна технологична база за получаване на полупроводникови кристали и епитаксиални слоеве от АЗВ5 полупроводникови съединения и техни твърди разтвори за оптоелектронни прибори, което беше пионерна дейност към дадения момент. Сложната апаратура ( хоризонтална камера за зонно топене с противоналягане до 50 атм.; апарат за вертикално безтигелно зонно топене на обемни кристали; многокасетен автоматична слайдова система за епитаксия от течна фаза; автоматизирани инсталации за хоризонтална и вертикална епитаксии от газова фаза; вакуумна високотемпературна апаратура за получаване на кристали от силициев карбид и др.) е конструирана и построена за първи път у нас в периода 1969-1980 година. Благодарение на това стана възможно израстването на обемни монокристали и епитаксиални слоеве от галиев фосфид и индиев фосфид, епитаксиални слоеве от галиево арсенид фосфид, индиево-галиев арсенид и индиево-галиев фосфид, когато не се публикуваше технологична информация и не се продаваха съответните материали. **Това даде възможност в страната да се развие ново направление в оптоелектрониката, а именно –** полупроводникови излъчватели и цифрови индикатори за видима светлина, които бяха ембаргови през този период. Тази моя дейност беше оценена на правителствено ниво и бях награден със златна значка на Държавния комитет за наука и технически прогрес “ За принос в техническия прогрес” през 1972. Резултатите от [44], свързани със създаване на ново тигелно устройство за епитаксия от течна фаза на твърди полупроводникови разтвори с летливи компоненти са защитени с авторско свидетелство № 38928 от 28.06.1978 година. За тези резултати не се разрешаваше да се публикуват в чужди научни списания.

Създаването на универсална технологична апаратура на високо техническо ниво за обемни кристали и епитаксиални слоеве от полупроводникови съединения през този период даде възможност за отработване на технологични режими и предпоставка за провеждане на термодинамичен анализ на редица технологични процеси,

разработвани към момента [18,37,50,65,82,87,93,95,96,103,109,128,138,155,157]. Резултатите от [18] са цитирани многократно от чужди автори и имат оригинален принос (**определено е за първи път повърхностното напрежение на стехиометрична стопилка от индиев фосфид, позволило оптимизация на трудната технология за получаване на монокристални слитъци от този материал**). Работата е подробно разгледана в монографията на Ю.М.Шашков “**Выращивание монокристаллов методом вытягивания**”, изд. Металургия, Москва, 1982, стр.43-74. Тя се цитира и от много други автори, например:

1. A.S.Jordan at al., Bell System Techn.J., 62 (2), p.477, 1983
2. N.A.Smith at al., J.Cryst.Growth, v.69, p.269, 1984
3. A.Katsui at al., J.Cryst.Growth, v.74, p.221, 1986
4. K.Bottcher at al., Cyst.Res.Technology, v.24, p.517, 1989
5. R.Ruup, G.Muller, J.Cryst.Growth, 113 (1-2), p.131, 1991
6. S.Nakamura, T.Hibiya, Int.J.Thermophysics, 13(6), p.1061, 1992
7. A.Tegetmeier at al., J.Cryst.Growth, 141(3-4), p.451, 1994
8. T.D.Lowes, M.Zinkeallmang, Phys.Rev.B-Cond.Matter, 49(23), p.16678, 1994
9. D.T.J.Hurle, J.Cryst.Growth, 147(3-4), p.239, 1995
10. E.Kubota, Cryst.Res.Technol., 34(4), p.539, 1999

## **II. Израстване на епитаксиални структури и създаване на полупроводникови прибори на тяхна основа. Изследване на основни параметри**

Построената апаратура и термодинамичните изследвания дадоха база за разработването на съвременни оптоелектронни прибори у нас едновременно с развитите страни по това време [11,121,123,124,127,132,136,154,155,156,158,160,162,165-167]. Първите светодиоди и цифрови индикатори от галиев фосфид за видима светлина в страната бяха създадени в периода 1970-1971 година, следват светодиоди и интегрални цифрови индикатори за червена светлина от твърди разтвори АЗВ5, дискретни и квадрантни фотоприемници за близката инфрачервена област 1.1  $\mu\text{m}$ . По-късно започнаха разработки на полупроводникови фотоприбори за по-далечната инфрачервена област (1.3 и 3-5  $\mu\text{m}$ ), като за целта се създаваха нови епитаксиални структури и нови материали [15,23,63,84,95,96,99,103, 109,159,167,170,172,173].

Създаването на приборите се предшествахше от фундаментално и комплексно изследване на свойствата и параметрите на епитаксиалните слоеве и структури, израствани за целта чрез фотолуминесцентен,

рентгеноструктурен, електролуминесцентен, фотокапацитивен, DLTS и EPR анализи, оптично поглъщане, волтамперни и волтфарадни характеристики, фотопроводимост и микротвърдост [13,14,16,17,19, 22, 24,25,32,34,41,52,53,62,70,73,77,81,123,127,129,131, 139, 168 ]. Много от получените резултати са цитирани многократно от чужди автори.

Този период завърши с написването на две монографии: “Полупроводникови светодиоди и лазери” [2] и “Полупроводникови излъчватели за влакнесто-оптична връзка” [3] в съавторство с проф.Борис Арнаудов, който разработваше паралелно излъчватели за близката инфрачервена област. Първата бе издадена през 1980 година от издателство “Наука и изкуство” в поредицата “Съвременна физика”, бързо стана учебно пособие във всички технически висши училища и това наложи преиздаване на основно преработен вариант през 1987 година от издателство “Техника” , който бе преиздаден за трети път от издателство “Анубис” през 2001 година. Тази монография е цитирана многократно в много български книги по различни области на оптоелектрониката.

Втората монография бе издадена от Университетско издаделство “Св.Кл.Охридски” през 1993 година и преиздадена от издателство “Анубис” през 2001 година поради изчерпване на първия тираж, използван също като учебно пособие. Тази монография се цитира от редица български автори в областта на полупроводниковата оптоелектроника и оптични системи за връзка.

Създадената апаратура и натрупаният опит позволиха да се разширят научните изследвания (1998г.–2003г.) към по-далечен спектрален диапазон, да се разработи технологията на твърди разтвори за фотоприемници в диапазона за (3 – 5  $\mu\text{m}$ ) и да се създадат първите прибори [ 93,94,95,96,100,101,102,103,109,169,170). Този спектрален диапазон е атмосферен прозорец, в който лъчение с тази дължина на вълната не се поглъща ( при дъжд, сняг, мъгла) - изключително важно за военни цели, космически полети и управление на летящи обекти.

Едновременно с технологията на новите материали нашето внимание се насочи и към важни проблеми на наноелектрониката, което намери място в четвъртата монография [6] “Полупроводникови материали и структури за наноелектрониката”, издадена през 2007 година от Университетско издателство “Св.Кл.Охридски”, която е първата книга на български език по тези въпроси. Веднага след нейното издаване стана учебно пособие в новата магистратура на физически факултет и факултета по математика и информатика “Наноптоелектроника и информационни технологии”.

### III. Изследване на дълбоки центрове в АЗВ5 полупроводникови съединения

В началото на 80-те години се разви ново модерно направление в изследването на оптоелектронни полупроводникови структури, а именно – регистрация и характеризирание на дефектни центрове, формиращи дълбоки нива в забранената зона. Те нарушаваха монохроматичността на електролуминесцентните спектри на излъчвателите и спектралната фоточувствителност на приемниците за светлина. Създаваха се сериозни прегради пред повишаването на квантовата ефективност, което пречеше широкото приложение на тези прибори в практиката. Това наложи много колективи, занимаващи се с получаване на оптоелектронни материали и прибори да съсредоточат усилия за изследване на свойствата на дълбоките центрове, да създадат съответни модели и на тази основа да предложат неутрализация на тяхното влияние. Ние бяхме пионери в страната в тази област, проведохме редица технологични експерименти за създаване на моделни материали и с помощта на комплексен анализ определихме важни параметри на дълбоки центрове в GaP, InP, GaInP, GaAs, InGaAs, легирани с Fe. Въз основа на получените данни създадохме физични модели на дълбоки нива, образувани от комплекси Fe-Si и други примесни атоми, за което сме цитирани десетки пъти в международната научна литература. Към тази група наши публикации могат да се отнесат следните работи [14,16,17,18,19,20,21,22,24, 25, 28, 29,32,39,41,46,48,52,59,61,62,63,70,73,77,81,123,126,127,130,131,134,143, 144,166,168]. Тук специално искам да обърна внимание на публикация [20] *“Deep levels in Fe-doped InP”*, Phys.stat.sol.(a), 52, 1979, p.341, която има над 40 забелязани цитирания, посочени специално по долу:

1.Fung S., Nicholas R.J., Stradling R.A. ,J.Phys.C-Solid State Physics, 12(23), p.5145, 1979

2.Yu P.W., Solid State Communications, 34(3), p.183, 1980

3.Barancova H.,Kratena L., Proc.Intern.Conf. RECON-79, Prague, p.8, 1979

4.Antony P.J., Paoli T.L.,Hartman T.L., IEEE J.Quant.Electronics, 16(7), p.735, 1980

5.Yu P.W., Proc. Seminsulating III-V Materials Conf. (Iniversity of Nottingham),14-16 April, p.167, 1980

6.Kato T., Matsumoto T., Ishida T., Jap.J.Appl.Physics, 19(12), p.2367, 1980

7. White A.M., "Semi-Insulating III-V Materials" ed.G.J.Rees, Nottingham, p.15, 1980
8. Siegel W., Kuhnel G., Ziegler E., Phys.Stat.Sol. A- Applied Res., 64(1), p.249, 1981
9. Petty M.C., McGinnity T.M., J.Phys.D-Applied Physics, 14(11), p.2107, 1981
10. Tapster P.R., Skolnick M.S., Humphreys R.G., Dean P.J., Cockayne B., Macewan W.R., J.Phys.C-Solid State Physics, 14(33), p.5069, 1981
11. Eaves L., Smith A.W., Skolnick M.S., Cockayne B., J.Appl.Phys., 53(7), p.4955, 1982
12. Fung S., Nicholas R.J., J.Phys.C-Solid State Phys., 15(36), p.7355, 1982
13. Landolt-Bornstein, New Series, Group III, vol.17, subvol. A, Berlin, Springer Verl., p.286, 1982
14. Jimenez J., Gonzalez M.A., Carbayo V., Bonnafé J., Phys.Stat.Sol. A – Applied Research, 77(1), K69, 1983
15. Georgobiani A.N., Mikulenok A.V., Paqnasyuk E.I., Radautsan S.I., Tiginyanu I.M., Sov.Physics Semicond.-USSR, 17(4), p.370, 1983
16. Georgobiani A.N., Mikulenok A.V., Stoyanova I.G., Tiginyanu I.M., Phys.Stat.Sol. A – Applied Research 80(1), p.109, 1983
17. Uegand B., J.Phys.C-Solid Stat.Phys., 18(19), p.3615, 1985
18. Bishop S.G., "Deep Centers in Semiconductors" ed.S.Pantelidis, Gordon & Breach, N4, p.576, 1985
19. Clerjaud B., J.Phys.C – Solid State Physics, 18(19), 3615, 1985
20. Георгобиани А.Н., Грузинцев А.Н., Озеров Ю.В., Тигияну И.М., Сборник "Модуляционная спектроскопия широкозонных полупроводников (Труды ФИАН им. П.Н. Лебедева 163), ред.М.Д. Галанин – М.,Наука, с.39-100, 1985
21. Voronin S.T., Kravchenko A.F., Sherstyakov A.P., Sov.Phys. Semiconductors-USSR, 20(10), p.1159, 1986
22. Георгобиани А.Н., Микуленок А.В., Панасюк Е.И., Тигияну И.М., Урсаки В.В., Сборник "Люминесценция широкозонных полупроводников" ( Труды ФИАН им.П.Н.Лебедева 182), ред. М.Д. Галанин – М.,Наука, с.124-139, 1987
23. Takanohashi T., Isozumi S., Sugawara M., Nakajama K., Jap.J. Appl.Physics, 26(7), p.1194, 1987
24. Huang K., Wessels B.W., J.Appl.Physics, 64(12), p.6770, 1988
25. Fouquet J.E., Saxena R.R., Patterson G.A., IEEE J.Quantum Electronics, 25(5), 1025, 1989

26. Joshi N.V., Sanchez J.C., Martin J.M., J.Phys. and Chemistry of Solids, 50(6), 629, 1989
27. Picoli G., Gravey P., Ozkul C., Vieux V., J.Appl.Physics, 66(8), p.3798, 1989
28. Fornari R., Kumar J., Appl.Physics Lett., 56(7), p.638, 1990
29. Abedin M.N., Das P., J.Appl.Physics, 68(4), p.1936, 1990
30. Peng C., Sun H.G., Li J.L., Lu J., Chinese Physics, 10(4), p.1048, 1990
31. Iseler G.W., « Properties of Indium Phosphide », INSPEC Datareviews Series N 6, The Institution of Electrical Engineers, London and New York, p.25, 1991
32. Fornari R., J.Electronics Mater., 20(12), p.1043, 1991
33. Nakamura S., Hibiya T., Intern.J.Thermophysics, 13(6), p.1061, 1992
34. Wolf T., Drews D., Scheffler H., Bimberg D., Mosel F., Kipfer P., Muller G., J.Appl.Phys., 73(1), p.226, 1993
35. Lee T.C., Au H.L., Chen T.P., Ling C.C., Fung S., Beling C.D., Semiconductor Science and Technology, 8(5), p.709, 1993
36. Turki K., Picoli G., Viallet J.E., J.Appl.Phys., 73(12), p.8340, 1993
37. Muller C., J.Appl.Phys., 73(1), p.226, 1993
38. Onopko D.E., Bagraev N.T., Ryskin A.I., Fizika Tverdogo Tela, 37(8), p.2376, 1995
39. Zhao Y.W., Dong H.W., Jiao J.H., Zhao J.Q., Lin L.Y., Jap.J.Appl. Physics, 41(4A), p.1929, 2002
40. Uchida M., Physica Status Solidi B-Basic Res., 231(1), p.157, 2002

Цитатите върху други публикации от тази група ще бъдат представени в отделно приложение.

Успехите на научните резултати в международен мащаб бяха забелязани от Академичното ръководство на СУ "Кл.Охридски" по това време и за това през 1988 година бях награден с юбилейния почетен медал "100 години СУ "Кл.Охридски".

В няколко публикации взеха участие двама мои монголски докторанти: L.Demberel и S.Chadrabal, които са включени техните дисертации, затова имената им са на първо място в научните трудове.

Върху значителна част от трудовете по изследване на дълбоки центрове в АЗБ5 полупроводникови материали и техни твърди разтвори е написана дисертацията ми за **доктор на физическите науки** на тема: "Дълбоки нива, образувани от точкови и комплексни дефекти в

полупроводникови съединения АЗВ5 и влиянието им върху оптоелектронните свойства”, защитена през 1990 година.

През 2001 година излезе от печат третата ми монография [4] “Дълбоки центрове в АЗВ5-полупроводници (Физическо материало-знание в оптоелектрониката)” в поредицата “Университетска библиотека”, Университетско издателство “Св.Кл.Охридски”. Тук са включени много публикации по дълбоки центрове и структурни дефекти, влияещи върху квантовата ефективност на полупроводниковите оптоелектронни прибори. Монографията веднага беше включена като учебно пособие в две магистърски програми на физическия факултет.

#### **IV.Изследване на деградационни процеси в оптоелектронни полупроводникови материали и прибори**

В по-ранните етапи на развитие на полупроводниковата оптоелектроника беше забелязано, че с течение на времето намалява квантовата ефективност на излъчватели и фотоприемници, монохроматичността на светодиодите се нарушава, а кохерентността на лазерните диоди изчезва. Много научни колективи започнаха системни изследвания на причините, водещи до деградация на оптоелектронните прибори и за начините на тяхното отстраняване. Ние бяхме първи в страната, които започнахме подобни изследвания, благодарение на факта, че създавахме тези прибори с помощта на конструирания апаратури, развитите технологии за получаване на оптоелектронни материали и натрупания опит в изследването на дълбоките центрове. Към този период могат да се отнесат следните публикации и разработки:[13,14,16,19,31,35,36,40,41,44,45,47,51,56,66,73,123,131,132,165,168], където бяха разработени многофакторни експерименти и проведен статистичен анализ на причините, предизвикващи стареене на материали и прибори и ограничаващи техните времена на живот. Като основни фактори бяха определени: натрупване на дислокационни дефекти в областта на пространствен заряд на р-п преход или хетеропреход и дифузия на метални атоми с малък ковалентен радиус и акумулирането им върху структурните дефекти. Беше предложен физичен модел на този процес и публикуван в [31] (Роров А., Phys.Stat.Sol.(a), 81, p.669, 1984), който по-късно бе разширен и допълнен [35]. Беше доказано, че деградационните процеси се активират преди всичко от работната температура на полупроводниковия прибор, електричното поле, локализирано в областта на пространствен заряд и плътността на структурните



дефекти, пресичащи съответния преход. Получените резултати бяха цитирани от научни колективи, работещи по тези проблеми и включени в пета глава на монографията “Дълбоки центрове в АЗВ5 полупроводници”.

Най-важният резултат от тези изследвания е успешното изпълнение широкомащабна програма (2002 г. – 2007 г.) за изследване на деградационни процеси в електронни и контакторни елементи и изолационни материали, включени в системи за управление и контрол на АЕЦ “Козлодуй”, която изцяло беше организирана по мои идеи и под мое научно и практическо ръководство. Бяха изведени основните причини за намаляване на ресурсното време на тези елементи, бяха създадени методики за определяне на техния остатъчен ресурс и беше предложен общ физичен модел на деградация на електронното оборудване. **Разрешените резултати** са отразени в следните разработки и публикации: [ 111,112,113,146,147,148,171,172,173,174] и са докладвани на две национални конференции с международно участие, 6-та Балканска конференция по физика и Американската годишна конференция на регулаторните органи за ядрени централи във Вашингтон -2004 по тяхна специална покана. За съжаление финансовите ефекти от такива разработки не се съобщават и са собственост на АЕЦ.

Научните резултати, обобщените изводи и създадените методики оформени като монография [8] «Изследване на деградационни процеси в електронното оборудване на АЕЦ», издадена от Университетско издателство 2011 година. На основата на извършените научни изследвания по предложение на Борда на директорите на АЕЦ “Козлодуй” през 2003 година беше подготвен 45 часов курс лекции със семинарни занятия за магистърската програма на физическия факултет на СУ”Св.Кл. Охридски” “Ядрена техника и ядрена технология” на тема:”Деградация на електронно оборудване в АЕЦ”, на който съм титуляр и до сега.

## ВТОРИ РАЗДЕЛ

Тук са включени **разрешените научни публикации и получени резултати** от космическия експеримент “Климент – Рубидий”, посветен на 100- годишнината на СУ”Св.Кл.Охридски”, включен в проекта “ШИПКА” за полета на Втория български космонавт Александър Александров. В периода 1985 г.- 1988 г. ми беше

възложено от Ректорското ръководство и Националния комитет за честване на годишнината да подготвя и проведе технологичен експеримент за получаване на кристали от суперйонния материал  $\text{RbAg}_4\text{J}_5$  (сребърно-рубидиев йодид) в условия на микрогравитация. Това беше продиктувано от факта, че монокристали от това съединение могат да се използват като твърд електролит, който да се използва за конструиране на твърдотелни акумулатори с огромен капацитет, на практика с безкрайно време на живот и миниатюрни габарити. Този тип елементи намериха по-късно изключително широко приложение при хранване на електронно космическо оборудване. Получаването на такива кристали се подготвяше за първи път в историята на космическото материалознание, затова успешните резултати от тригодишната подготовка бяха истинска сензация. При посещението на тогавашния френски министър на научния прогрес (бивш космонавт) беше подарен един образец след съответно разрешение. Научният успех беше оценен достойно на академично и правителствено ниво, за което през 1988 г. бях награден с почетен знак на СУ "Кл.Охридски" I степен, почетен медал и грамота на БАН, орден "Кирил и Методий" II степен и почетен медал на центъра за управление на полета на СССР. Към този раздел се отнасят следните публикации, отразяващи подготовката и провеждането на експеримента [50,54,55,57,60,68,85,93,96,137,138,141,142,145 ], в които са описани някои свойства на кристала, сравнени със същите, определени от наземен експеримент. Беше установен най-важният факт, че в условия на микрогравитация е възможно да се намали силно сегрегационния коефициент на сребърните йони, определящ се от различните атомни тегла на рубидиевите и йодните атоми. Това даде възможност да се получат монокристали със строеж на елементарна клетка, близък до идеалния, което в земни условия е почти невъзможно. Тъй като паралелно с космическия експеримент се провеждаше същият, по същото време и при същите условия, ние разполагахме с два вида кристали – космически и земни, което даде непритворчиви данни за влиянието на микрогравитацията.

На основата на двата вида кристали бяха създадени електролитни клетки [58,67], които показаха съществена разлика между структурите на елементарните клетки. Това показва необходимостта от намиране на условия, които биха позволили и на земята да се получи структура, не препятстваща свободното движение на сребърните атоми под въздействие на електрично поле. За целта беше подготвен и осъществен експеримент за получаване на кристали от  $\text{Te-CuJ-AgJ}$ , които трябваше според нашите теоретични модели да имат устойчива

кристална решетка с отворени канали за движение на сребърни йони [65,76,84,99,]. Получените образци показаха едновременно свойства на твърди електролити и полупроводници със специфична зонна структура, подходяща за конструиране на инфрачервени фотоприемници. Такъв уникален материал с комплексни свойства можеше да намери универсално приложение, но това изискваше големи инвестиции, каквито в момента липсваха, затова изследванията прекъснаха. Тези резултати са актуални и в момента, но е необходимо да бъдат намерени необходимите средства и заинтересовани среди. През 2006 година на пресконференция споменах за този материал и предизвиках бизнес-внимание, което дава основание за бъдещи изследвания с практическа насоченост.

След изтичане на 20-годишния срок за запазване на технологични тайни научно-експерименталните резултати, изводи, подготовката и провеждането на експеримента бяха представени в монография [7] : «Получаване на суперйонни кристали от  $RbAg_4J_5$  в условия на микрогравитация», издадена от Университетско издателство през 2011 година.

### ТРЕТИ РАЗДЕЛ

Тук отнасям публикациите, свързани с популяризиране на новите научни постижения към дадения момент в областта, в която работя и лекции на международни школи, които съм изнасял. Тези трудове предимно третираат собствени или чужди постижения в полупроводниковата оптоелектроника и представят новите тенденции на развитие. Като такива могат да се причислят следните позиции [1,5,50,72,83,88,89,90,91,97], където се прави компетентен обзор на нови прибори, елементи и системи като: полупроводникови излъчватели, оптоелектронни интегрални схеми, интегрални оптични усилватели и модулатори, CCD-матрици, свойства на меката материя и други. Към тази група причислявам [5] - Сборник на научните трудове на преподавателите от СУ"Св.Кл.Охридски" за периода 2000-2003 година, издаден под моя редакция ( в моя мандат на Зам.Ректор по научно-изследователска дейност), с което беше направен опит за компактно представяне на научната продукция на СУ"Св.Кл.Охридски".

В следващата група включвам серия от публикации по въпроси на висшето образование и влиянието на върховите технологии, развитие на науката и създаване и израстване на научния потенциал

[6,104,105,106,107,108,110 ]. Мненията в тях са изразени пред научни и обществени форуми и защитават моята научна и гражданска позиция през голям период от време по тези въпроси. Тук не включвам значително количество интервюта в печатни и електронни медии, искам конкретно да наблегна само за провеждане на научна лектория по радио “Христо Ботев”, програма “Знание”, която лично съм подготвял, както тематично, така и текстово. Заглавията на лекциите са представени в библиографската справка [ 186-191]

## **НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ РАЗРАБОТКИ**

Заглавията на най-важните от тях ( 35 броя ) са представени в отделен раздел в библиографията на научните ми трудове [156-182] за период от около 30 години и е трудно да се направи оценка на финансовите постъпления, но за участието в 5-та, 6-та и 7-ма рамкови програми [181\*\*\*] са документирани 3,2 милиона евро, а за контракти с АЕЦ-Козлодуй [178-180] - над 555 хиляди лева (2002 -2008 година), което за мене е достатъчен бизнес-успех. Тази изява е отлично съчетана с научните успехи, резултати и постижения и документации, представени в съответните научни документации.