

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

530

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
И АСТРОНОМИИ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР  
(Баку, 19—21 мая 1969 г.)**

19—21 мая в г. Баку состоялась выездная научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР совместно с Отделением физико-технических и математических наук Академии наук Азерб. ССР, Институтом физики АН Азерб. ССР, Шемахинской астрофизической обсерваторией АН Азерб. ССР и Научным советом по физике и химии полупроводников АН СССР.

На сессии были заслушаны два обзорных доклада:

1. В. Келдыш, Электронные спектры полупроводников и переход в металлическое состояние.
- И. С. Шкловский, Пульсары.  
Были прочитаны научные доклады:
  1. Н. И. Ибрагимов, Г. М. Алиев, Д. Ш. Абдинов, Ш. О. Мамедов, С. И. Мехтиева, О некоторых итогах исследования селена.
  2. Г. Б. Абдуллаев, З. А. Алиярова, Г. А. Асадов, Э. Н. Заманова, А. Л. Шабалов, Электрические свойства некоторых халькогенидов в контакте с металлом.
  3. Ф. М. Гашимазов, Ю. М. Сеидов, Спектр элементарных возбуждений в магнитоупорядоченных кристаллах (карбонаты переходных металлов).
  4. Г. Д. Гусейнов, Некоторые итоги и перспективы поиска сложных полупроводников-аналогов.
  5. Г. Б. Абдуллаев, В. Б. Антонов, Р. Х. Нани, Э. Ю. Салаев, Т. Э. Мехтиев, Рекомбинационное излучение в некоторых широкозонных полупроводниках под действием пучка быстрых электронов.
  6. И. М. Копылов, Результаты исследований по физике звезд в САО АН СССР за последние два года.
  7. Г. Ф. Султанов, Особенности структуры кольца малых планет и пути их объяснения.
  8. И. А. Асланов, З. А. Исмаилов, Н. Б. Ибрагимов, С. М. Азимов, Некоторые результаты, полученные на 2-м телескопе.
  9. Р. Э. Гусейнов, О динамических процессах, приводящих к генерации корональных образований.
  10. Г. И. Аббасов, Применение электронных цифровых вычислительных устройств к обработке спектрограмм.

Ниже публикуется краткое содержание научных докладов.

**Н. И. Ибрагимов, Г. М. Алиев, Д. Ш. Абдинов, Ш. В. Мамедов, С. И. Мехтиева. О некоторых итогах исследования селена**

Физические свойства селена таковы, что даже не очень чистый селен находит широкое применение в поликристаллическом и аморфном состояниях. Исследованию селена посвящено большое количество работ, однако до последнего времени многие его свойства не нашли достаточно полного объяснения. Совершенно не рассмотрены процессы донорно-акцепторного взаимодействия в селене и влияние термической предыстории и кислорода на свойства материала.

Исследование селена в ФИАН Азерб. ССР началось с изучения физических процессов в селеновых выпрямителях. Цикл работ, проведенных Г. Б. Абдуллаевым, позволил установить, что  $p-n$ -переход в селеновых выпрямителях возникает на гра-

нице селена (полупроводник  $p$ -типа) и селенида кадмия (полупроводник  $n$ -типа) при контакте кадмия с селеном даже при комнатных температурах. Это дало возможность создать выпрямители со значительно улучшенными характеристиками посредством искусственного нанесения слоя  $n$ -полупроводника, что привело к заметному сдвигу в отечественном производстве выпрямителей.

Методом радиоизотопов была изучена диффузия и электроперенос ряда элементов в селене. Результаты этих работ углубили наши представления о процессах электро- и термоформовки и позволили улучшить режим ее проведения.

Большой цикл работ был посвящен изучению электрических, термоэлектрических, тепловых, механических, оптических и магнитных свойств аморфного и кристаллического селена. Установлено, что аморфный селен — собственный полупроводник  $n$ -типа. При кристаллизации вследствие активизации акцепторных примесей (в основном кислорода) тип проводимости становится дырочным, а селен — примесным полупроводником. Время кристаллизации для перевода селена в дырочный полупроводник зависит от температуры и содержания в нем примеси кислорода. Процесс кристаллизации аморфного селена включает стадии зародышеобразования ( $\Delta E_1 = 17,6$  ккал/моль) и их роста ( $\Delta E_2 = 10,4$  ккал/моль). Кинетика кристаллизации селена хорошо описывается уравнением Авраами — Колмогорова.

Электропроводность кристаллического и жидкого селена растет с температурой экспоненциально, что обусловлено ростом подвижности носителей. Малая величина подвижности и ее экспоненциальный рост с ростом температуры связаны с наличием межмолекулярных энергетических барьеров. При плавлении селена за счет ослабления действия примесных центров и увеличения межмолекулярных расстояний скачком уменьшаются концентрация и подвижность носителей.

Уменьшение или увеличение электропроводности кристаллического селена при введении примесей, а также количество примесей, при котором получается минимум или максимум электропроводности, определяются средством примеси к кислороду. Примеси с ионизационным потенциалом  $U_{\text{пр}}$  меньше, чем у селена  $U_{\text{Se}}$ , образуют электронейтральные молекулы с кислородом и уменьшают проводимость селена, а примеси с  $U_{\text{пр}} > U_{\text{Se}}$  не взаимодействуют с кислородом и, образуя локальные уровни, увеличивают проводимость. На рис. 1 приведены зависимости  $\lg(\sigma_{\text{min}}/\sigma)$

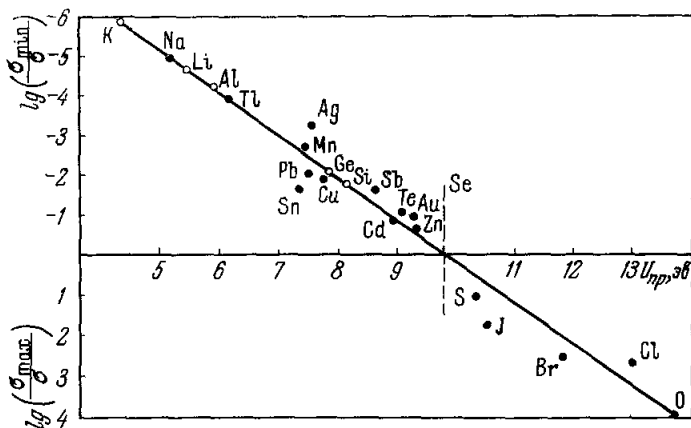


Рис. 1.

и  $\lg(\sigma_{\text{max}}/\sigma)$  от  $U_{\text{пр}}$ ; здесь  $\sigma$  — электропроводность чистого необескислороженного селена,  $\sigma_{\text{min}}$  и  $\sigma_{\text{max}}$  — экстремальные значения электропроводности на графике концентрационной зависимости  $\sigma$ .

Теплопроводность аморфного селена линейно растет с температурой, претерпевая в точке стеклования ( $\sim 31^\circ\text{C}$ ) скачок ( $\sim 40\%$ ). Последнее связано с появлением вращательных колебаний в отдельных звеньях длинных цепей селена. Изменяя межмолекулярную связь введением различных примесей, удается варьировать температуру стеклования, а это расширяет область технической применимости аморфного селена.

Было установлено, что до  $80^\circ\text{C}$  тепло в кристаллическом селене переносится акустическими фононами, а выше переносится и фотонами.

Из-за ненасыщенности связей на концах цепей селена возникают неспаренные электроны, для изучения которых был привлечен метод ЭПР. Оказалось, что в селене наблюдается сигнал с  $g = 2,0035 \pm 0,0005$  и  $\Delta H_m = 5-6$  э. В исходном чистом мате-

риале ЭПР поглощение отсутствует независимо от того, находится ли селен в виде порошка или монолитного куска, хотя наличие цепей не может вызывать сомнения. Во всех случаях сигнал возникал только в присутствии акцепторных примесей (кислорода, йода, брома), большого отношения поверхности к объему и после предварительной термообработки.

На рис. 2 представлена зависимость  $I/I_{ст}$  от температуры термообработки  $T_{обр}$ . Максимальная концентрация ЭПР центров  $\sim 10^{17}$  см<sup>-3</sup>. Анализ зависимости  $I$  от  $T_{обр}$  показывает, что процесс образования ЭПР центров носит активационный характер. Совокупность данных позволила заключить, что наиболее вероятной причиной ЭПР поглощения в селене являются состояния с переносом заряда, образующиеся в результате донорно-акцепторного взаимодействия цепей селена с акцепторными молекулами кислорода и галогенов. Из рис. 2 видно также, что после термообработки при  $T_{обр} \sim 600^\circ$  С сигнал становится ненаблюдаемым — происходит необратимый распад парамагнитных центров из-за химического связывания акцептора с селеном. Характер изменения ширины линии с  $T_{обр}$  указывает на наличие обменного сужения из-за повышенных локальных концентраций парамагнитных центров, обусловленных неравномерным их распределением в образце. В процессе охлаждения жидкого селена, по-видимому, в нем спонтанно возникают области с более или менее упорядоченной упаковкой молекул, совокупность которых образует определенную надмолекулярную структуру. Минимальный размер таких образований определяется самой природой селена как полимера. Только при таком рассмотрении возможны большие локальные концентрации парамагнитных центров и их неравномерное распределение в селене.

Методами ЭПР и ИК спектроскопии была определена концентрация кислорода в селене, которая оказалась равной  $\sim 0,1$  вес. %.

Представление о существовании надмолекулярных образований и состояний с переносом заряда позволит понять многие свойства селена.

Г. Б. Абдуллаев, З. А. Алиярова, Г. А. Асадов, Э. Н. Заманова, А. Л. Шабалов. Электрические свойства некоторых халькогенидов в контакте с металлом

В последнее время возрос интерес к явлениям в твердом теле, связанным с отрицательным сопротивлением. Отрицательная проводимость наблюдалась многими авторами на тонких оксидных пленках, кристаллических и стеклообразных полупроводниках<sup>1-4</sup>. Большинство авторов связывает появление отрицательного дифференциального сопротивления с процессами двойной инжекции<sup>5</sup> и микронагревом<sup>6</sup>.

Нами были исследованы электрические свойства сравнительно слабо изученных халькогенидных полупроводников и их контакта с различными металлами. Такие соединения являются примесными полупроводниками, обладающими дефектной структурой,  $p$ -типом проводимости, шириной запрещенной зоны  $\Delta E \sim 0,9-2$  эв и концентрацией носителей тока  $10^{18}-10^{20}$  см<sup>-3</sup>.

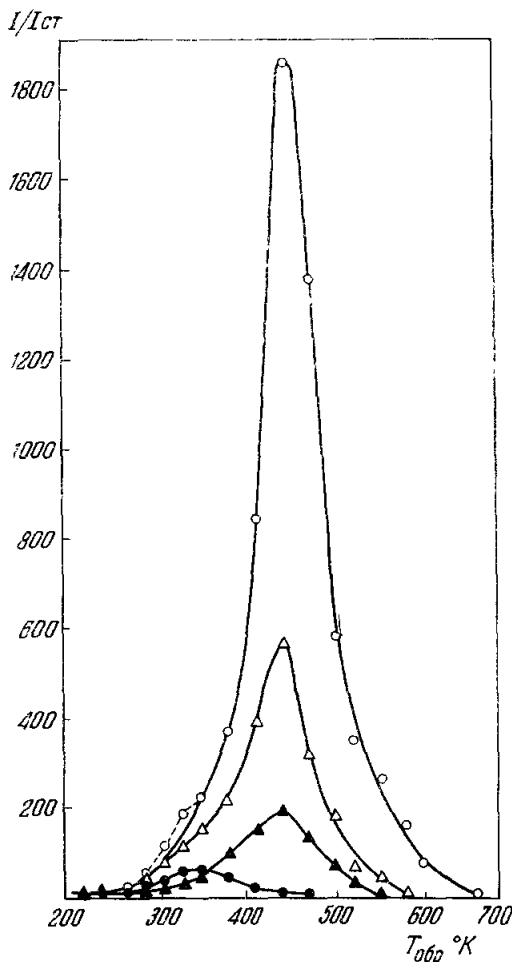


Рис. 2. Зависимость интенсивности ЭПР сигнала в селене от  $T_{обр}$ .

Se B-2, намельченный,  $p = 10^{-4}$  мм Hg;  
Se B-2, гранула,  $p = 10^{-4}$  мм Hg; ● — Se B-2,  $p = 760$  мм Hg; ▲ — Se B-5,  $p = 10^{-4}$  мм Hg.

Контакт таких полупроводников с некоторыми металлами обладает интересным переключающим эффектом. Суть эффекта представлена графически на рис. 1. При пропускании через контакт тока в прямом направлении (за прямое принято такое направление, когда ток течет от кристалла к контакту) наблюдается гистерезис. При обратном направ-

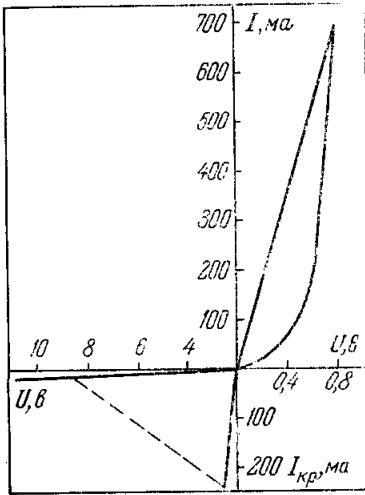


Рис. 1.

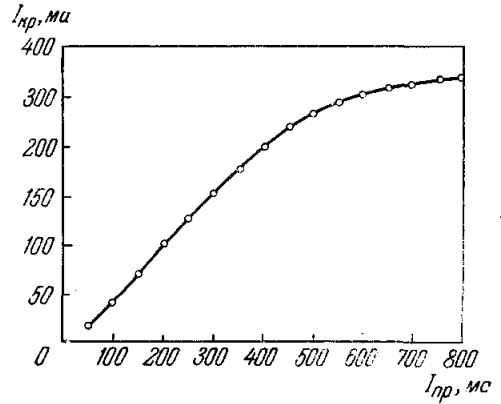


Рис. 2.

лении ток растет пропорционально приложенному напряжению до некоторого критического значения  $I_{кр}$ , при котором сопротивление контакта резко увеличивается и ток скачком уменьшается на несколько порядков. Такое переключение является необратимым и происходит за время меньше 1 мксек.

Сопротивление контакта будет оставаться высокоомным при любом изменении обратного напряжения, вплоть до пробойного. Вывести контакт из высокоомного состояния можно лишь одним способом — пропустить через него ток прямого направления, после чего при обратном направлении тока контакт вновь окажется в низкоомном состоянии.

Интересным оказалось свойство контакта «запоминать» свои состояния в течение долгого времени даже при нулевом смещении. Еще более необычным оказалось то, что величина тока коммутации зависит от максимального значения прямого тока, протекающего через контакт. Пропуская через контакт ток определенной величины в прямом направлении, можно наперед задавать величину тока коммутации  $I_{кр}$ . На рис. 2 приведена зависимость величины тока коммутации от значения тока, протекающего в прямом направлении.

Электрические свойства контакта изучались в широком интервале температур. На рис. 3 приведена динамическая характеристика контакта при различных температурах. Как видно из осциллограмм, с ростом температуры область отрицательного сопротивления уменьшается. Эффект коммутации наблюдается до 400°С, после чего контакт приобретает обычные выпрямляющие свойства и сохраняет их до 500°С. При температуре 120°С контакт становится низкоом-

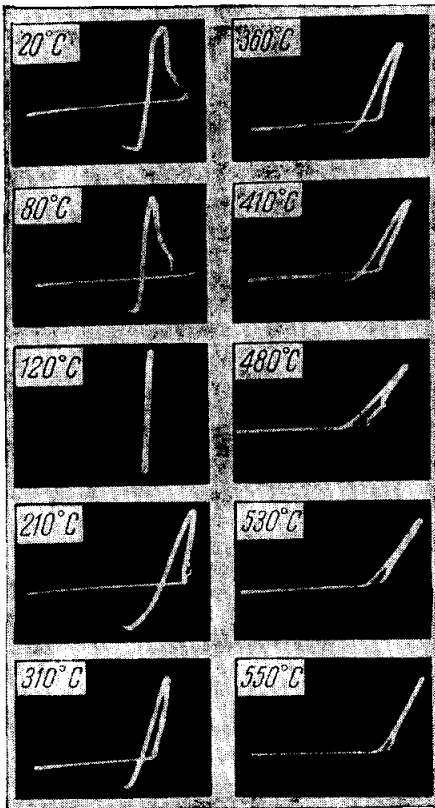


Рис. 3.

ным, что можно объяснить структурным переходом полупроводника из одной моди-

фикации в другую. В контакте металла с некоторыми халькогенидами наблюдался двусторонний управляемый релейный эффект. На рис. 4 приведена вольт-амперная характеристика такого контакта. Контакт первоначально при обоих направлениях тока находится в высокоомном состоянии, при достижении критического напряже-

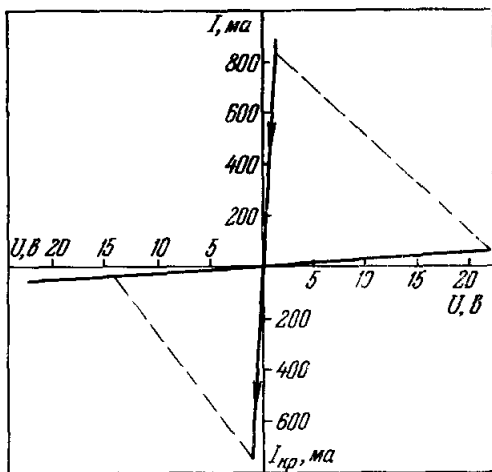


Рис. 4.

ния  $U_{кр}$  в прямом направлении тока сопротивление контакта резко уменьшается и ток скачком возрастает, при этом контакт становится низкоомным при обоих направлениях тока. В обратном направлении, когда ток достигает некоторого критического значения  $I_{кр}$ , сопротивление контакта резко увеличивается и ток скачком уменьшается, контакт вновь переходит в высокоомное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. V. Gunn, Proc. Phys. Soc. B69 (8), 440, 781 (1956).
2. W. R. Veam, A. L. Armstrong, Proc. IEEE 52, 320 (1964).
3. А. Л. Лебедев, В. И. Стафеев, В. М. Тучкевич, ФТТ 26. 2131 (1956).
4. Б. Т. Коломиец, Э. А. Лебедев, Радиотехн. и электрон. 8 (12), 2097 (1963).
5. M. A. Lampert, Proc. IRE 50 (8), 1820 (1962).
6. P. Schnupp, Zs. angew. Phys., Nr. 5, 311 (1963).

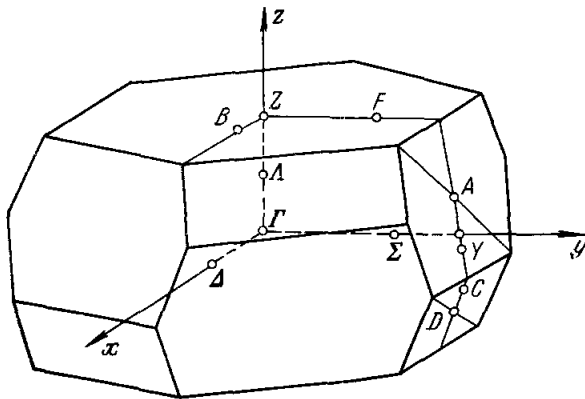
**Ф. М. Газимзаде, Ю. М. Сеидов.** Спектр элементарных возбуждений в магнитоупорядоченных кристаллах (карбонаты переходных металлов)

Теоретико-групповыми методами было исследовано изменение спектра одночастичных состояний в кристаллах  $FeCO_3$ ,  $MnCO_3$ ,  $CoCO_3$  при переходе из неупорядоченной фазы в магнитоупорядоченную, а также спектр новых возбуждений (магнонов). Эти кристаллы обладают ромбоэдрической структурой, зона Бриллюэна которой приведена на рисунке на стр. 508. В упорядоченной структуре  $FeCO_3$  слиты магнитных ионов расположены вдоль ромбоэдрической оси кристалла, а в структурах  $MnCO_3$  и  $CoCO_3$  — перпендикулярно к ромбоэдрической оси на плоскости симметрии и перпендикулярно к плоскости симметрии соответственно. Из таблиц характеров неприводимых представлений соответствующих магнитных пространственных групп определены кратность вырождения и закон преобразования блоховских функций. Учтена симметрия относительно инверсии времени, которая в магнитных кристаллах встречается в комбинации с другими элементами симметрии пространственной группы. Определены места расположения экстремальных точек спектра в k-пространстве путем обобщения критериев Рашбы и Шеки на магнитные пространственные группы. Методом Латинджера и Пикуса найдены законы дисперсии для спиновых волн в произвольной точке зоны Бриллюэна.

В структуре  $FeCO_3$  получено, что вырождение двух ветвей спиновых волн снимается во всех направлениях, за исключением  $\Lambda$ , однако в точке  $A$  на границе зоны Бриллюэна они снова вырождены.

Экстремумы расположены в точках  $\Gamma$  и  $D$ , на линии  $B$ , а также на плоскости  $\Sigma$  вдоль направления  $DA$ , параллельного оси  $z$ .

В структуре  $MnCO_3$  вырождение двух ветвей спиновых волн имеется в точке  $Z$  в точке  $A$ , расположенной на плоскости симметрии. Экстремумы располагаются в тех же точках, что и для  $FeCO_3$ , и, кроме того, в точке  $A$ , не расположенной в плоскости симметрии.



В структуре  $CoCO_3$  вырождение двух ветвей спиновых волн обнаружено вдоль линии  $B$  (оси симметрии расположения спинов). Экстремумы располагаются в точках  $\Gamma$ ,  $D$ , а также на линии  $A$  и плоскости  $\Sigma$ .

Использованный метод нахождения закона дисперсии магноволн позволяет изучить также влияние внешних полей (магнитного, электрического полей и поля напряжений) на спектр магноволн.

Найденные особенности спектр должны проявиться в оптических спектрах магнитоупорядоченных кристаллов и в выражении для сечения неупругого рассеяния нейтронов в этих кристаллах.

**Г. Д. Гусейнов.** Некоторые итоги и перспективы поиска сложных полупроводников-аналогов

В докладе высказываются дополнительные к существующим принципы для отыскания новых сложных полупроводников-аналогов — рационального замещения по «эквивалентной валентности», эквивалентности дефектных решеток атомно-координационная и полупроводниковая аналогия и т. д. Указывается на возможность существования новых групп сложных полупроводников-аналогов, следующих из предложенных принципов. Ищутся результаты комплексных исследований по определенным группам новых полупроводниковых материалов:  $A^{II}B^{III}X_2^{VI}$ ,  $A^{II}B^{IV}X_2^{VI}$ ,  $A^{III}B^{III}X_2^{VI}$ ,  $A^{IV}B^{III}C_4^{VI}$ ,  $A^{IV}B^{II}C_3^{VI}$ ,  $A^{IV}B^{IV}C_3^{VI}$  и т. д.

Подчеркиваются особенности и перспективы исследуемых материалов. Результаты структурно-физических исследований выявленных сложных полупроводников, в частности, обсуждаются с точки зрения научных гипотез, лежащих в основе их предсказания. Указывается на наличие прямой взаимосвязи между структурно-координационными и полупроводниковыми параметрами.

На основе данной взаимосвязи указывается на возможность по известной ширине запрещенной зоны вести рассуждение о расположении атомов в пределах конкретных кристаллических решеток, и наоборот. Выявлены также закономерности изменения характеристических параметров полупроводников в зависимости от химического состава, строения решетки и параметров составляющих компонент. Указывается, в частности, на периодичный характер функциональной зависимости ширины запрещенной зоны от средней энергии атомизации компонент сложных полупроводниковых фаз.

Предлагается новое уравнение для данной зависимости:

$$\Delta E_g = \left( \frac{z}{N_0} \right)^n \frac{(0,26 \cdot 10^{23})^n}{U_0^{n-1}} C_k \hat{H}_s^n, \quad (1)$$

где  $\Delta E_g$  — ширина запрещенной зоны (в эв),  $\hat{H}_s$  — энергия атомизации (в ккал/г-ат),  $z$  — число атомов в формульной единице,  $N_0$  — число Авогадро ( $6,02 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ ),  $U_0$  — ионизационный потенциал водорода (13,5 эв),  $n$  — показатель степени, пропорциональный числу равнозначных компонент  $\alpha$  ( $n = 3,5 \alpha$ ),  $C_k$  — численный множитель, постоянный для определенных групп материалов. Для эквивалентных трехкомпонентных соединений, в частности, с переходом от группы со средним порядковым номером  $\bar{N}_{k-1}$  к  $\bar{N}_k$ :

$$C_k = \left[ \frac{25 \bar{N}_k - \bar{N}_{k-1}}{12 \cdot 18} \sin \left( \frac{\bar{N}_k - \bar{N}_{k-1}}{18} \frac{\pi}{2} \right) \right] C_{k-1}. \quad (2)$$

Г. Б. Абдуллаев, В. Б. Антонов, Р. Х. Нани, Э. Ю. Салаев, Т. Э. Мехтиев. Рекомбинационное излучение в некоторых широкозонных полупроводниках под действием пучка быстрых электронов

В докладе было сообщено о работах, ведущихся в Институте физики Академии наук Азерб.ССР по изучению рекомбинационного излучения некоторых выращенных в Институте полупроводников под действием пучка быстрых электронов. Эти исследования позволяют дополнить сведения о параметрах полупроводниковых материалов. Изучается влияние примесей, методов роста на спектр, мощность и временные характеристики рекомбинационного излучения тройных соединений  $\text{CdIn}_2\text{S}_4$ ,  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$ ,  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . Изучается влияние качества кристалла на свойства излучения GaSe.

И. М. Копылов. Результаты исследований по физике звезд в САО АН СССР за последние два года

Работы по физике звезд и туманностей в САО АН СССР начаты с 1967 г. после организации тематической научной группы соответствующего наименования.

1. *Звезды Вольфа — Райе*. С. В. Рублевым разработаны теоретически: методика определения электронных температур оболочек звезд Вольфа — Райе, методика оценки относительного обилия водорода и гелия в атмосферах этих звезд, определены абсолютные величины нескольких десятков звезд Вольфа — Райе.

2. *Планетарные туманности*. С. В. Рублевым предложен новый метод расчета теоретического бальмеровского декремента для планетарных туманностей, который дает лучшее согласие с наблюдениями, чем это получалось ранее.

3. Группа сотрудников САО под руководством Ю. В. Глаголевского проводила спектрофотометрическое изучение так называемых «магнитных звезд». Для нескольких звезд того типа определен (Ю. В. Глаголевский) химический состав и физические условия в атмосферах (температуры, турбулентные скорости, плотности и т. п.). Был исследован водородный спектр  $\alpha^2\text{CV}_n$  — замечательной звезды этого типа (в том числе и по спектрограммам с дисперсией 1,3 Å м.м.). Установлена связь изменений интенсивностей водородных линий (ядер линий и последних наблюдаемых номеров бальмеровской серии) с периодом изменения магнитного поля звезды. К. И. Козловой и Р. Н. Кумайгородской дана предварительная интерпретация.

В. В. Леушиным ведется работа по созданию системы количественной трехмерной спектральной классификации звезд этого типа по нескольким сотням спектрограмм 56 звезд этого типа.

4. Статистическое изучение изменений закона вращения горячих звезд в процессе эволюции в пределах главной последовательности показало, что в области расположения магнитных и пекулярных А-звезд нарушается закон постоянства (наблюдаемого) углового момента.

Зависимость средней скорости вращения от массы звезды (для только что сформировавшихся звезд) имеет максимум для звезд В с массами, равными 5—9 солнечным массам, но даже наиболее быстро вращающиеся звезды не достигают критической скорости вращения (И. М. Копылов).

5. Анализ спектрограмм Прокциона, полученных с высокой дисперсией, позволил определить методом кривой роста неизвестные ранее силы осцилляторов свыше 300 линий ионизированных металлов. Точность таких определений сравнима с лабораторной (А. М. Богудлов).

Проведено тщательное спектрофотометрическое изучение четырех холодных звезд спектрального класса К. Определены физические параметры атмосфер и химический состав (Н. Ф. Войханская).

6. Сопоставление «динамических» ускорений силы тяжести на поверхностях сверхгигантских звезд, найденных по массам и радиусам этих звезд, со «спектроскопическими», полученными из сравнения наблюдаемых контуров и интенсивностей водородных линий с теоретическими, показало хорошее согласие. В предыдущих исследованиях расхождение достигало 1,5—2 порядков (И. М. Копылов).

7. Е. Л. Ченцовым показано, что большие дифференциальные смещения линий нейтрального гелия по сравнению с линиями полюв металлов в спектрах сверхгигантов невозможно объяснить эффектом Штарка, а обусловлены они стратификацией и динамикой протяженных атмосфер таких звезд.

8. Ю. П. Коровяковским выполнены теоретические расчеты траекторий газовых потоков в тесных двойных звездах карликового типа, определены скорости встречи потока с оболочкой главной звезды, коэффициенты «точек» встречи и размеры так называемого «горячего пятна».

9. Ю. П. Коровяковский и А. А. Коровяковская во время полугодовой стажировки в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР проводили в сотрудничестве с работниками КраО исследования вспыхивающих звезд типа UV Cet.

В первых двух томах «Известий САО АН СССР» и других изданиях опубликовано и сдано в печать около 15 статей сотрудников САО по физике звезд и туманностей. Научно-исследовательская работа по этим темам велась в САО с учетом предстоящей работы на Большом телескопе. Велась разработка светоприемной аппаратуры к телескопу для проведения исследований по этой проблеме.

#### Г. Ф. Султанов. Особенности структуры кольца малых планет и пути их объяснения

Малые планеты занимают особое место в солнечной системе. Количество их ежегодно возрастает, формы их неправильные и обломочные. Они в основном движутся в кольце, окруженные орбитами Марса и Юпитера. Более того, вся совокупность малых планет подразделяется в зависимости от параметров их движения на ряд отдельных групп (семейств).

Такая структурная особенность семейства малых планет уже вызывает большой интерес среди астрономов. У астрономов давно сложилось мнение о том, что в какой-то мере имеющиеся особенности структуры кольца малых планет могут объясняться той или иной гипотезой о происхождении малых планет.

До сих пор в решении этого трудного вопроса нет ни одной общепринятой гипотезы, хотя с одинаковым успехом дискутируются все имеющиеся гипотезы. В числе их можно упомянуть как старую гипотезу, предложенную Ольберсом еще в 1804 г., согласно которой астероиды являются осколками одной планеты, разорвавшейся на части под действием внутренних или внешних сил, так и известную теорию происхождения солнечной системы, разработанную академиком О. Ю. Шмидтом и его учениками, согласно которой астероиды являются осколками первичной метеоритной материи, которая в результате различных причин не успела слиться в одну массу и образовать одну из больших планет.

Однако большинство астрономов поддерживает гипотезу, согласно которой малые планеты образовались в результате последовательных распадов немногочисленных более крупных первичных тел. Эта гипотеза предложена американским астрономом Койпером в 1906 г. и математически обоснована в серии наших работ.

Давно известно, что кривая распределения астероидов по их суточным движениям имеет несколько минимумов и максимумов, для объяснения которых предложены различные гипотезы. Указанная особенность в распределении астероидов не имеет места для других кеплеровых элементов. Это, вероятно, объясняется тем, что кеплеровы элементы меняются с течением времени в силу возмущений от притяжения со стороны планет, особенно Юпитера.

В своих исследованиях мы отказались использовать кеплеровы элементы и решили выбрать те элементы, которые являются устойчивыми в определенном смысле при постоянно действующих возмущениях.

Применяя теорию вековых и долгопериодических возмущений, разрабатывающуюся на кафедре небесной механики и гравиметрии МГУ и опирающуюся на осредненные варианты ограниченной задачи трех точек Солнце — Юпитер — астероид, мы выбрали большие полуоси орбит, моменты количества движения относительно перпендикуляра к плоскости орбиты Юпитера, константы квазиинтеграла Якоби. Мы использовали также прямоугольные координаты центральных проекций полюсов орбит осколков на плоскость, касательную к небесной сфере в полюсе эклиптики, имея в виду, что эти координаты связаны с неизменяемыми элементами Хироямы.

Для составления каталогов значений указанных элементов подробно произведен статистический анализ, т. е. распределение астероидов по элементам, которые остаются устойчивыми относительно времени. Оказалось, что во всех случаях можно разделить все совокупности малых планет на несколько групп. При этом выявляется такой интересный факт: характер эмпирических распределений, а также все выявленные группы сохраняются, т. е. наличие максимумов и минимумов на кривых распределений не является следствием недостаточности материалов, а представляют существенную особенность совокупности астероидов, которая, вероятно, связана с их происхождением.

Для объяснения выявленных особенностей кольца малых планет нами был произведен прежде всего критический анализ гипотезы Ольберса, т. е. гипотезы о распаде одной планеты, в результате которой образовались малые планеты. Оказалось, что путем распада одной планеты невозможно объяснить эмпирическое распределение малых планет.

Далее была проанализирована гипотеза о последовательных распадах. Предполагается, что первичные крупные тела движутся в поле тяготения Солнца и Юпитера. Рассматриваются три варианта механизма распада, связанные с выбором плоскости движения первичных крупных тел, в предположении о направлениях и величинах относительных скоростей.



Аналитический аппарат небесной механики и вероятностные методы дают возможность выразить элементы орбиты осколков как функции элементов орбит первичного крупного тела, величин относительных скоростей ( $v$ ) и эллиптических координат ( $\beta, \lambda$ ) и получить функции распределения осколков по этим элементам.

Нами также получена функция распределения системы величин ( $a, e$ ) и ( $\Omega, i$ ), а также  $\operatorname{tg} i \cdot \sin \Omega$  и  $\operatorname{tg} i \cdot \cos \Omega$ .

Исследования распределения осколков первичных крупных тел по элементам орбит дополнялись составлением и исследованием распределения осколков по некоторым их физическим характеристикам. В качестве изучаемых характеристик были выбраны средние ( $m_0$ ) и собственные ( $g$ ) звездные величины и составлены распределения осколков по их разностям.

Форма кривых распределения осколков первичных крупных тел зависит от элементов орбит первичных крупных тел, которые вычислены при предположении о том, что астероиды, входящие в выявленные группы, имеют общее происхождение.

Показано, что осколки, полученные в результате последовательных распадов первичных крупных тел, движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам с разными эксцентриситетами, на разных плоскостях в кольце между орбитами Марса и Юпитера.

**И. А. Асланов, З. А. Исмаилов, Н. Б. Ибрагимов, С. М. Азимов.** Некоторые результаты, полученные на 2-м телескопе.

Исследование работы 2-м телескопа ШАО уже полностью закончено. Исследование приемной аппаратуры телескопа по плану заканчивается к концу 1969 г. Коротко перечислим основные технические данные телескопа.

Телескоп работает в трех оптических системах:

- 1) в первичном фокусе  $f = 9 \text{ м}$ , поле  $21' \times 21'$ ;
- 2) в фокусе Кассегрена  $f = 29,5 \text{ м}$ , поле  $7' \times 7'$ ;
- 3) в фокусе Куде  $f = 72 \text{ м}$ , поле  $3' \times 3'$ .

В первичном фокусе имеются: кассетное устройство для прямых фотографий и дифракционный спектрограф с дисперсиями 232; 137; 86; 79; 46;  $29 \text{ \AA/мм}$ .

В фокусе Кассегрена имеются: кассетное устройство для прямых фотографий и два спектрографа — призмевый и дифракционный с дисперсиями: а) 90; 150; 180;  $300 \text{ \AA/мм}$  у  $H$  и б) 10; 15; 25; 30; 37,5;  $75 \text{ \AA/мм}$ . В этом фокусе имеется также электрофотометр.

В фокусе Куде имеется дифракционный спектрограф с дисперсиями 4; 6; 8; 12; 16;  $24 \text{ \AA/мм}$ . Здесь имеется возможность для установки спектроэлектрофотометра.

Постоянная Гартмана для главного зеркала равна 0,13, что говорит о его хорошем качестве.

В настоящее время на телескопе выполняются две темы:

1. Исследование магнитных звезд.
2. Исследование молодых нестационарных звезд.

Эти две темы будут продолжаться до 1975 г. Они рассмотрены и одобрены Советом координации работы больших инструментов Астрономического Совета АН СССР.

Эти темы будут выполняться в сотрудничестве с Германской Академией наук (ГДР), ГАО АН СССР и с Астрономическим Советом АН СССР.

К сегодняшнему дню на телескопе как нашими сотрудниками, так и учеными других советских и зарубежных астрономических учреждений проведено около 800 наблюдений.

Важнейшие, на наш взгляд, результаты, полученные сотрудниками ШАО АН Азерб.ССР, таковы:

*Исследование планет.* 1) На ночной стороне Венеры обнаружены полосы в излучении, которые отождествлены с полосами углекислоты  $\text{CO}_2$ , молекулярного азота  $\text{N}_2$  и циана  $\text{CN}$ . Эти полосы были ранее наблюдаемы Н. А. Козыревым и отождествлены как полосы  $\text{N}_2$ . 2) В кольце Сатурна обнаружены полосы поглощения, которые, по-видимому, принадлежат водяному пару. Здесь же имеется еще несколько полос поглощения, отождествление которых еще не завершено.

*Изучение тесных двойных и других звезд.* Определено: а) влияние газового потока на спектр всей системы; б) влияние возможной физической переменности компонента на эволюцию таких систем; в) наличие асимметричности контуров водородных линий в спектре  $R\gamma$  Lac, полученном в элонгациях.

Проводились наблюдения новых звезд в созвездиях Дельфина и Лисички и обнаружено: а) вторая и третья вспышки у  $N$  Дельфина; б) сложное расщепление линий, некоторые особенности которых ранее не отмечались; в) быстрое изменение лучевых скоростей компонентов; г) раздвоение линий поглощения у новой Лисички.

Основные результаты спектрофотометрического исследования магнитных и молодых нестационарных звезд следующие:

1) У звезды AG Пегаса обнаружено быстрое изменение избыточного ультрафиолетового излучения и интенсивностей эмиссионных линий 4686 He II, 4363 [OIII] и 4340 H.

На одной спектрограмме водородные линии расщеплены на две компоненты эмиссии с поглощением в центре, что, вероятно, свидетельствует о наличии у звезды оболочки в тот момент.

Интересно отметить, что за шесть дней до наблюдения оболочки (20—26.X 1967 г.) у водородных линий в спектре AG Пегаса наблюдалось несколько эмиссионных компонент со скоростями от +530 до —600 км/сек.

2) В результате изучения звезд типа Т Тельца, начатого еще до установки 2-м телескопа, было обнаружено движение вещества у звезды RY Тельца со скоростями больше 800 км/сек. Тогда было исследовано три звезды: RW Возничего, RY Тельца и CW Ориона. Исследование в этом направлении продолжалось на 2-м телескопе.

Результаты исследования кратко таковы:

а) Подтверждается ранее сделанный вывод об обратной корреляции между изменением блеска и интенсивностью избыточного коротковолнового излучения.

б) Все физические характеристики звезд, которые удалось определить, изменяются со временем, и эти изменения происходят случайно.

в) У звезды RW Возничего с 1964 г. образовалась оболочка, достаточно плотная, с  $n_e \approx 10^{10}$ . Столь быстрое образование такой оболочки свидетельствует о наличии бурных процессов на поверхности звезды.

г) Эти процессы, видимо, продолжают и теперь, так как на спектрограммах, полученных в 1969 г., видны быстрые изменения контуров, проявление и исчезновение эмиссионных компонент у водородных линий.

д) Эти данные, возможно, подтверждают недавно появившуюся в литературе гипотезу о том, что у звезд типа Т Тельца в настоящее время происходит процесс плазмообразования.

Продолжение начатых исследований предполагается в следующих направлениях:

1. В кооперации с другими звездными телескопами обсерватории, а также с коллегами из ГДР проведение комплексных, а именно одновременных спектральных, электрофотометрических (в системе UVB, а в дальнейшем многоцветной) и поляриметрических, наблюдений нестационарных и магнитных звезд.

2. Поиск новых возможностей и изготовление аппаратуры для изменения магнитных полей у звезд с большой точностью.

3. Попытки выяснения эволюционной последовательности среди молодых нестационарных звезд.

4. Изготовление для первичного фокуса бесщелевого кварцевого спектрографа и исследование с его помощью слабых нестационарных объектов.

**Р. Э. Гусейнов. О динамических процессах, приводящих к генерации корональных образований**

В настоящее время наиболее правдоподобным механизмом генерации протуберанцев считается механизм конденсации коронального газа вследствие охлаждения из-за теплопроводности и излучения с учетом понижения теплопроводности в магнитном поле.

Мы рассматривали этот вопрос комплексно, применяя указанный механизм к генерации корональных образований, включая и корональные вспышки. При этом на основе большого наблюдательного материала, полученного многими авторами, мы исходили из следующих концепций:

1) Корональные вспышки и активные протуберанцы образуются в корональных конденсациях. Процесс генерации этих образований обязан вспышечноактивным группам солнечных пятен, изменения магнитного поля и движения которых действуют как внешняя причина, а неустойчивость самой конденсации — как внутренняя.

2) Спокойные протуберанцы образуются вне корональных конденсаций, но над активной областью, где корона обладает, по сравнению с остальными, невозмущенными областями, повышенной плотностью, но имеет примерно одинаковую с ними температуру; процесс образования спокойных протуберанцев обязан локальным магнитным полям в такие периоды, когда пятнообразовательная и вспышечная активность, по существу, прекратилась, магнитное поле значительно ослабело.

Нами показано, что до сих пор принятым путем нельзя объяснить образование конденсации в короне. Оказывается, что такой путь, во-первых, не может привести к охлаждению, так как этап сжатия при температуре ниже окружающей должен сопровождаться теплоотдачей от короны; во-вторых, в таком случае трудно объяснить особенность магнитного поля, ответственного за сжатие, ибо такое поле сначала должно расти, а затем спадать с довольно большой скоростью.

До сих пор ни кем не рассмотрена причина сжатия. Поскольку такой причиной могут являться только магнитные силы, при решении задачи мы прежде всего исходили из вполне возможного характера изменения внешнего локального магнитного

поля в короне. Тогда решение уравнения энергетического баланса

$$\frac{3}{2} k \frac{dT}{dt} = kT_0 \alpha (1 + \alpha t)^{-1/3} - \left\{ \frac{2 \cdot 10^{-6}}{n_0 l^2} T_0^{7/2} (1 + \alpha t)^{2/3} [(1 + \alpha t)^{2/3} - 1] + \right. \\ \left. - n_0 (1 + \alpha t) [4,8 \cdot 10^{-23} T_0^{1/2} (1 + \alpha t)^{1/3} + \right. \\ \left. + C(T) T_0^{-1/2} (1 + \alpha t)^{-1/3} + 3 \cdot 10^{-24} T_0^{-1/2} (1 + \alpha t)^{-1/3} + 7,5 \cdot 10^{-25}] \right\} \quad (1)$$

должно быть осуществлено при повторных начальных условиях. Такие повторения решения физически означают повторение процесса сжатия, обеспечивающего указанное выше допустимое поведение магнитного поля, ответственного за сжатие и охлаждение газа в силовой трубке. Начальными условиями являются температура  $T_0$  и плотность  $n_0$ , соответствующие на первом этапе решения (1) условиям в области короны, где начинается сжатие; на следующих этапах сжатия начальные условия соответствуют условиям внутри сжимающейся силовой трубки в момент повторения сжатия,  $l$  — длина трубки — задается. Задается и  $\alpha$  — параметр, характеризующий быстроту сжатия, следовательно, в некотором смысле определяющий характер изменения напряженности магнитного поля.  $C(T) = 5,2 \cdot 10^{-22}$  при  $T = 7 \cdot 10^6$  °К и  $C(T) = 9,25 \times 10^{-22}$  при  $T = 2,5 \cdot 10^6$  °К.

Повторным численным интегрированием уравнения (1) мы нашли  $T(t)$  и, зная, что  $n(t) = n_0(1 + \alpha t)$ , определили поле  $H(t)$ , обладающее особенностями, налагаемыми на поле, обеспечивающее сжатие и охлаждение коронального газа, т. е. генерацию соответствующего коронального образования.

Дальнейшее развитие коронального образования будет зависеть от внутреннего магнитного поля, с одной стороны, препятствующего прогреву, а с другой стороны, с учетом внутренних и внешних причин, обеспечивающего развитие явлений в образованиях.

#### Г. И. Аббасов. Применение электронных цифровых вычислительных устройств к обработке спектрограмм

Как известно, обработка спектрограмм — процесс очень кропотливый, трудоемкий и требующий много времени. Применяя современные электронные цифровые вычислительные устройства, можно полностью автоматизировать этот процесс.

Основными вопросами автоматизации обработки спектрограмм являются: определение длин волн, эквивалентных ширин, параметров контуров спектральных линий.

При определении длин волн спектральных линий ЭЦВМ строит кривую дисперсии на основе исходных линий и определяет длины волн изучаемых линий по их предварительному измеренным положениям на спектрограмме. Точность полученных результатов удовлетворяет требованиям большинства астрофизических задач.

Одновременно с длинами волн находятся значения дисперсий, соответствующих местонахождениям изучаемых линий, и выводятся на перфоленгу<sup>1</sup>. Последняя используется при определении эквивалентных ширин изучаемых линий.

При определении эквивалентных ширин изучаемых линий  $W_\lambda$  аналоговые величины: характеристическая кривая фотопластины, запись спектра в почернениях — преобразуются преобразователем аналог — код и вводятся в машину. Последняя находит интенсивности, соответствующие всем дискретным точкам контура линий. Отметим, что получение дискретных значений и аналоговой записи интенсивностей также представляет интерес для некоторых задач. Поэтому полученные дискретные значения интенсивностей преобразуются преобразователем код — диаграмма, и получается аналоговая запись в интенсивностях.

После получения дискретных значений интенсивностей машина по далеким крыльям линии проводит участок непрерывного спектра (соответствующего данному контуру) по методу наименьших квадратов, квадратичной интерполяцией. Затем определяются дискретные значения остаточных интенсивностей, которые печатаются и параллельно выводятся на перфоленгу для получения контура линии преобразователем код — диаграмма. Дальше определяется  $W_\lambda$  по формуле

$$W_\lambda = S \, d\lambda/dx, \quad (1)$$

где  $S$  — площадь контура,  $d\lambda/dx$  — линейная дисперсия<sup>2</sup>. Кроме  $W_\lambda$  определяются полуширины  $l$ , центральная глубина  $R_{\max}$  линий.

Точность определения этих величин составляет:  $W_\lambda \sim 10\%$  для слабых,  $\sim 5\%$  для сильных; точность  $l \sim 14\%$  для слабых,  $\sim 5\%$  для сильных,  $R_{\max} \sim 7\%$  для слабых,  $\sim 2,5\%$  для сильных линий.

В качестве ЭЦВУ использованы: ЭЦВМ «Минск-22», преобразователи аналог—код и код—аналог, разработанные в Институте нефтехимии им. Азизбекова и обладающие точностью 1%.

В качестве исходного материала использованы спектры, полученные С. М. Азимовым на 2-м телескопе ШАО и Е. Л. Ченцовым в КраО.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. А б б а с о в, Астрон. ж. (1969).
2. Г. И. А б б а с о в, Астрон. ж., № 5, 1077 (1969).