

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ****СОВЕЩАНИЕ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ТВЁРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ****I**

В сентябре 1955 г. в Томске состоялось совещание по электрическим и физико-химическим свойствам твёрдых диэлектриков. Совещание было посвящено вопросам диэлектрического пробоя, диэлектрических потерь и поляризации, и электропроводности твёрдых кристаллических диэлектриков.

В совещании приняли участие, кроме учёных г. Томска, учёные Москвы (Физический институт АН СССР), Ленинграда (Научно-исследовательский институт МРТП, Ленинградский политехнический институт, Ленинградский электротехнический институт), Новосибирска (Западно-Сибирский филиал АН СССР), Иркутска (Госуниверситет), Кемерово (Горный институт) и др.

На совещании было рассмотрено около 40 докладов.

Совещание открылось вступительным словом председателя оргкомитета, директора Томского политехнического института А. А. Воробьёва, который отметил возросший за последние годы интерес к полупроводникам и диэлектрикам. Наряду с тем, что наши физические представления о диэлектрической поляризации прокладывают надёжные пути конструирования новых диэлектриков с заранее заданными свойствами,— мы ещё мало знаем о поведении диэлектриков в сильном электрическом поле. Представления об электрическом пробое твёрдых диэлектриков схематичны и недостаточно подтверждены экспериментами. Свойства изолирующих материалов зачастую рассматриваются не во взаимной связи, а изолированно. Это тормозит создание новых изолирующих материалов с высокими электрическими свойствами. Поэтому назрела насущная необходимость обсудить важнейшие вопросы физики и химии твёрдых диэлектриков с различных точек зрения.

С первым докладом на тему «К вопросу о тепловом и электрическом пробое твёрдых диэлектриков» выступил Г. И. Сканава. В этом докладе подвергался критике установившийся критерий для различения теплового и электрического пробоев твёрдых диэлектриков, заключающийся в том, что имеется некоторая критическая температура, выше которой пробивное напряжение уменьшается с повышением температуры (тепловой пробой) и ниже которой оно не зависит от температуры (электрический пробой). Автор ссылается на ряд работ, выполненных за последнее время, в которых была обнаружена сильная зависимость пробивного напряжения простых монокристаллов от температуры в области температур

50—100°, когда пробой не является тепловым; при этом наблюдается максимум пробивного напряжения.

Экспериментальные данные, полученные в лаборатории Г. И. Сканиви, показывают, что при постоянном напряжении в однородном поле для кристаллов КВг имеется резко выраженный максимум пробивного напряжения на импульсах при температуре 50°С. При уменьшении длительности импульса этот максимум сглаживается, а при длительности импульса 10^{-6} сек наблюдается почти линейный медленный рост пробивного напряжения с температурой. Такая закономерность не согласуется с так называемой «высокотемпературной» теорией Фрелиха и подтверждает качественные соображения о влиянии объёмного заряда на процесс пробоя при достаточной длительности приложения напряжения.

Доклад В. А. Чуенкова (ФИАН СССР) «К теории электрического пробоя ионизации кристаллов» был посвящён обсуждению критерия электрического пробоя твёрдых диэлектриков на основе определения функции распределения электронов проводимости в сильном электрическом поле с учётом рассеяния электронов на колебаниях кристаллической решётки и ионизационных столкновений.

Эффективное сечение ионизации выражается автором в виде $Q(E) = S_0(E - J)$, где S_0 — постоянная, E — энергия, J — потенциал ионизации. При этом предполагается, что эффективное сечение ионизации не зависит ни от направления движения ионизующего электрона после акта ионизации, ни от направления движения выбитого электрона и, что оба эти электрона после ионизации обладают одинаковой энергией. Функция распределения при $E > J$ очень резко убывает с ростом E (практически равна нулю при $E = 2J$). Число рекомбинируемых электронов зависит от того, какая часть электронов из попавших после ионизации в область энергий $0 < E < J$ замедляется и какая ускоряется.

Автор вводит два характеристических значения энергии: E_p при которой в среднем электрон отдаёт в единицу времени решётке столько же энергии, сколько получает от поля, и $E_{1/2}$, определяемое условием, чтобы числа электронов, получающих в результате ионизации энергию, большую и меньшую $E_{1/2}$, были одинаковы. При $E_p = E_{1/2}$ поле ускоряет меньше, чем N , электронов (N — число актов ионизации в единицу времени) и при этом нарушение стационарного состояния не может произойти. При $E_p < E_{1/2}$ поле ускоряет больше, чем N , электронов; значит, процесс ионизации при этом носит цепной характер и стационарное состояние нарушается.

Таким образом, по В. А. Чуенкову критерием пробоя является равенство $E_p = E_{1/2}$. Из функции распределения определяются E_p и $E_{1/2}$ в функции напряжённости поля, а из равенства этих величин — пробивная напряжённость. Для щелочно-галогидных кристаллов этот критерий даёт порядок величины пробивной напряжённости и характер зависимости её от температуры, согласующиеся с данными опытов Хиппеля на импульсах 10^{-6} сек.

В обзорном докладе Ю. А. Старикина (Западно-Сибирский филиал АН СССР) «Современная теория электрического пробоя твёрдых диэлектриков» главное внимание было обращено на теорию В. Франца, в которой принимаются механизмы лавинообразного роста электронов проводимости, развитые Хиппелем и Фрелихом, и критерием пробоя считается разрушение кристаллической структуры диэлектрика под действием электрического тока.

Ю. А. Старикин сводит теорию Франца к следующим основным положениям:

1. Электрическое поле наклоняет энергетические зоны диэлектрика, что создаёт условия для просачивания электронов из заполненной зоны в зону проводимости путём туннельного эффекта.

2. В результате ускорения электронов в зоне проводимости полем и торможения их колебаниями кристаллической решётки устанавливается некоторое распределение электронов по энергиям. При этом электроны проводимости, обладающие достаточной энергией, вызывают ударную ионизацию.

3. Под действием внешнего электрического поля в зоне проводимости устанавливается поток электронов через некоторую энергетическую границу.

4. Дается выражение для нарастания электронов проводимости со временем, исходя из кинетики переходов электронов между зонами.

5. Определяется термическое состояние диэлектрика, вызываемое появлением электрического тока. При этом пробой рассматривается как разрушение кристаллической решётки (плавление) за счёт энергии, выделяемой током.

Для различных веществ теоретические значения пробивных напряжённостей хорошо согласуются с опытными. По мнению Ю. А. Старикина, теория Франца описывает достаточно полно физические процессы в диэлектрике как в предпробивном состоянии, так и в момент пробоя.

Доклад А. А. Воробьёва (Томский политехнический институт) «Опыт теории свойств ионных диэлектриков на основе термохимических характеристик» является обобщением многочисленных результатов исследований и сопоставлений свойств диэлектриков, проведённых большой группой научных сотрудников в Томске. Основная идея этого обобщения сводилась к тому, что между электрофизическими и физико-химическими свойствами ионных кристаллов, с одной стороны, и энергией кристаллической решётки, с другой стороны, существует определённая закономерная связь.

Так, например, электропроводность, диэлектрические потери и диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность обусловлены смещением, освобождением и движением зарядов в диэлектрике в условиях взаимодействия с его кристаллической решёткой. Эти процессы связаны с величиной энергии решётки.

Установлена также определённая связь между механическими, термическими и оптическими свойствами, с одной стороны, и энергией решётки диэлектриков, с другой стороны. При этом увеличению энергии решётки соответствует улучшение всех перечисленных свойств диэлектрика, которые имеют важное практическое значение.

По мнению А. А. Воробьёва, знание энергии решётки даёт возможность создавать электроизолирующие материалы с высокой электрической прочностью и с другими высокими электрическими и физико-химическими свойствами.

Результаты исследований некоторых твёрдых растворов щёлочно-галогенных солей, полученные и доложенные А. М. Трубицыным (Томский политехнический институт), подтверждают положения, высказанные А. А. Воробьёвым. При сопоставлении зависимости электрической прочности от состава твёрдого раствора с зависимостью поверхностной энергии от состава тех же растворов (по данным П. А. Савинцева) был обнаружен их аналогичный ход. Так как поверхностная энергия растёт с увеличением энергии кристаллической решётки, то можно полагать, что и электрическая прочность также возрастает с увеличением энергии решётки. В работе А. М. Трубицына также показано, что в твёрдых растворах щёлочно-галогенных солей электрическая прочность растёт с увеличением устойчивости химических соединений (с увеличением теплоты образования и температуры плавления).

Результаты аналогичных исследований, из которых также видно, что электрическая прочность смешанных щёлочно-галогенных кристаллов связана с постоянной решётки, показателем преломления и поверхностной

энергией, были получены и доложены А. Н. Кислиной (Томский политехнический институт). Эти данные также показывают, что электрическая прочность растёт с увеличением энергии кристаллической решётки.

При исследовании некоторых систем твёрдых растворов щёлочно-галогенидных солей А. М. Трубицыным было установлено наличие минимума электрической прочности при средних процентах содержания компонент.

Такой же факт был установлен и доложен на совещании А. Ф. Городецким (Новосибирский электротехнический институт) и М. С. Иванкиной (Томский политехнический институт). Эти результаты находятся в противоречии с данными Хиппеля.

В связи с этим А. Н. Кислина выполнила подобные исследования на некоторых твёрдых растворах различной длительности хранения. Оказалось, что в свежеприготовленных системах наблюдается минимум электрической прочности, а по мере хранения их растёт электрическая прочность твёрдых растворов среднего состава. Повидимому, противоречия в данных А. М. Трубицына и Хиппеля могут быть объяснены различной длительностью хранения исследуемых систем.

В докладе А. А. Воробьёва и А. Ф. Калганова была сопоставлена электрическая прочность некоторых газов и жидкостей с их физико-химическими свойствами и показано, что в этих случаях можно полагать, что электрическая прочность определяется силами связи между молекулами.

В другом докладе А. А. Воробьёва и А. Ф. Калганова была сделана попытка измерить энергию пробоя твёрдых диэлектриков калориметрическим путём.

Особый интерес представил доклад Г. А. Воробьёва (Томский политехнический институт), посвящённый выяснению зависимости электрической прочности щёлочно-галогенидных солей от времени воздействия напряжения, а также вольтвременным зависимостям при пробое в неоднородных полях в пределах времени от 10^{-8} сек до постоянного напряжения.

Результаты исследований показали значительное увеличение электрической прочности при времени воздействия напряжения, меньшем, чем 10^{-7} сек. Эти результаты должны позволить подсчитать время и энергию формирования разряда.

Вольтвременные исследования в неоднородном поле показали, что при положительной полярности острая пробивное напряжение ниже, чем при отрицательной полярности. Результаты этой работы указывают на возможность испытания твёрдых диэлектриков в поле: коническая выточка против плоскости.

Вопросу о статическом запаздывании при пробое твёрдых диэлектриков был посвящён доклад Б. А. Коноровой (ФИАН). В этой работе установлено, что зависимости пробивной прочности от времени приложения импульсного напряжения длительностью от $6 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ сек для образцов слюды толщиной до 5 микронов — нет. При уменьшении толщины от 10 до 2 микронов электрическая прочность несколько увеличивается, но это, возможно, обусловлено неоднородностью поля и повышением однородности материала при уменьшении толщины. В докладе указывается, что опубликованные опытные данные других авторов вряд ли достаточны для обоснования правильности представлений Зейтца (1947), указывающих на возможность снижения критической напряжённости поля за счёт отклонения поведения электрона от среднего электрона.

Кроме перечисленных докладов, на совещании были заслушаны доклады В. С. Дмитриевского (Томский политехнический институт) о распределении напряжений вдоль поверхности диэлектрика, А. Н. Губкина (Физический институт АН СССР), о поверхностном пробое твёрдых диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью и И. И. Кап-

р а л о в а (Западно-Сибирский филиал АН СССР), который рассмотрел механизм пробоя газа при наличии термоэлектрической эмиссии.

Большая группа докладов была посвящена диэлектрическим потерям и поляризации в твёрдых диэлектриках.

В докладе Г. И. Ск а н а в и обсуждались вопросы релаксационной диэлектрической поляризации и внутреннего поля в твёрдых диэлектриках. Проведённые автором исследования поликристаллических дипольных органических диэлектриков даже с не очень большой диэлектрической проницаемостью показали, что в них обнаруживаются простые закономерности релаксационной поляризации. В работе доказано, что в случае явно выраженной релаксационной поляризации можно, на основе экспериментальных данных, оценить коэффициенты внутреннего поля в диэлектрике.

В лаборатории Физического института АН СССР синтезировали и исследовали твёрдые диэлектрики, содержащие слабо связанные ионы. Такая структура благоприятствует поляризации. Значение диэлектрической проницаемости таких диэлектриков достигает 1000; при этом в них отсутствуют свойства, характерные для сегнето-электриков. Этим самым установлено существование несегнето-электрических диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью.

Исследования таких диэлектриков показали, что релаксационная поляризация может быть обусловлена в одних случаях слабо связанными ионами, а в других — гетерогенностью структуры. Исходя из этого, были получены новые диэлектрики, представляющие значительный интерес. В докладе была теоретически рассмотрена релаксационная поляризация при отличии действующего поля от среднего.

В докладе Н. П. Богородицкого (Ленинградский электротехнический институт) был рассмотрен характер температурной зависимости диэлектрических потерь при поляризации ионных соединений. Обобщая полученные экспериментальные результаты, докладчики утверждают, что в широком интервале температур и частот диэлектрические потери при поляризации ионных соединений обусловлены одним и тем же явлением — нарушением теплового движения ионов при воздействии электрического поля, которое проявляется тем резче, чем ближе совпадают период электрического поля и время релаксации частиц. В связи с этим Н. П. Богородицкий считает нецелесообразным разделение диэлектрических потерь в ионных соединениях на три составляющие, которое установил Г. И. Ск а н а в и в 1952 г., а именно: 1) структурные диэлектрические потери, которые не зависят от температуры; 2) релаксационные и 3) потери проводимости. Вместо такого разделения предлагается свести диэлектрические потери к двум физическим процессам:

- 1) явлению релаксации при поляризации, связанной с тепловым движением частиц и проявляющейся при всех частотах в твёрдых, жидких и даже газообразных состояниях веществ. К этому виду потерь относятся также потери сквозной электропроводности, возрастающие с температурой по экспоненциальному закону.

- 2) Явлению ионизации вещества, обычно газа (свободного или распределённого в твёрдом теле), проявляющемуся в электрических полях повышенной напряжённости.

Особо важное значение имеет поведение диэлектрических кристаллов в электрических полях высокой частоты. Диэлектрическими потерям в кристаллах на высокой частоте был посвящён доклад К. А. Володарянова (Сибирский физико-технический институт). Исследованиями, проведёнными в Сибирском физико-техническом институте, доказано, что в кристаллах с ионной проводимостью наряду с диэлектрическими потерями проводимости наблюдаются также и релаксационные потери, обусловленные как смещением слабо связанных ионов, так и ориентацией полярных

молекул. В этом лежит различие диэлектрических потерь в кристаллах, содержащих и не содержащих дипольные молекулы.

В результате этих исследований установлена определённая закономерная связь между диэлектрическими потерями в щёлочно-галоидных кристаллах с их физико-химическими свойствами. Так, диэлектрические потери уменьшаются с увеличением энергии активации, энергии решётки, теплоты образования, теплоты сублимации и температуры плавления. Подобные данные получены также и для смешанных кристаллов. Результаты исследований дают основание предположить, что диэлектрические потери в щёлочно-галоидных кристаллах связаны со свойствами и структурой основных веществ, а незначительное количество примесей в реальном кристалле играет второстепенную роль. В кристаллах с полярными молекулами кристаллизационной воды (гипс, тальк и медный купорос) наблюдаются температурные и частотные максимумы диэлектрических потерь, которые исчезают после удаления кристаллизационной воды прогреванием. Это даёт основание полагать, что диэлектрические потери в данном случае обусловлены ориентацией полярных молекул. Кроме того, показано, что диэлектрические потери в полярных кристаллах связаны с энергией активации дипольных молекул. В докладе высказывается мнение о том, что связь диэлектрических потерь с физико-химическими свойствами кристаллов должна быть положена в основу получения новых диэлектриков и изучения механизма диэлектрических потерь в твёрдых диэлектриках.

В докладе А. П. Изергина (Сибирский физико-технический институт) приводятся результаты изучения зависимости диэлектрических потерь в слюде от термической обработки, а в докладе М. П. Тонконогова (Караганда, Горный институт) излагаются результаты исследования диэлектрической релаксации в тальковых керамиках, обожжённых при различных температурах.

Данные, приведённые в этих докладах, подтверждают положения, высказанные в докладе К. А. Водопьянова.

Кроме того, в докладе А. П. Изергина показано, что полное удаление кристаллизационной воды из слюды уменьшает значение диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости, что даёт основание рекомендовать такую термическую обработку порошков слюды для изготовления микалекса.

В докладе М. П. Тонконогова указывается, что, учитывая условия образования кристалла из полярных молекул, дефекты кристаллической решётки и наличие в некоторых случаях водородных связей, представляется возможным попытаться количественно рассмотреть механизм образования слабо связанных диполей в кристаллах.

Поляризации атомно-ионного диэлектрика во внешнем поле был посвящён доклад Р. Л. Мюллера (Кемерово, Горный институт). Особенности поляризации ионно-атомных диэлектриков сводятся к появлению активированной ионной поляризации в результате перехода связанных катионов из одной потенциальной ямы в другую, а также ориентации полярных комплексов, возникающих в результате флуктуации распределения валентных электронов у атомных структурных групп. В соответствии с этим повышенные диэлектрические потери при низких температурах у веществ типа боросиликатов можно объяснить активированной ионной поляризацией, а аномально высокую поляризуемость и диэлектрические потери в телах со структурой перовскитов и рутита объясняется ориентацией флуктуирующих полярных ионно-атомных комплексов. Критическая область аномально высоких диэлектрических потерь в свете этих представлений обусловлена исчезновением жёстких валентных связей при высоких температурах и затруднением флуктуации ориентированных полярных комплексов при низких температурах.

В докладе Ф. И. Вергунас и О. В. Агашкина приводятся результаты изучения диэлектрических потерь в кристаллофосфорах при облучении их ультрафиолетовым светом. Результаты исследования частотных, температурных и временных зависимостей тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической поляризации в кристаллофосфорах дополнили сведения об их уровнях локализации и о поведении электронов в фосфоре после ионизации центров излучения и после термического высвобождения электронов с уровней локализации.

Большой интерес вызвали результаты исследования диэлектрических потерь в некоторых тугоплавких стёклах, которые были рассмотрены в докладе В. И. Оделевского и Н. М. Веребейчик (Ленинград). Этими исследованиями установлено, что диэлектрические потери в щёлочных алюмосиликатных стёклах имеют дипольный характер. При этом механизм дипольной релаксации можно представить себе как вращение диполя с плечом, равным расстоянию между ионом Na и ближайшим ионом алюминия. Закалка повышает диэлектрические потери и электропроводность таких стёкол. Небольшие изменения состава стёкол сильно сказываются на эффект закалки; в одних случаях закалка почти не влияет на электрические свойства, а в других—вызывает релаксационные максимумы $\text{tg } \delta$. Авторы предполагают, что закалка вызывает местные разрыхления структуры стекла. Исследования температурной зависимости $\text{tg } \delta$ щёлочного оконного стекла при различных частотах показали наличие релаксационных максимумов $\text{tg } \delta$. На основе диаграмм гетерогенных равновесий разработаны безщёлочные безборные стёкла на не дефици́тном сырьё с высокими диэлектрическими свойствами, которые представляют интерес для электровакуумной промышленности.

Высокую оценку получили результаты исследования Б. И. Ворожцова (Сибирский физико-технический институт), изложенные в его докладе «Электрические свойства плавленного кварца при высоких частотах и высоких температурах». Для получения достоверных и точных данных в таких сложных условиях, как высокая частота и температура до 1000°C , Б. И. Ворожцов усовершенствовал calorиметрическую методику измерения. Им установлено, что при высоких температурах диэлектрические потери плавленного кварца являются потерями проводимости. В сильных электрических полях высокой частоты и при повышенной температуре диэлектрические потери возрастают во много раз вследствие ионизации газовых включений. При удалении примесей электросчи́стой или закреплении их обжигом диэлектрические потери плавленного кварца уменьшаются. В результате исследования намечены пути улучшения свойств кварцевых изоляторов. Работа имеет большое практическое значение.

Наряду с плавленным кварцем представляет практический интерес получение синтезированной электрической изоляции с высокими электрическими свойствами для работы при температурах $500\text{--}1000^\circ\text{C}$. Этому вопросу был посвящён доклад В. И. Оделевского и Р. Н. Стрельцовой под названием «Синтез силикобериллатов щёлочно-земельных металлов и алюмосиликатов бария и исследование их электрических свойств при высоких температурах». Электропроводность силикобериллатов щёлочно-земельных металлов при высоких температурах на два порядка меньше электропроводности плавленного кварца, что объясняется тем, что сильно связанные ионы щёлочно-земельных металлов уплотняют структуру и препятствуют перемещениям примесных щёлочных ионов. Результаты исследования дали возможность получить алюмосиликат бария как моноклинной, так и гексагональной модификаций с применением даже технически чистых окислов, обладающий незначительной электропроводностью и весьма малыми диэлектрическими потерями при высоких температурах и радиочастотах.

Наряду с диэлектрическими потерями и диэлектрической поляризацией в кристаллах совещание рассмотрело доклад П. Ф. Веселовского (Ленинградский политехнический институт), посвященный диэлектрическим потерям в аморфных полимерах. Результаты исследования подтверждают экспоненциальный характер зависимости времени релаксации τ от температуры T для высокочастотных диэлектрических потерь и доказывают, что энергия активации Δu не зависит от температуры и может

быть вычислена как тангенс угла наклона $\Delta \lg \tau / \Delta \frac{1}{RT}$. Экстраполи-

руя зависимость $\lg \tau$ от $\frac{1}{T}$ к $\frac{1}{T} = 0$, можно определить собственную

частоту колебаний полярного радикала. Что касается низкочастотных диэлектрических потерь, то экспериментальные данные указывают на то,

что экстраполируя зависимость $\lg \tau$ от $\frac{1}{T}$ к $\frac{1}{T} = 0$, можно определить

собственную частоту колебаний релаксирующего элемента. Экстраполируя

зависимость $\lg \tau$ от $\frac{1}{T}$ к $\lg \tau = 0$, можно определить температуру раз-

мягчения полимера. Опыт показал, что пластификаторы уменьшают дипольно-радикальные потери и не влияют на положение температурного максимума потерь. Результаты рассмотренных в докладе исследований диэлектрических потерь полярных полимеров в широком интервале температур и частот способствуют выяснению механизма диэлектрических потерь в них и установлению связи между диэлектрическими свойствами и химическим строением полимеров.

Вопросам электропроводности твердых диэлектриков были посвящены доклады Р. Л. Мюллера (Кемерово) и М. С. Мецки (Иркутский госуниверситет).

В докладе Р. Л. Мюллера рассматривалась зависимость электропроводности боросиликатов от концентрации металлических ионов. Им установлено, что, за исключением силикатов свинца, в боросиликатах концентрационная зависимость полярной электропроводности связана с концентрационной зависимостью энергии диссоциации. Повышение концентрации щелочных ионов вызывает резкое возрастание электропроводности, а при малых концентрациях — электропроводность изменяется незначительно. Качественное изменение природы электропроводности характеризуется переходной критической областью концентраций. Проводимость, обусловленная диссоциированными катионами в неполярной среде, переходит в проводимость, вызванную перемещением вакантных мест в среде ассоциированных полярных структурных элементов.

В докладе М. С. Мецки были сообщены результаты изучения поверхностной электропроводности свежих сколов кристаллов слюды. Авторам обнаружено, что электропроводность кристаллов слюды, расщепленных во влажном воздухе, уменьшается со временем необратимо. Закон Ома для необратимой электропроводности выполняется лишь до напряженности поля в 50 кВ/см. При более высоких полях логарифм электропроводности растёт пропорционально напряженности поля. Можно полагать, что в момент расщепления на поверхности кристаллов слюды адсорбируется мономолекулярный слой воды, исчезающий со временем.

Большой интерес вызвал доклад Т. Н. Вербицкой (Ленинград), в котором были сообщены результаты исследования нелинейных свойств сегнето-керамики, заключающихся в том, что увеличение напряженности переменного электрического поля вызывает возрастание поляризации сегнетоэлектрика до насыщения, а электрическая проницаемость также воз-

растает, достигает максимума, а затем уменьшается. Поведение сегнето-электриков в переменном электрическом поле аналогично поведению ферромагнетиков в переменном магнитном поле. В результате широких исследований Т. Н. Вербицкой получен материал, названный «вариконд ВК-1» с резко выраженными нелинейными свойствами, который представляет значительный интерес для целого ряда технических применений.

Группа докладов была посвящена физико-химической природе спая стекла и керамики с металлом и изучению, в связи с этим, электрических свойств вакуумноплотной керамики. Эта проблема имеет большое значение для электровакуумной промышленности.

В докладах В. А. Преснова и М. П. Якубеня (Сибирский физико-технический институт) экспериментально установлено образование переходного слоя при спаивании стекла и керамики с металлом.

Физико-химическая природа спая стекла и керамики с металлом сводится к кислотно-основному взаимодействию окислов.

В этих докладах развивается диффузионный механизм спаивания керамики с металлом.

В докладе В. М. Белоусова (Томский политехнический институт) и Л. Г. Лаврентьевой (Сибирский физико-технический институт) рассматривается процесс формирования керамических масс и их свойства. В процессе исследования сопоставлялись данные, полученные как на опытных, так и на производственных образцах. Работы этих авторов позволили наметить пути улучшения электрических свойств вакуумноплотной керамики.

Отдельные группы докладов, заслушанные на совещании, были подвергнуты всестороннему оживленному обсуждению*.

В конце совещания были приняты конкретные решения и с целью лучшей координации дальнейших работ был обсуждён план работ, намечаемых к выполнению в различных институтах в ближайшее время.

С. С. Гутин

*) Материалы дискуссии будут опубликованы в Трудах совещания.