

УДК 553.061.127.17.001

Соболев В.В., д.т.н., проф. каф. СГГМ, Билык В.Н., студ. гр. ГРб-15-1м
*Государственное ВУЗ "Национальный горный университет",
г. Днепрпетровск, Украина*

ЯВЛЕНИЕ СКАЧКООБРАЗНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

Скачкообразное изменение каких-либо физических характеристик материала обусловлено главным образом фазовым превращением. Например, постепенное увеличение температуры ионного кристалла и одновременное воздействие на него электрическим полем приводит к скачкообразному увеличению электропроводности при достижении определенной температуры (температуры скачка $T_{ск}$). Впервые этот эффект был зарегистрирован в 1995 г. сотрудниками НГУ при электротермической обработке яшмы [1]. В дальнейшем исследовались образцы сидерита [2], кальцита и смеси измельченных карбонатов [3]. Увеличение электропроводности во всех случаях имело схожий характер, указывая на спонтанный механизм формирования новой фазы.

Идея работы заключается в действии какого-либо слабого физического поля на предварительно дестабилизированную микроструктуру твердого тела.

Цель работы – установить связь значений температурных скачков, обуславливающих фазовые переходы, со скоростью нагревания исследуемого образца и с напряженностью внешнего электрического поля.

Научная гипотеза, предложенная в [1-3], до сих пор остается не подтвержденной, но и не опровергнутой. Основное положение гипотезы состоит в том, что скачек электропроводности является следствием образовавшейся в межграничном пространстве новой фазы с электронным или смешанным типом проводимости. Наиболее вероятно, что в сидерите и других карбонатах такой фазой может быть преимущественно графит, графан или графен.

Для понимания физической природы данного явления необходимо решить несколько фундаментальных задач, которые могут стать полезными при изучении физико-химических процессов, протекающих в земной коре, в частности процессов минерало- и рудообразования. Полагаем, что к основным задачам фундаментального характера относятся следующие: установление механизма образования новой фазы, роль степени пересыщения системы атомарным углеродом в образовании той или иной твердой фазы, роль флуктуаций в инициировании спонтанной кристаллизации твердых фаз непосредственно из углеродного газа, роль слабого электрического поля в формировании электропроводящих фаз (явление скачкообразного увеличения электропроводности без действия внешнего поля ни при каких температурах не

проявляется), природа источника, генерирующего атомарный свободный углерод и т.д.

При организации и проведении экспериментальных исследований использована проверенная методика, описанная в [1-3]. В рамках данной программы было проведено 60 экспериментов. В качестве исследуемых образцов использован сидерит, отобранный на месторождении железистых кварцитов из сингенетических залежей богатых сидерит-магнетитовых руд гданцевской свиты оскольской формации (Кривой Рог).

На рис. 1 и рис. 2 показаны зависимости температуры фазовых превращений в микроструктуре сидерита при различных значениях скорости нагревания и внешнего электрического поля слабой напряженности. Точками на графиках представлены средние значения температур фазовых превращений, измеряемых непрерывно в ходе эксперимента. Соответствующие значения скорости нагревания и напряженности электрического поля являются фиксированными для 5-ти одинаковых по условиям опытов.

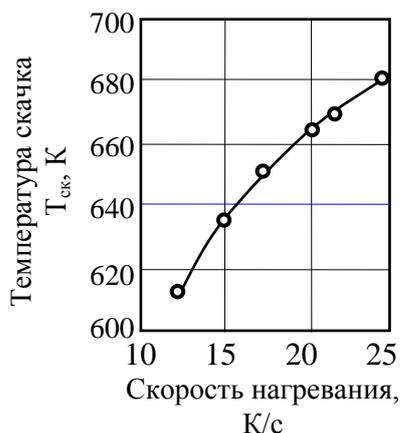


Рис. 1. Экспериментальная зависимость температуры скачкообразного увеличения электропроводности сидерита от скорости нагревания исследуемого образца

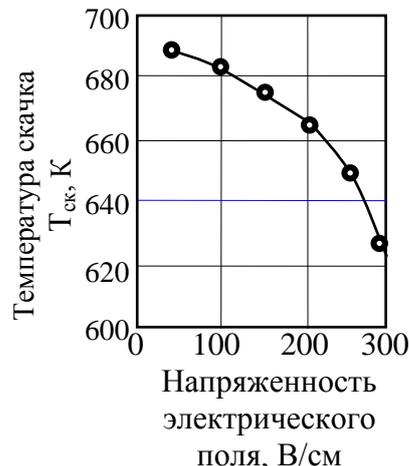


Рис. 2. Экспериментальная зависимость температуры скачкообразного увеличения электропроводности сидерита от напряженности электрического поля

Сидерит (физико-химическую систему) нагревают с некоторой постоянной скоростью, при этом дополнительно воздействуют электрическим полем стабильной напряженности (стабилизация по напряжению и току). По мере увеличения температуры количество носителей электричества увеличивается, а при достижении определенной температуры происходит скачек электрических величин: ток скачком увеличивается до максимального значения, установленного источником питания, и скачком падает напряжение, которое продолжает постепенно уменьшаться до нескольких вольт. Скачкообразное увеличение тока свидетельствует о спонтанном образовании

новой электропроводящей фазы в системе. Предполагалось, что новая фаза – углеродная.

При идентификации новообразованных фаз мы воспользовались несколькими экспериментальными аналитическими методами исследований: рентгенофазовым анализом, просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ) и электронной дифракции, Рамановской спектроскопии (РС) и лазерной дифракцией. Несмотря на трудности методического и организационного характера, методом ПЭМ получена предварительная информация по данным изображений частиц и их картинам дифракций, свидетельствующая о наличии графенов более трех слоев, однослойных, двухслойных графенов со средним размером частиц 1,5 мкм. Рамановские спектры анализировали по трём пикам: 1350 см^{-1} (D), 1650 см^{-1} (G – основной пик графита), и 2650 см^{-1} (2D).

В определенный момент система достигает критической температуры и концентрация подвижных компонент (атомов углерода) в ней становится выше равновесной. Флуктуации энергии и плотности в объеме возбужденного газа атомарного углерода инициируют зарождение множества центров кристаллизации твердых электропроводных фаз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние температуры и электрического поля на электропроводность горных пород и минералов. 1. Яшма / В.В.Соболев, О.В.Орлинская, А.В.Чернай и др. // Минералогический журнал. – 1998. – № 4. – С. 90–95.
2. Влияние температуры и электрического поля на электропроводность горных пород и минералов. 2. Сидерит / В.В.Соболев, А.В.Чернай, О.В.Орлинская и др. // Минералогический журнал. – 2003. – № 1. – С. 91–94.
3. Соболев В.В. Образование новых фаз в измельченном кальците с добавками кремния при нагревании и пропускании электрического тока // Минералогический журнал. – 2008. – № 4. – С. 25–32.