

**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТОВ
 $\text{YbMFe}_2\text{O}_{5,5}$ (M-Mg, Ca, Sr, Ba)**

ЖУМАДИЛОВ Е.К.

МОН РК АО «Научно-производственный центр «Фитохимия»

izvestiva@ktu.aknet.kg

В работе приведены результаты исследований электрофизических свойств новых ферритов $\text{YbMFe}_2\text{O}_{5,5}$ (M-Mg, Ca, Sr, Ba). Изучена температурная зависимость электропроводности в интервале 300–490 К. Показано, что все соединения обнаруживают полупроводниковые свойства. Представлены рассчитанные по экспериментальным данным, значения ширины запрещенной зоны рассматриваемых соединений.

$\text{YbMFe}_2\text{O}_{5,5}$ (M – Mg, Ca, Sr, Ba) FERRITES ELECTROPHYSICAL PROPERTIES

ZHYMADILOV YE.K.

MES RK JSC, Scientific-production centre «Phytochemistry»

In the work there are presented the results of studying electric-and-physical properties of new ferrites. There is studied the temperature dependence of electric conductivity in the range of 300 to 490 K. It is shown that all the compounds reveal semi-conductive properties. There are presented the calculated on the experimental data values of the width of the forbidden zone of the compounds considered.

В связи с открытием в последнее время веществ, обладающих одновременно сегнетоэлектрическими и ферро- или антиферромагнитными свойствами, следует ожидать дальнейшего расширения области применения сегнетоэлектриков [1, 2]. Для практики важно то, что в таких веществах диэлектрические, магнитные и другие свойства взаимосвязаны. На взаимосвязи указанных свойств уже имеется ряд принципиально новых устройств и приборов, в которых электрическим полем управляют магнитные параметры и, наоборот, магнитное поле используется для управления электрическими параметрами.

Цель данной работы состоит в исследовании температурной зависимости электропроводности новых синтезированных ферритов $\text{YbMFe}_2\text{O}_{5,5}$ (M-Mg, Ca, Sr, Ba) [3, 4], где М – щелочноземельный металл, установление связи электропроводности со структурой соединений и энергией активации, анализе сегнетоэлектрических свойств.

Рентгенографическое исследование вышеуказанных ферритов в работах [3, 4] показали, что все соединения кристаллизуются в ромбической сингонии, причем с возрастанием ионного радиуса щелочноземельного металла от магния к барию наблюдается увеличение параметра c : $14,7\text{Å} \rightarrow 15,13\text{Å} \rightarrow 16,64\text{Å} \rightarrow 17,16\text{Å}$. Соответственно в этом же порядке возрастают объёмы их элементарных ячеек: $104,24\text{Å}^3 \rightarrow 112,93\text{Å}^3 \rightarrow 122,08\text{Å}^3 \rightarrow 126,59\text{Å}^3$.

Электрофизические измерения сопротивления проведены по двухэлектродной схеме, в интервале температур 300–490 К. Результаты представлены на рисунках 1–4.

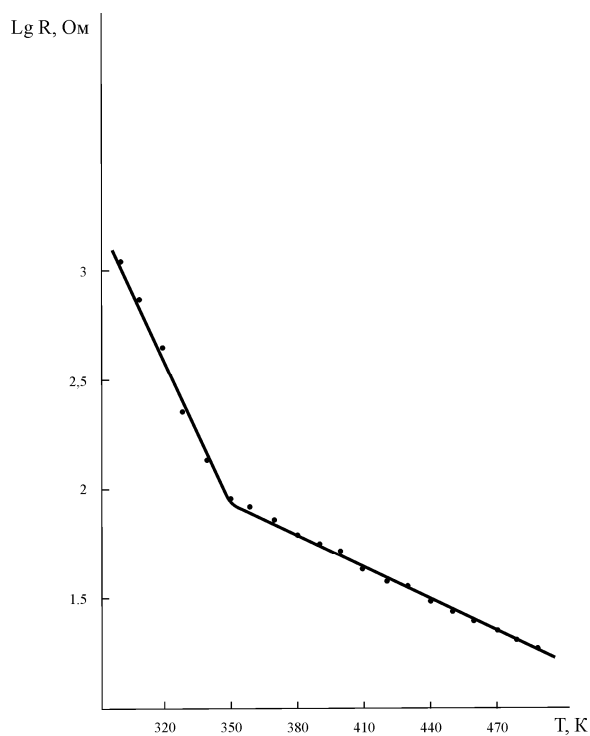


Рис. 1. Зависимость сопротивления от температуры для феррита магния $\text{YbMgFe}_2\text{O}_{5,5}$

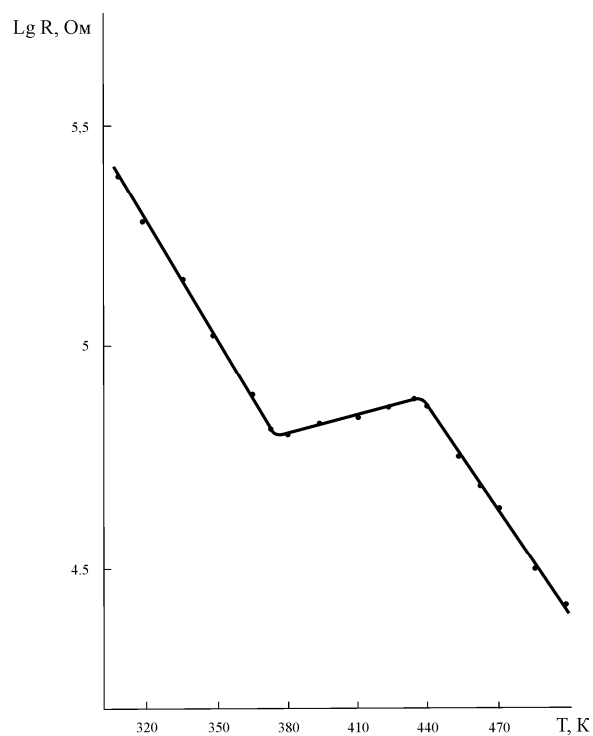


Рис. 2. Зависимость сопротивления от температуры для феррита кальция $\text{Yb-CaFe}_2\text{O}_{5,5}$



Рис. 3. Зависимость сопротивления от температуры для феррита стронция $\text{YbSrFe}_2\text{O}_{5,5}$

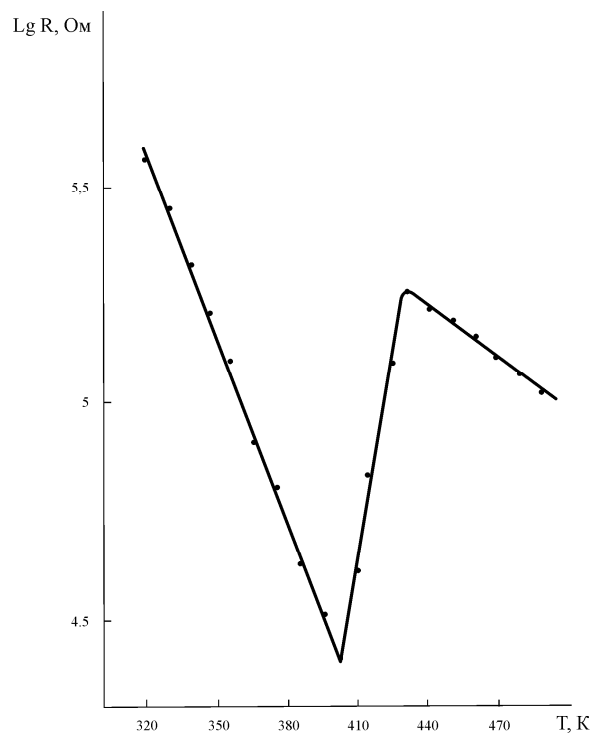


Рис. 4. Зависимость сопротивления от температуры для феррита бария $\text{Yb-BaFe}_2\text{O}_{5,5}$

В исходном состоянии (300 К), при одинаковых геометрических параметрах образцов, сопротивления возрастают от феррита магния к ферриту бария, то есть наблюдается корреляция электрофизических свойств с изменением параметра c решеток, определенного рентгенофазовым анализом.

В процессе нагрева все образцы обнаруживают полупроводниковые электрофизические свойства: с увеличением температуры сопротивление уменьшается (увеличивается электропроводность). Однако характер изменения электропроводности в зависимости от температуры различный. Так, если для ферритов магния и стронция (рис. 1,3) резких скачков изменения электропроводности, в зависимости от температуры, не наблюдается, то для ферритов кальция и бария в определенных температурных интервалах отмечается аномальный эффект. Широкий температурный интервал (от 30 К до 50 К), в котором наблюдается аномальный эффект, связан с керамической технологией синтеза соединений.

В ранних публикациях [5] нами отмечалось, что аномальный эффект можно отнести к фазовым переходам. Для $\text{YbCaFe}_2\text{O}_{5,5}$ температурный интервал фазового перехода от 370 до 430 К, для $\text{YbBaFe}_2\text{O}_{5,5}$ – от 400 до 430 К, значения температурного интервала фазового перехода совпадают со значениями, полученными при термодинамических исследованиях [3, 4]. Ширина запрещенной зоны (ΔE) феррита кальция в интервале 300-360 К равна 2,2эВ, в интервале 430-490 К – 2,5эВ, температурный коэффициент сопротивления в интервале 370-430 К $= +0.005 \text{ K}^{-1}$. Для образца $\text{YbBaFe}_2\text{O}_{5,5}$ в интервале 300-400 К $\Delta E = 2,5\text{эВ}$, в интервале 430-490 К $\Delta E = 0,8\text{эВ}$, Температурный коэффициент сопротивления в интервале 400-430 К $\alpha_T = +0.19 \text{ K}^{-1}$.

Таким образом, до фазового перехода в указанных двух образцах ширина запрещенной зоны возрастает от феррита кальция к ферриту бария. Но, если для феррита кальция, после аномального скачка ширина запрещенной зоны возрастает от 2,2 эВ до 2,5 эВ, то для феррита бария – наоборот, ширина запрещенной зоны уменьшается от 2,5 эВ до 0,8 эВ. Мы предполагаем, что это связано с характером структурных изменений, поскольку феррит кальция имеет температурный коэффициент $\alpha_T = +0,005 \text{ K}^{-1}$, а феррит бария $0,19 \text{ K}^{-1}$.

Как отмечено в [6] из анализа температурной зависимости σ полупроводников и ее связи с энергией активации ΔE_A из уравнения $\sigma_T = \sigma_0 \exp(-\Delta E_A/2kT)$ вытекает, что $\ln \sigma$ является в первом приближении линейной функцией обратной температуры, то есть $\ln \sigma = f(10^4/T)$. Очевидно, что на графике эта зависимость должна выражаться прямыми линиями в пределах, где $\Delta E_A = \text{const}$ и подвижность носителей заряда (электронов и дырок) $\mu = \text{const}$, что и наблюдается, в первом приближении, в полученных нами экспериментальных данных, представленных на рис. 5, 6.

Рассчитанная величина энергии активации для $\text{YbCaFe}_2\text{O}_{5,5}$ $\text{YbBaFe}_2\text{O}_{5,5}$ изменяется в незначительных пределах от 0,01 эВ до 0,03 эВ, тогда как для $\text{YbMgFe}_2\text{O}_{5,5}$ и $\text{YbSrFe}_2\text{O}_{5,5}$ изменяется в 3,5 раза от 0,04 эВ до 0,14 эВ и в высоко- и в низкотемпературной областях.

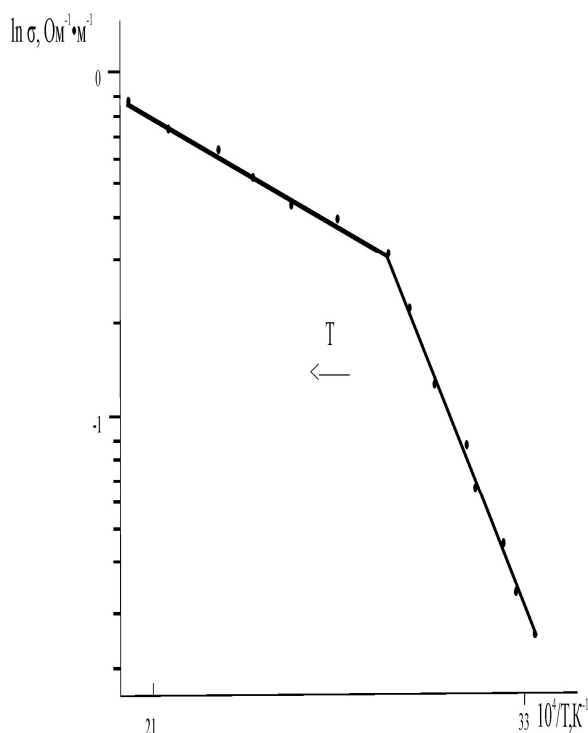
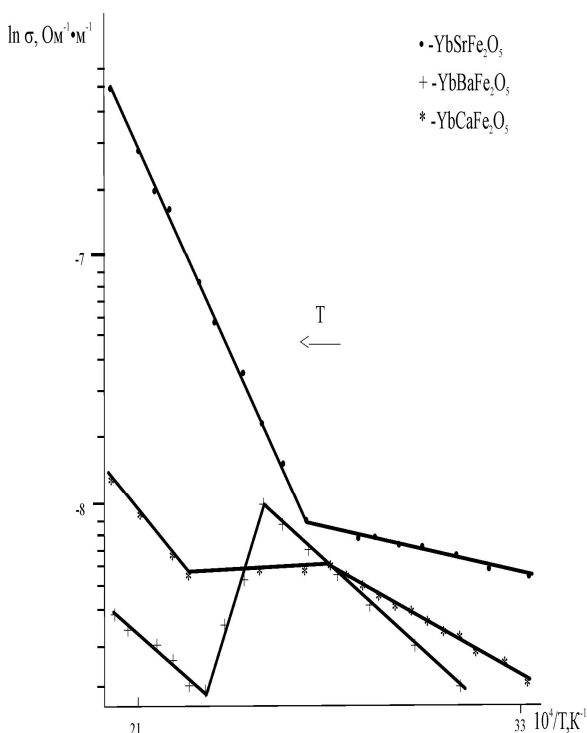


Рис. 5. Температурная зависимость электропроводности для $\text{YbSrFe}_2\text{O}_{5,5}$ (•), $\text{YbBaFe}_2\text{O}_{5,5}$ (+), $\text{YbCaFe}_2\text{O}_{5,5}$ (*).

Рис. 6. Температурная зависимость электропроводности для $\text{YbMgFe}_2\text{O}_{5,5}$

Таким образом, для ферритов $\text{YbMgFe}_2\text{O}_{5,5}$ и $\text{YbSrFe}_2\text{O}_{5,5}$ во всем интервале температур характер электропроводности является полупроводниковым, тогда как для ферритов $\text{YbCaFe}_2\text{O}_{5,5}$ и $\text{YbBaFe}_2\text{O}_5$ характер электропроводности изменяется от полупроводникового к металлическому в определенном интервале температур.

Литература

1. Веневцев Ю.Н., Гагулин В.В., Любимов В.Н. Сегнетомагнетики. -М.: Наука, 1982, 252с.
2. Летюк Л.М. Химия и технология ферритов. -Л.: Химия, 1983. 252с.
3. Касенов Б.К., Толоконников Е.Г., Мустафин Е.С., Касенова Ш.Б. Сагинтаева Ж.Л., Жумадилов Е.К. Синтез ферритов $\text{YbBaFe}_2\text{O}_{5,5}$ и $\text{YbSrFe}_2\text{O}_{5,5}$, их рентгенографические, термодинамические и электрофизические свойства// Журнал неорганической химии РАН. -2006.- Т.51. - №3.- С.416.
4. Толоконников Е.Г., Мустафин Е.С., Касенова Ш.Б., Касенов Б.К., Жумадилов Е.К., Акубаева М.А. Синтез, рентгенографические и термодинамические свойства ферритов $\text{YbMgFe}_2\text{O}_{5,5}$, и $\text{YbCaFe}_2\text{O}_{5,5}$ // Журнал неорганической химии. РАН -2005. -Т.50. -№2.- С. 187.
5. Касенов Б.К., Сагинтаева Ж.Л., Касенова Ш.Б., Едильбаева С.Т., Давренбеков С.Ж., Мустафин Е.С., Жумадилов Е.К. Теплємкость и электрофизические свойства хромитов неодима и лития/Теплофизика высоких температур РАН. -2005.- Т.43. -№5.- С.793.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. -М.: Наука, 1978, 791с.