

Н.Р. Абдулхаликова, У.Р. Рустамов
преподаватель, Чирчикский педагогический институт, Узбекистан
И.И. Тиловов
Магистрант 2-курс, Чирчикский педагогический институт, Узбекистан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СУПЕРИОННУЮ ПРОВОДИМОСТЬ

Приведен анализ современного состояния исследований воздействий магнитных полей на электропроводность суперионных проводников. Актуальность исследования вызвана тем, что приборы и устройства на основе суперионных проводников в последнее время находят широкое применение во многих областях науки и технологий. Исследования с помощью магнитных полей могут дать полезную информацию о кинетике и динамике ионного переноса, что даст дополнительный вклад в развитие этого направления.

Ключевые слова: суперионные проводники, йодид серебра, фазовый переход, магнитный момент, ионный эффект Холла.

N.R. Abdulkhalikova, U.R. Rustamov
teacher, Chirchik State Pedagogical Institute, Uzbekistan
I.I. Tilovov
graduate student, Chirchik State Pedagogical Institute

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MAGNETIC FIELDS ON SUPERION CONDUCTIVITY.

An analysis of the current state of research into the effects of magnetic fields on the electrical conductivity of superionic conductors is given. The relevance of the study is due to the fact that devices and devices based on superionic conductors have recently found wide application in many areas of science and technology.

Studies using magnetic fields can provide useful information about the kinetics and dynamics of ion transport, which will make an additional contribution to the development of this area.

Keywords: Keywords: superionic conductors, silver iodide, phase transition, magnetic moment, ionic Hall effect.

Известно, что все существующие вещества по своим электрофизическим свойствам подразделяются на следующие классы: проводники, диэлектрики и изоляторы. Говоря о проводниках мы имеем в виду прохождение электрического тока по структуре проводника в виде направленного движения электронов (проводники первого рода). Кроме того, распространенным явлением в природе является ионная электропроводность, например, в растворах или расплавах солей (проводники второго рода). Кроме того, деление на проводники и изоляторы не всегда оказывается неизменным. Так, некоторые классы веществ в одних случаях могут проявлять свойства изоляторов, но с изменением условий (термическое воздействие, влияние электрических и магнитных полей, влияние оптического и радиационного излучения) свойства этих веществ изменяются – в них появляется проводимость по ионам или смешанная электронно-ионная проводимость.

К такому классу веществ относятся и суперионные проводники-материалы, проявляющие высокую электропроводность по ионам, которая резко (на 2 и более порядков) возрастает при температурах, близких к температуре плавления [1]. Это твердые тела с ионным строением. Особенностью их кристаллического строения является то, что регулярная кристаллическая решетка является как бы составной- из двух (или более) подрешеток, вставленных одна в другую. При определенных воздействиях в одной из подрешеток происходит процесс разупорядочения (структурный фазовый переход), ионы этой решетки приобретают высокую подвижность,

как в расплавах. При этом вторая подрешетка сохраняет порядок и жесткий остов.

Необычно высокая проводимость для кристаллических минералов впервые была обнаружена М.Фарадеем в 1833 году. С этого времени многие исследователи вносили свой вклад в исследование этого явления и в настоящее время суперионные проводники широко используются в качестве базовых для многих технических и научных устройств: в конденсаторах сверхбольшой емкости (ионистерах), таймерах, надежных запоминающих устройствах, селективных датчиках, в солнечных батареях, в бытовых батареях (всем уже известных литиевых батареях), топливных элементах, ионоселективных мембранах, средствах очистки воздуха, в преобразователях информации, в медицинском приборостроении- в батареях для кардиостимуляторов и в множестве других полезных устройств.

Исследование суперионного состояния создало новую, быстроразвивающуюся область науки- ионику твердого тела, а теперь уже и наноионику твердого тела [2]. Как и в любой новой области науки физика суперионного состояния ждет решения многих задач. Одной из важнейших задач в этом направлении является управление свойствами суперионной проводимости посредством воздействия различных факторов и подбор доступных для этих целей соединений. Уже сегодня синтезированы десятки продвинутых суперионных материалов проявляющих высокую ионную проводимость уже при комнатных температурах. Кроме того, эти вещества отличаются еще и необычностью теплофизических свойств [3].

В этой работе проведен анализ воздействие магнитных полей на суперионную проводимость с целью получения дополнительной информации о кинетике и динамике этого явления. Однако, таких исследований до настоящего времени проведено мало и в основном они посвящены исследованию электропроводности растворов электролитов, исследованию электрофизических свойств воды, полупроводниковых и полимерных материалов под воздействием магнитных полей. Показано определенное

изменение величины электропроводности (увеличение) в зависимости от продолжительности воздействия, величины и направления магнитного потока. К примеру, исследований влияния магнитных полей на электропроводность полупроводников имеется достаточное количество. Замечено, что движение дырок в некоторых полупроводниковых материалах подвержено действию магнитного упорядочения при приложении продольного магнитного поля [3]. Исследований воздействия магнитного поля на электропроводность суперионных проводников пока представлено недостаточное количество [4-6], но они могли бы внести ясность в динамику подвижных ионов, а также дать информацию о возможности ионного эффекта Холла.

Электромагнитные свойства веществ характеризуют следующие электрофизические параметры: проводимость, удельное сопротивление, диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость. Магнитное поле воздействует на подвижные электрические заряды с силой (сила Лоренца)

$$F = qvB \quad (1)$$

где q - заряд частицы, v - скорость частицы, B - индукция магнитного поля. Следовательно, чем мобильнее ионы и чем большим зарядом они обладают, и чем сильнее влияние поля тем заметнее и существеннее эффект.

Перенос ионов по каналам проводимости в структуре суперионного кристалла представляет собой ионный ток и, следовательно, вполне возможно для некоторых суперионных проводников ожидать различные эффекты от воздействия магнитных полей, а также существование ионного эффекта Холла. Напомним, что эффект Холла служит причиной возникновения внутреннего электрического поля (называемого полем Холла) в проводнике с током при приложении к нему перпендикулярно направленного внешнего магнитного поля. Эффект Холла был обнаружен для иодида серебра рубидия [4]. Ионный эффект был измерен в кристаллическом быстром ионном проводнике рубидия йодиде серебра $RbAgI$ при температурах от 373 К до 473 К. Был использован новый вариант

метода переменного E /переменного B , с переменным магнитным полем, подаваемым вращающимся постоянным магнитом 1 Т. Установлено, что ценность мобильности Холла значительно меньше, чем сообщали ранее Т. Канада и Э. Мидзуки [4]. В настоящее время установлено, что он идентичен подвижности дрейфа, полученной при предположении, что все ионы серебра в твердом электролите способствуют процессу проводимости. То же самое явление обнаружено для классического проводника быстрых ионов α -AgI. Тем не менее обнаруженное явление обладает добавочной информативностью о кинетике ионного переноса, т.к. позволяет измерять подвижность ионов, эффективную массу носителей заряда. Измерения Холловского напряжения VH позволяют определить плотность носителей заряда

$$n = \frac{IB}{qVH} = \frac{qt}{m_e} = \frac{LI}{WVH} \quad (2)$$

Здесь I - сила тока, q - заряд иона, m_e - эффективная масса заряженной частицы, J - плотность тока.

$$W = \frac{I}{J} \quad (3)$$

Другим шагом в развитии исследований магнитного эффекта по отношению к химическим и физическим процессам было открытие воздействия на них не только внешнего магнитного поля, но и внутреннего, создаваемого ядрами реагирующих частиц в тех случаях, когда эти ядра обладают магнитным моментом. Это новое явление было названо магнитным изотопным эффектом. В отличие от классического изотопного эффекта, зависящего от масс изотопных ядер, новый эффект зависит от магнитных свойств ядер. Величина его может в десятки и сотни раз превосходить [14-15] воздействие классического эффекта. Однако таких исследований пока недостаточное количество. Поэтому для качественного и количественного анализа воздействия магнитных полей необходимы дальнейшие исследования.

Список цитированной литературы.

1. Иванов-Шиц А.К. Компьютерное моделирование суперионных проводников. II. Катионные проводники: Обзор // Кристаллография. 2007. Т. 52. № 2. стр. 318–331
2. Деспотули, А. Л., Андреева, А. В. Краткий обзор нанoeлектроники с низким напряжением и связанных с ней технологий. Международный журнал нанонауки. № 8, стр. 412–419, 2009 г.
3. Abdulchalikova N.R, Aliev A.E, Krivorotov V.F, Khabibullaev P.K. Thermally activated two-level Systems in Superionic Conductors // Solid State Ionics-Elsevier (Netherlands), 1998. - vol. 107. - pp. 59-65.
4. К.М. Голант, В.В. Цуркан, В.Г. Веселаго. Влияние продольного магнитного поля на проводимость в магнитных полупроводниковых шинелях р-типа. Письма в ЖЭТФ, том 28. вып.3, стр. 116-119.
5. Stuhmann C.H.J.; Kreiterling H.; Funke K. Ионный эффект Холла, измеренный в иодиде серебра рубидия. Твердотельная ионика. № 2, стр 154-159, 2002 г.
6. М.Е. Компан. Электрические эффекты в суперионных проводниках в полях неэлектрических сил .Российский электрохимический журнал, 2015, Vol. 51, No. 6, pp. 519–527.
7. Н. Н. Кристофель, О влиянии магнитного поля на моду проводимости суперионного проводника, Физика твердого тела, 1986, том 28, выпуск 10, 315–319
8. Эффект Холла. Качественное объяснение классического эффекта Холла
Количественное объяснение классического эффекта Холла и Матричный формализм в 2D-системе (ruwiki.press)