

ских характеристиках электромеханической виброкомпенсирующей машины доложили А. С. Князев и Б. Д. Тартаковский. В докладах Н. А. Пикулева (Свердловск) был изложен расчет динамического гасителя колебаний при расстройках и многорезонансной виброизоляции оборудования. Статистические методы оценки эффективности средств вибро- и шумозаглушения были предметом доклада Т. Д. Кудрявцевой и Б. Д. Тартаковского.

Часть докладов была связана с изучением акустических характеристик материалов. А. А. Александров, В. И. Иванов и Г. С. Росин (Челябинск) доложили о разработанном ими приборе для измерения звукоизоляционных свойств рулонных полов по продолжительности удара молотка ударной машины. В докладе П. К. Бизянова, С. И. Карпова, А. Н. Клещева и Г. С. Росина приведено описание четырех новых приборов для измерения акустических свойств упругих материалов. И. П. Блохина, А. И. Герасимов, Э. М. Лалаев и Н. Н. Федоров (Москва) сообщили в своих докладах результаты исследований динамических модулей упругости звукоизоляционных материалов. Л. Н. Клячко, В. В. Мокшанцев и Г. С. Росин доложили результаты исследования динамических характеристик резин. О скорости продольных волн в насыщенных песках говорилось в докладе О. Л. Кузнецова и Л. А. Сергеева (Москва). В докладе В. В. Мокшанцева и Г. С. Росина приведено описание установки для измерения динамических характеристик упругих материалов при поперечных колебаниях. Методам и аппаратуре для исследования акустических характеристик твердых тел в широком диапазоне частот и температур был посвящен доклад В. С. Постникова, В. М. Лубэ, Ю. С. Балашова, С. А. Гриднева и В. С. Павлова (Воронеж). Г. С. Росин остановился на вопросе о вычислении модуля упругости образцов по результатам измерений. В. В. Мокшанцев и Г. С. Росин рассказали об измерении сопротивления потоку при низкочастотных колебаниях.

На совещании было уделено внимание и результатам исследований действия шума и вибрации на организм человека (доклады Е. Ц. Андреевой-Галаниной, С. В. Алексеева, Г. А. Суворова, А. В. Кадыскина (Ленинград), А. Х. Миньковского, А. Ш. Шапиро (Челябинск)) и физиолого-гигиеническому обоснованию допустимых уровней шума (доклады Е. Ц. Андреевой-Галаниной, С. В. Алексеева и Г. А. Суворова, В. В. Алешина, Ю. В. Крылова, В. С. Кузнецова и Е. М. Юганова, И. Я. Борщевского и Э. В. Лапаева, Ю. В. Крылова и В. С. Кузнецова (Москва)). Нормированию шума и вибрации были посвящены доклады И. К. Разумова; Г. Л. Осипова и Карагодиной (Москва). Об ультразвуковом методе исследования вибраций клапанов и мышцы сердца рассказали В. М. Лубэ и Ю. Д. Сафонов (Воронеж).

На совещании было отмечено, что за последние годы значительно возросло число работ, посвященных борьбе с шумами и вибрациями, однако информация о них поставлена неудовлетворительно. Совещание рекомендовало начать издание ежегодного сборника и увеличить выпуск литературы, в частности, справочников и нормативных документов, по борьбе с шумами и вибрациями и по шумо- и виброизмерительной аппаратуре. Секции «Шумы и вибрации» Совета по акустике поручено созывать Всесоюзные совещания не реже одного раза в три года.

В. И. Заборов

СОВЕЩАНИЕ ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И ГИПЕРЗВУКОВЫХ ВОЛН В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

С 5 по 7 июля 1966 года в Ленинграде, в Научно-исследовательском физическом институте Ленинградского государственного университета проходило Всесоюзное совещание по исследованию акустических свойств твердого тела на ультразвуковых и гиперзвуковых частотах, организованное Научными советами по физике ультразвука и физике полупроводников АН СССР. В совещании приняли участие около 150 человек — представителей высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений Москвы, Ленинграда, Киева, Минска, Харькова, Тбилиси, Баку, Ашхабада, Новосибирска и других городов Советского Союза.

На совещании было прочитано 46 докладов по трем основным темам: электрон-фононное взаимодействие в пьезоэлектрических полупроводниках, квантовые магнито-акустические эффекты, новые типы преобразователей ультра- и гиперзвука и распространение гиперзвуковых волн в кристаллах.

На утреннем заседании 6 июля после вступительного слова председателя оргкомитета совещания проф. И. Г. Михайлова было сделано 17 докладов о взаимодействии ультразвуковых волн с носителями тока в полупроводниковых кристаллах. Доклад А. А. Демиденко, С. И. Пекара, В. Н. Лисовского и Б. Е. Цеквавы (Институт полупроводников АН УССР, Киев) был посвящен развитию теории усиления ультразвука в веществах с большой диэлектрической проницаемостью ϵ , изложенной С. И. Пекаром на совещании 1965 г. в Москве.

Механизм усиления в таких веществах основан на предполагаемой сильной зависимости ϵ от плотности, обуславливающей особый вид электрон-фононного взаимодействия, пропорционального приложенному электрическому полю. В данном докладе теория была обобщена на случай внешнего магнитного поля. Доклад вызвал оживленную дискуссию, в которой ставилась под сомнение возможность реализации этого механизма усиления. Отмечалось, что формула Лоренц-Лоренца неприменима к рассматриваемым веществам и что об этом свидетельствует прямой экспериментальный факт отсутствия существенной зависимости ϵ , а также упругих модулей от внешнего давления. Доклад П. Е. Зильбермана (Институт радиоэлектроники АН СССР, Москва) был посвящен теоретическим исследованиям нелинейных эффектов, возникающих при усилении ультразвука дрейфом носителей.

Значительное усиление ультразвука за счет пьезоэлектрического взаимодействия колебаний решетки с электронами проводимости в пьезоэлектрических полупроводниковых кристаллах типа CdS до сих пор осуществлялось лишь в режиме весьма коротких мощных импульсов дрейфового тока. В. И. Байбаков, Г. С. Падон и А. А. Карпушина (Всесоюзный н.-и. институт физико-технических и радиотехнических измерений, Москва) доложили об усилении поперечных волн в CdSe в непрерывном режиме с максимальным усилением 58 дБ/см на частоте 350 МГц. Из-за малой прозрачности селенида кадмия в видимой области спектра концентрация электронов при освещении его белым светом повышалась лишь в тонком поверхностном слое, благодаря чему образец при длительном приложении электрического поля нагревался слабо.

Для уменьшения джоулевых потерь в активной акустической линии задержки целесообразно использовать поверхностные волны, обладающие малой скоростью распространения. Поэтому изучение поверхностных волн в пьезоактивных и полупроводниковых кристаллах приобрело особую актуальность. Этой теме было посвящено несколько докладов.

А. А. Карпушин и С. К. Саввиных (Институт физики полупроводников СО АН СССР, Новосибирск) выступили с теоретическим докладом о взаимодействии поверхностного гиперзвука, распространяющегося вдоль границы раздела пьезоэлектрика и полупроводника со свободными носителями в полупроводнике. Ими было исследовано влияние изгиба зон вблизи поверхности полупроводника на поглощение звука. Докладчики отметили, что исследование частотной зависимости поглощения в такой системе может служить методом определения поверхностного потенциала и скорости поверхностной рекомбинации в полупроводнике. Л. Ф. Протопопова и А. М. Федорченко (Киевский государственный университет) привели расчеты скорости различно ориентированных поверхностных волн в CdS и CdSe, выполненные при помощи электронной машины на основе известных данных по упругим модулям. С. В. Богданов и И. Б. Яковкин (Институт физики полупроводников, Новосибирск) изложили результаты теоретического и экспериментального исследования затухания поверхностных волн при наличии на поверхности сильно поглощающей пленки, в частности — ориентированной пленки CdS на поверхности кристаллического кварца. И. А. Викторов (Акустический институт, Москва) рассказал о зависимости добавочного электронного затухания рэлеевских волн в CdS от электропроводности кристалла и спектрального состава его подсветки.

А. Д. Беляев, Н. И. Витриховский, В. В. Крившин и Е. Г. Миселюк (Институт полупроводников АН УССР, Киев) доложили об исследованиях добавочного электронного поглощения в смешанных кристаллах CdS·CdSe и CdS·ZnS. Ими обнаружено, что влияние подсветки на поглощение ультразвука существенно зависит от соотношения компонент. При определенных соотношениях наблюдалось сильное электронное поглощение, что позволяет надеяться на большое усиление в этих кристаллах, которое, однако, непосредственно не изучалось.

Несколько докладов было посвящено исследованию распространения и усиления поперечных и продольных ультразвуковых волн в сульфиде кадмия. В докладе В. И. Васьковой (Акустический институт, Москва) были приведены данные о зависимости коэффициента усиления поперечных волн на частоте 30 МГц от напряженности дрейфового поля в CdS при температуре жидкого азота. С. Г. Калашников, А. И. Морозов, Б. А. Станковский и Н. Н. Погорелова (Институт радиоэлектроники АН СССР, Москва) рассказали о создании лабораторных макетов активных ультразвуковых линий задержки на основе CdS, работающих в импульсном режиме. На частоте 52 МГц получено усиление электрического сигнала 37 дБ при задержке 15 мксек и динамическом диапазоне 35 дБ. Выполненные ими исследования показали, что выходная мощность, ограничиваемая нелинейными эффектами, растет с увеличением электропроводности кристалла и напряженности дрейфового поля. Экспериментальному изучению зависимости уровня выходного импульса при усилении ультразвука в CdS от различных факторов был посвящен также доклад Б. П. Васильева и К. Н. Виноградова (Ленинградский кораблестроительный институт), которые получили аналогичные результаты для основной частоты и исследовали также характеристики второй гармоники усиленного ультразвукового сигнала. Г. С. Падон, В. И. Пустовойт, В. И. Байбаков, И. Б. Кобяков (Всесоюзный н.-и. институт физико-технических и радиотехнических измерений, Москва) и Л. А. Сысоев (Всесоюзный н.-и. институт монокристаллов, Харь-

ков) привели данные измерений пьезоэлектрических характеристик CdS, выполненных методом резонанса и антирезонанса в диапазоне температур 1,5—300° К. Ими наблюдалось аномальное возрастание пьезомодуля при температурах 200—250° К.

М. Б. Гитис и В. А. Шутлов (Ленинградский государственный университет) рассказали об измерениях зависимости скорости звука в монокристалле CdS от электропроводности кристалла в диапазоне частот 4—50 Мгц. При частотах, близких к частоте диэлектрической релаксации, наблюдалась дисперсия (~2%) продольных волн, распространяющихся вдоль оптической оси. Измерения производились на основе острой частотной зависимости акустико-электрического напряжения на плоскопараллельных гранях кристалла. С. Н. Баранский, Б. Н. Махов и А. А. Попов (Институт физики полупроводников СО АН СССР, Новосибирск) сообщили об отрицательном результате измерений дисперсии звука в CdS, проводившихся прямым импульсным методом. Однако, как выяснилось в дискуссии, эксперимент ставился при таких соотношениях частот и электропроводностей, при которых, согласно теории, дисперсия должна отсутствовать.

А. И. Морозов, В. В. Проклов и Б. А. Станковский (Институт радиоэлектроники АН СССР, Москва) доложили об измерениях подвижности электронов в CdS на основе различных эффектов, связанных с электрон-фононным взаимодействием (акустико-электрический эффект, усиление ультразвука, излом вольтамперной характеристики). Непосредственному исследованию акустико-электрического эффекта в полупроводниках были посвящены два теоретических доклада: В. И. Пустовойта, В. И. Байбакова и Г. С. Падю (Всесоюзный н.-и. институт физико-технических и радиотехнических измерений, Москва) и Ю. В. Гуляева и Э. М. Эпштейна (Институт радиоэлектроники АН СССР, Москва). В первом из них показано, что соотношение Вайнрайха для акустико-электрической э.д.с. и тока выполняется без конкретизации состояния электронно-дырочной плазмы; во втором предсказываются различные новые эффекты переноса, связанные с увеличением электронов ультразвуковыми волнами, в частности, при наличии внешнего магнитного поля.

Утреннее заседание 5 июля было целиком посвящено акустическому парамагнитному резонансу. Это явление, дополняющее возможности обычного парамагнитного резонанса, привлекает внимание все большего числа исследователей. На совещании было представлено 8 докладов по оригинальным работам в области акустического парамагнитного резонанса, в основном теоретического характера, и один обзор. Обзорный доклад на тему «Ядерный акустический резонанс» сделал А. Р. Кессель (Физико-технический институт АН СССР, Казань), кратко изложивший основные вопросы теории акустического ядерного магнитного резонанса, методы экспериментальных исследований и содержание наиболее существенных работ в этой области. До сих пор акустический ядерный магнитный резонанс в веществах, не обладающих доменной структурой, удавалось наблюдать только на ядрах, имеющих электрический квадрупольный момент, т. е. характеризующихся спиновым числом $I \geq 3/2$. Сильное квадрупольное взаимодействие таких ядер с колебаниями решетки обеспечивает сравнительно эффективный механизм ультразвукового воздействия на ядерную спин-систему. Г. Л. Антокольский и В. А. Шутлов (Ленинградский государственный университет) доложили об ультразвуковом возбуждении в весьма чистом монокристалле LiF магнитных дипольных переходов ядер F^{19} , имеющих спин $I = 1/2$, т. е. не обладающих квадрупольным моментом. Эффект насыщения зеемановских уровней F^{19} наблюдался при помощи импульсного метода по влиянию мощного ультразвука на сигналы прецессии, для возбуждения которых использовались серии весьма коротких радиоимпульсов большой амплитуды. Ю. В. Владимирцев, В. А. Голенищев-Кутузов и У. Х. Копвиллем (Физико-технический институт АН СССР, Казань) рассказали об ультразвуковом возбуждении дипольных переходов Al^{27} в рубине с концентрацией $Cr^{3+} \sim 0,7\%$ при низких температурах. При включении ультразвука с частотой ларморовой прецессии наблюдалось уменьшение (на ~15%) интенсивности всех линий тонкой структуры Al^{27} , имеющего спин $I = -5/2$. Указанием на дипольный характер индуцируемых переходов, объясняемых взаимодействием ядер с магнитными полями ионов Cr^{3+} , может служить оценка вероятности возможных квадрупольных переходов $\Delta m = 1$ и факт воздействия ультразвука на центральную компоненту, в которую квадрупольные переходы не вносят вклада. Эффективное возбуждение магнитных дипольных переходов ожидается в ферро- и антиферромагнитных веществах. Этому вопросу был посвящен теоретический доклад А. Л. Бушвили и В. П. Ахаладзе (Тбилиси). Далее был заслушан доклад А. Р. Кесселя и М. А. Корчемкина (Физико-технический институт АН СССР, Казань) о теоретической работе, в которой методом квантовых кинетических уравнений получены уравнения типа Блоха, позволяющие единым образом описывать как стационарный акустический ядерный магнитный резонанс, так и переходные процессы, происходящие под действием ультразвука, в частности, процессы типа свободной прецессии и спинового эха, вызываемые ультразвуком. С. Б. Григорьев и А. М. Сазонов (Ленинградский электротехнический институт) привели выражения для коэффициентов парамагнитного поглощения звука в кристаллах кубической и тригональной симметрии при произвольной ориентации волнового вектора относительно кристаллографических осей. В. А. Голени-

щев - Кутузов и У. Х. Копвиллем (Физико-технический институт АН СССР, Казань) сделали два доклада об экспериментальном исследовании релаксационного парамагнитного поглощения ультразвука во фторосиликате никеля и медном купоросе при низких температурах. Большой интерес вызвал теоретический доклад У. Х. Копвиллема и В. Р. Нагибарова (Физико-технический институт АН СССР, Казань) «Генерация звука посредством когерентной спонтанной безизлучательной релаксации», в котором предложен новый способ генерирования гиперзвука в кристаллах с парамагнитными примесями, подвергаемых воздействию короткими электромагнитными импульсами во внешнем магнитном поле.

Вечернее заседание 5 июля также было посвящено различным магнитоакустическим эффектам в твердых телах, в основном — ферроакустическому резонансу в ферромагнитных кристаллах. В. П. Власов (Институт физики металлов АН СССР, Свердловск) сделал обзорный доклад по исследованиям вращения плоскости поляризации и поглощения поперечных ультразвуковых волн в ферромагнитных и магнитно поляризованных кристаллах вблизи ферроакустического резонанса. Доклад Ю. А. Цвирко (Киев) был посвящен решению задачи о двойном преобразовании акустической и магнитной волн в ферритовой линии задержки, в которой может возникать несколько сигналов с различным временем задержки.

Известно, что если к ферромагнитному монокристаллу приложить постоянное магнитное поле в трудном направлении, то при некотором значении поля спиновая ветвь может опуститься до весьма низкой частоты. В докладе В. П. Лукомского (Киев) обсуждалась возможность наблюдения акустического резонанса на частотах, значительно меньших частоты ферромагнитного резонанса. А. Г. Гуревич, Б. М. Лебедь, Г. М. Недлин, С. А. Миронов, С. С. Старобинец, Г. Х. Шапиро и К. В. Шевлягин (Институт полупроводников АН СССР, Ленинград) сделали доклад о возбуждении магнитоупругих волн в монокристаллах иттриевого граната при помощи однородного переменного магнитного поля в диапазоне частот 200—3000 Мгц. В. Б. Казанский и А. П. Королюк (Институт радиоэлектроники АН УССР, Харьков) рассказали об экспериментальном исследовании гигантских квантовых осцилляций коэффициента поглощения ультразвука в сурьме, выполненном на частоте 350 Мгц при температуре жидкого гелия в области магнитных полей до 110 кэ. И. В. Берсукер (АН МолдССР, Кишинев) выступил с докладом о теоретическом исследовании резонансного поглощения ультразвука в кристаллах, содержащих комплексы с вырожденным электронным термом. Это поглощение, связанное с акустическими переходами между инверсионными уровнями, может на несколько порядков превышать парамагнитное резонансное поглощение. В заключение был прочитан доклад А. В. Мазовко и Н. Н. Сироты (Институт физики твердого тела и полупроводников АН БССР, Минск) об исследовании декремента затухания ультразвука в сплавах на основе никеля во внешнем магнитном поле.

Последний день совещания, 6 июля, был посвящен новым типам преобразователей ультразвука и гиперзвука, в частности, на основе полупроводников, и исследованиям по распространению гиперзвука в кристаллах. Л. Н. Сыркин (Ленинград) сделал обзорный доклад об акустических свойствах pn -переходов и возможностях их использования для электроакустического преобразования. Эта тема была дополнена докладом А. Л. Поляковой (Акустический институт, Москва), изложившей результаты расчета чувствительности pn -переходов к малым переменным деформациям при наличии постоянного механического напряжения в различных электрических режимах работы диода.

Е. К. Грищенко (Акустический институт, Москва) сделал сообщение о способе изготовления преобразователя на основе обедненного слоя в CdS за счет диффузии меди, обладающего широкой полосой, хорошей стабильностью параметров и высокой электрической прочностью. В. В. Проклов, Б. А. Станковский и А. И. Морозов (Институт радиоэлектроники АН СССР, Москва) сообщили об исследованиях таких преобразователей, созданных путем диффузии в CdS различных примесей, в частности, серебра, и о создании линии задержки с двойным преобразованием на обедненных слоях и с усилением ультразвукового сигнала. Д. В. Шелопут, Ю. Е. Невский и В. В. Разжигалев (Институт физики полупроводников СО АН СССР, Новосибирск) рассказали о собственных исследованиях характеристик преобразователей из высокоомных монокристаллических пластинок CdS и на основе диффузионных слоев (Cu) в низкоомных кристаллах CdS. В. С. Веточников, В. Г. Кривцов, И. Г. Михайлов, И. М. Пилат, А. Г. Самойлович и В. А. Шутилов (Ленинградский государственный университет, Черновицкий государственный университет) сделали сообщение об использовании полупроводниковых монокристаллических термоэлементов для измерения слабых ультразвуковых полей.

Последующие доклады касались возбуждения гиперзвука и распространения ультразвуковых и гиперзвуковых волн в диэлектрических кристаллах. С. А. Ахманов и М. А. Большов (Московский государственный университет) изложили результаты теоретического исследования условий вынужденного рассеяния Мандельштама — Бриллюэна и генерации гиперзвука в различных сегнетоэлектрических кристаллах (KH_2PO_4 , LiNbO_3 и др.) и экспериментов, выполненных при различных температурах. В докладе А. Л. Поляковой (Акустический институт, Москва)

было предложено объяснение экспериментального факта, состоящего в том, что сфокусированный гигантский импульс лазера при гелиевых температурах вызывает разрушение монокристаллического кварца, а при 80°K разрушения не происходит. Предполагается, что эффект разрушения обусловлен мощным гиперзвуком, возбуждаемым импульсом лазера. При низких температурах существенно возрастает акустическая нелинейность, что способствует образованию ударных волн с узким фронтом, которые и вызывают разрушение кристалла. А. А. Бердыев, Н. Б. Лежнев, Н. Г. Шубина и Б. Хемраев (Физико-технический институт АН ТССР, Ашхабад) рассказали об устройстве созданной ими аппаратуры для генерирования гиперзвука путем возбуждения пьезокварцевых брусков в резонаторе.

Л. Э. Гуревич и Б. И. Шкловский (Институт полупроводников АН СССР, Ленинград) изложили результаты теоретического исследования поглощения продольных гиперзвуковых волн в кристаллах при температуре, меньшей температуры Дебая. Согласно предлагаемой ими теории, на кривой частотной зависимости коэффициента поглощения звука при рассмотренных условиях должно наблюдаться плато, протяженность которого зависит от температуры и симметрии кристалла. Е. М. Ганпольский, А. Н. Чернец и В. Н. Балабанов (Институт радиоэлектроники АН УССР, Харьков) рассказали об экспериментальных исследованиях поглощения продольных и поперечных ультразвуковых волн в α -кварце, сернистом цинке, рубине и сапфире в широком диапазоне температур. Во всех образцах ими наблюдался рост коэффициента поглощения с температурой. В пьезоэлектрических кристаллах гиперзвук возбуждался методом поверхностной электромагнитной волны, в сапфире и рубине — на основе спин-фононного резонанса в тонкой ферромагнитной пленке, нанесенной на поверхность кристалла. Б. Л. Тиман (Всесоюзный н.-и. институт монокристаллов, Харьков) сообщил об уточнении формулы Ахиезера для коэффициента затухания звука в диэлектрических кристаллах за счет фононного механизма в случае $\omega t \ll 1$. Предложенная теория объясняет поглощение поперечных волн на основе изменения функции распределения фононов под действием ультразвука. А. И. Агаев и Х. М. Халилов (Институт физики АН АзССР, Баку) сообщили о наблюдении резонансного дислокационного поглощения в монокристалле KCl.

В конце каждого заседания происходили оживленные дискуссии, на которых участники совещания обменялись ценными советами и замечаниями по заслушанным докладам. Выступивший с заключительным словом председатель Научного совета по физике ультразвука проф. Л. Д. Розенберг отметил возросшие успехи в области акустических исследований твердых тел, высокую активность участников совещания, а также хорошую организацию последнего.

В. А. Шутилов

ОБЪЯВЛЕНИЕ

С 26 июня по 2 июля 1967 г. в г. Вильнюсе созывается научно-техническое совещание по квантовой акустике и ультразвуковой интерферометрии Научным советом по физике и технике ультразвука при ОО и ПФ АН СССР, Вильнюсским государственным университетом и Каунасским политехническим институтом.

Аннотации докладов и заявки на участие в совещании должны быть направлены до 10 мая в Оргкомитет по адресу: г. Вильнюс, ул. Партизану 24, Вильнюсский государственный университет, физический факультет, лаборатория молекулярной акустики. Телефон — 36034.

Участники совещания обеспечиваются гостиницей.