

УДК 534.2: 535.551: 53.082.5

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ С. В. БОГДАНОВА

© Б. И. Кидяров¹, Е. А. Колосовский¹, А. В. Царев^{1,2},
И. Г. Неизвестный¹, А. Л. Асеев^{1,2}, А. В. Латышев^{1,2},
А. В. Чаплик^{1,2}, А. В. Двуреченский^{1,2}

¹Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН,
630090, г. Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 13

²Новосибирский государственный университет,
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2
E-mail: tsarev@isp.nsc.ru

Посвящается известному учёному-физику, основателю школы акустоэлектроники и акустооптики, члену-корреспонденту РАН Сергею Васильевичу Богданову в связи со столетием со дня рождения (02.08.1921–14.02.2017).

Ключевые слова: акустоэлектроника, акустооптика, пьезоэлектрик, акустическая волна.

DOI: 10.15372/AUT20210513

Введение. Сергей Васильевич Богданов, доктор физико-математических наук (1965 г.), профессор (1972 г.), член-корреспондент АН СССР (1979 г.), является специалистом в области физики твёрдого тела, акустоэлектроники и акустооптики. Родился 2 августа 1921 г. в Ростове-на-Дону. После окончания электромеханического факультета Московского энергетического института (МЭИ) (1947 г.) С. В. Богданов работал в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН, Москва), затем в Институте физики полупроводников (ИФП) СО АН СССР (1963 г., г. Новосибирск), где был заведующим лабораторией, с 1994 г. — советник РАН и Сибирского отделения РАН, профессор кафедры физики полупроводников (1969–1985 гг.) Новосибирского государственного университета.

Начало пути. Сергей Васильевич Богданов активно работал до 95 лет. Как всё началось? В 1944–1945 гг. в ФИАН СССР Бенцион Моисеевич Вул открыл сегнетоэлектрические свойства в кристаллах титанита бария — первом кислородсодержащем перовските, не содержащем группу ОН-1. С. В. Богданов, являясь учеником Б. М. Вула, активно включился в работу по изучению нового перспективного материала. Не случайно, что ещё в 1949 г. академик А. В. Ржанов, будущий основатель и первый директор Института физики полупроводников РАН, отмечал: «Нам кажется, что наши отраслевые институты должны широко развернуть работу по конструированию различных конкретных видов приборов и оборудования на основе использования аномальных свойств титаната бария, впервые открытых и исследованных в нашей стране» [1]. С. В. Богданов с успехом работал в этом направлении и защитил в 1950 г. кандидатскую диссертацию [2]. Данная работа определила магистральные направления его исследований на десятилетия вперёд, которые он продолжил в Новосибирске, приехав в 1963 г. по приглашению академика А. В. Ржанова. Здесь же С. В. Богданов защитил докторскую диссертацию [3], создал Сибирскую школу акустоэлектроники и акустооптики, был избран членом-корреспондентом АН СССР, а также получил в 1984 г. Государственную премию СССР (в составе авторского коллектива) за создание физических основ акустооптики. Это был плодотворный научный путь, начало которому положено в ФИАН.

Сибирская школа акустоэлектроники и акустооптики. Сибирский этап работы С. В. Богданова дал ряд серьёзных научных результатов, явившихся основой научной школы по акустоэлектронике и акустооптике [4, 5] (рис. 1), в число учеников которой, в разные годы работавших в ИФП СО РАН, входят восемь докторов и пятнадцать кандидатов наук. Большой вклад в развитие этой школы внёс ученик С. В. Богданова — заведующий отделом поверхностных волн ИФП СО РАН доктор технических наук Игорь Борисович Яковкин, ставший лауреатом двух Государственных премий СССР (по акустооптике совместно с С. В. Богдановым) и Государственной премии РФ (по акустоэлектронике).

Разработка спецкурсов по акустооптике и акустоэлектронике, а также чтение лекций С. В. Богдановым и его учениками на физическом факультете Новосибирского государственного университета [6–10] обеспечили подготовку квалифицированных исследователей по данному направлению, многие из которых стали кандидатами и докторами наук. Большую популярность имели проводимые на базе ИФП СО РАН в 70-е гг. регулярные всесоюзные школы-семинары по поверхностным волнам и международные симпозиумы «Поверхностные волны в твёрдых телах и слоистых структурах» (International Symposium on Surface Waves in Solid and Layered Structures (ISSWAS)), главным инициатором и организатором которых выступал д. т. н. И. Б. Яковкин. Данные научные мероприятия привлекали к участию ведущих учёных мирового уровня и способствовали развитию направлений акустоэлектроники и акустооптики.

Важнейшие научные результаты. С. В. Богданов является редактором и соавтором монографии [11], содержащей написанную им главу III «Электрические, диэлектрические, пьезоэлектрические и акустические свойства кристаллов иодата лития». В ней представлены данные по свойствам гексагональных ацентричных кристаллов (класс 6) через матрицу равновесных свойств, включающих связь механических напряжений, напряжённости электрического поля, изменения энтропии с упругими, пьезоэлектрическими и пироэлектрическими постоянными, температурными коэффициентами напряжения, диэлектрической проницаемостью, теплоёмкостью на единицу объёма и изменением температуры. В результате проведённого детального анализа сделан вывод о принадлежности кристалла альфа-иодата лития к пироэлектрическому классу, однако сегнетоэлектриком он не является [12, 13].

К важнейшим результатам относится установленная взаимосвязь между упругими постоянными и пьезоэлектрическими константами кристаллов альфа-иодата лития, их зависимость от направления среза в кристаллах. В результате указан оптимальный простой Z-срез, в котором скорость распространения поверхностной волны не зависит от направления распространения. Общий анализ свойств акустооптических материалов и устройств на их основе представлен в [14].

28–29 мая 1970 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева состоялся семинар, посвящённый 25-летию открытия Б. М. Вулом сегнетоэлектрических свойств в кристаллах титаната бария. С. В. Богданов представил на пленарном заседании семинара доклад [15], который во многом базируется на результатах его докторской диссертации [3] и в котором сформулированы 6 значимых для физики твёрдого тела и физики сегнетоэлектриков следствий этого открытия:

1. Появился новый класс кислородно-октаэдрических сегнетоэлектриков, стимулирующий дальнейшие открытия сегнетоэлектриков в существенно большем классе материалов.

2. Показано, что пьезо- и сегнетоэлектричество возможны в ориентированных поликристаллических материалах.

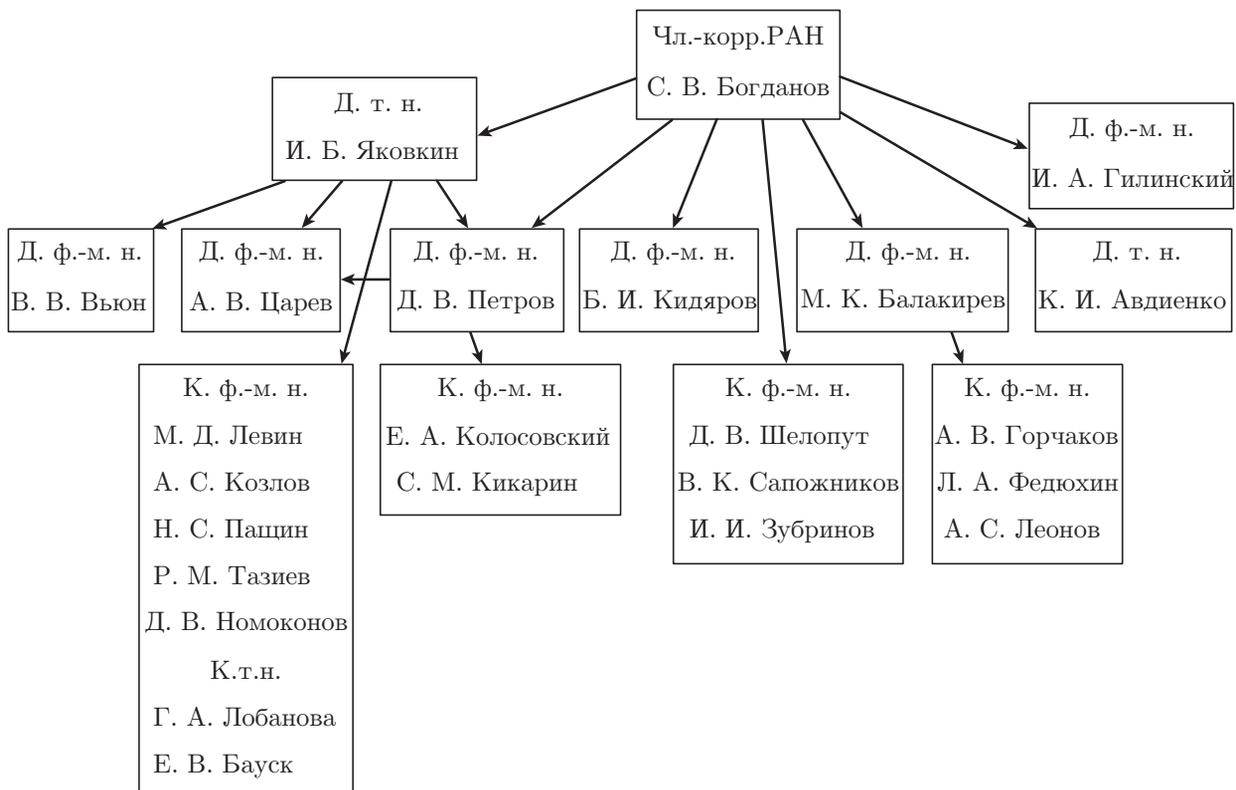
3. Простая тетрагональная симметрия $4mm$ кристаллов и её устойчивость до 120°C облегчила развитие теории и экспериментальное изучение физики сегнетоэлектриков.

4. Высокая диэлектрическая проницаемость и её нелинейность способствовали практическому использованию титаната бария, его легированных модификаций и соединений

a

С. В. Богданов

И. Б. Яковкин

b

Сибирская школа акустоэлектроники и акустооптики: *a* — её основатели С. В. Богданов и И. Б. Яковкин; *b* — представители, получившие учёные степени и работавшие в Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН

на его основе в различных технических устройствах.

5. Весь комплекс физических свойств титаната бария (негигроскопичность, лёгкий синтез, механическая прочность, устойчивость ко многим агрессивным средам) стимулировали исследование как монокристаллов, так и многокомпонентной керамики на его основе.

6. Создание керамики, поляризованной высоким электрическим полем, позволило изготавливать изделия разнообразной формы, обладающие гигантским пьезоэлектрическим эффектом.

Совместно с сотрудниками Института геологии и минералогии СО АН СССР под руководством С. В. Богданова была проведена работа по использованию монокристаллов прустита (Ag_3AsS_3) в акустооптических устройствах [16]. Изучены акустооптические свойства нового материала — монокристалла КРС-5 [17, 18], а также образование и исследование свойств кристаллов твёрдых растворов $\text{Li}_{1-x}\text{H}_x\text{IO}_3$ [19]. Показано, что максимум пьезоэлектрических свойств наблюдается при небольшом содержании HIO_3 ($x \sim 0,2\%$).

С. В. Богданов является соавтором 20 изобретений, в том числе по созданию материалов для акустоэлектрических и акустооптических устройств. Работы С. В. Богданова широко цитируются в основных монографиях по сегнетоэлектрикам и антисегнетоэлектрикам [20, 21].

В монографии «Акустооптические методы измерения скорости звука» [22] Сергей Васильевич в полной мере представил полученные результаты в виде связанных основополагающих частей из разделов математики и физики, необходимых для раскрытия акустооптических методов измерения звука в твёрдых телах, кристаллических и изотропных. Материал книги представлен таким образом, что может использоваться как учебное пособие для инженеров-экспериментаторов, научных работников и студентов старших курсов физических вузов. Сочетание общности и связанности, подкреплённое математическими уравнениями, характеризует стиль Сергея Васильевича, направленный на глубокое понимание происходящих явлений и закономерностей их проявлений в природе.

Заключение. Творческая жизнь Сергея Васильевича Богданова [23] была яркой, наполненной серьёзными научными достижениями и большим количеством достойных учеников, вносящих заметный вклад в развитие созданной им школы акустоэлектроники и акустооптики. Данная работа может рассматриваться как путеводитель по исследованиям, опубликованным учёным за 65 лет активной научной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ржанов А. В.** Титанат бария — новый сегнетоэлектрик // Успехи физических наук. 1949. **38**, № 8. С. 461–489.
2. **Богданов С. В.** Исследование диэлектрических свойств титаната бария и других поликристаллических материалов в полях сверхвысокой частоты: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: Физический ин-т им. П. Н. Лебедева Академии наук СССР, 1950. 7 с.
3. **Богданов С. В.** Пьезоэффект в поликристаллическом титанате бария: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Новосибирск: Ин-т физики полупроводников СО АН СССР, 1965. 26 с.
4. **Балакирев М. К.** Немного об акустооптике и акустоэлектронике // 40 лет Институту физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук / Отв. ред. И. Г. Неизвестный. Новосибирск, 2004. С. 169–171.
5. **Царев А. В.** Акустоэлектроника в Сибири — взгляд изнутри // 40 лет Институту физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук / Отв. ред. И. Г. Неизвестный. Новосибирск, 2004. С. 172–176.

6. **Вершинина Н. В.** Кафедра физики полупроводников НГУ в ИФП // 40 лет Институту физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук /Отв. ред. И. Г. Неизвестный. Новосибирск, 2004. С. 293–300.
7. **Богданов С. В.** Основы акустоэлектроники: Учеб. пособие для студентов-физиков. Новосибирск: НГУ, 1977. 98 с.
8. **Богданов С. В., Балакирев М. К.** Основы акустоэлектроники: нелинейные эффекты: Учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 1978. 76 с.
9. **Яковкин И. Б.** Возбуждение акустических поверхностных волн: Учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 1980. 91 с.
10. **Мезенцева Н. С., Неизвестный И. Г.** Подготовка кадров высокой квалификации // 40 лет Институту физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук /Отв. ред. И. Г. Неизвестный Новосибирск, 2004. С. 311–315.
11. **Авдиенко К. И., Богданов С. В., Архипов С. М. и др.** Иодат лития. Выращивание кристаллов, их свойства и применение /Под общ. ред. чл.-корр. Академии наук СССР С. В. Богданова. Новосибирск: Наука, 1980. 144 с.
12. **Богданов С. В.** Экспериментальный критерий сегнетоэлектричества // Физика твёрдого тела. 1963. **5**, № 3. С. 811–818.
13. **Богданов С. В.** Нелинейность диэлектрической поляризации и сегнетоэлектрические свойства материалов // Физика твёрдого тела. 1963. **5**, № 3. С. 807–810.
14. **Богданов С. В., Шелопут Д. В.** Материалы для акустооптических устройств // Свойства материалов, используемых в устройствах оптоэлектроники. Красноярск: Институт физики СО АН СССР, 1975. С. 46–67.
15. **Богданов С. В.** Значение открытия сегнетоэлектрика титаната бария для науки и техники // Титанат бария. М.: Наука, 1973. С. 7–10.
16. **Бадиков В. В., Богданов С. В., Годовиков А. А. и др.** Монокристаллы прустита как материал для акустооптических устройств // Акустический журнал. 1971. **17**, № 2. С. 300–301.
17. **Мастихин В. М., Богданов С. В., Дарвойд Т. И. и др.** Акустооптические характеристики монокристаллов КРС-5 // Оптико-механическая промышленность. 1977. **44**, № 8. С. 36.
18. **Богданов С. В., Мастихин В. М., Шелопут Д. В.** Акустооптические свойства монокристаллов КРС-5 // Акустический журнал. 1987. **33**, № 1. С. 98–101.
19. **Авдиенко К. И., Богданов С. В., Кидяров Б. И.** Диэлектрические и пьезоэлектрические свойства кристаллов $\text{Li}_{1-x}\text{H}_x\text{IO}_3$ // Кристаллография. 1989. **34**, вып. 4. С. 909–912.
20. **Иона Ф., Ширане Д.** Сегнетоэлектрические кристаллы. М.: Мир, 1965. 442 с.
21. **Смоленский Г. А., Боков В. А., Исупов В. А. и др.** Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. Л.: Наука, 1971. 476 с.
22. **Богданов С. В.** Акустооптические методы измерения скорости звука /Отв. ред. А. В. Царёв. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 142 с.
23. **Учёный**, влюблённый в жизнь. Сергей Васильевич Богданов /Отв. ред. И. Г. Неизвестный; ред. Н. В. Дмитриева. Новосибирск: Параллель, 2021. 182 с.

Поступила в редакцию 02.09.2021

После доработки 02.09.2021

Принята к публикации 20.09.2021