

Релаксационные процессы в природном пирите, происходящие под воздействием постоянных и переменных электрических полей

Н.П. Степанов^{1,2}, Г.И. Грабко¹

¹ Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

² Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Представлены результаты исследования отклика природного пирита FeS_2 на одиночные электрические импульсы постоянного и переменного напряжения различной амплитуды и длительности. Установлено, что, в отличие от импульсов постоянного напряжения, после которых удельное сопротивление образцов уменьшается пропорционально увеличению амплитуды напряжения, отклик на импульсы переменного напряжения характеризуется неоднозначной зависимостью величины уменьшения удельного сопротивления FeS_2 от амплитуды импульсов. Кроме того, если после импульса постоянного напряжения временная зависимость процесса восстановления подчиняется экспоненциальному закону, то в случае переменного напряжения – степенному. Обсуждаются возможные причины наблюдаемых эффектов и перспективы их практического использования.

Ключевые слова: пирит, импульс напряжения, удельное сопротивление, временная зависимость релаксационного процесса.

Введение

Одним из перспективных направлений развития современной электроники является термогенерация на основе альтернативных источников, преобразующих термическую энергию в электрическую [1–3]. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость поиска и комплексного изучения электрофизических свойств новых полупроводниковых соединений, соответствующих определенным требованиям: дешевизна, широкая распространенность в природе, химическая устойчивость, удовлетворительная способность к восстановлению собственных параметров после воздействия внешних факторов, таких как температура, постоянные, переменные электрические поля и т.д. Одними из таких минералов могут стать сульфиды, являющиеся объектом промышленной добычи и представляющие собой бинарные соединения серы с различными цветными металлами (CuS_2 , CoS_2 , NiS_2 и т.д.). При этом свойства сульфидов достаточно подробно изучены, информация о них представлена в различных монографиях [4–6].

Пирит FeS_2 является наиболее распространенным среди этих материалов. Известно, что в природе FeS_2 встречается в двух модификациях с *n*- и *p*-типом проводимости. Подвижность дырок в данном минерале при температуре 293 °С изменяется в пределах 0.5–3 см²/(В·с). Такие значения подвижности характерны для локализованных носителей с большой эффективной массой. Подвижность электронов варьируется в интервале 10–50 см²/(В·с). Низкие значения подвижности свидетельствуют о прыжковом типе проводимости пирита. Повышенный интерес именно к этому составу обусловлен еще и тем, что он представляет собой модельный объект для анализа структуры и физических свойств родственных материалов и, в частности, сульфидов на основе *d*-элементов VIII группы подгруппы железа. Согласно результатам работы [4], в которой была предложена ионная модель пирита $\text{Fe}^{2+}(\text{S}_2)^{2-}$, полианион $(\text{S}_2)^{2-}$ обладает целиком заполненными *3p*-орбиталями и пустой антисвязывающей *3σ*-орбиталью. При этом, несмотря на потенциальную возможность присутствия результирующего молекулярного момента (что могло быть ожидаемо вследствие *3d* конфигурации Fe и наличия четырех неспаренных спинов), было обнаружено равенство нулю данного параметра. По мнению авторов работы [4], последнее связано с тем, что три из пяти *3d*-орбиталей целиком заполнены, а остальные две полностью свободны. И коль скоро взаимодействие между железом и серой достаточно сильно для того, чтобы обеспечить низкоспиновую конфигурацию ионов Fe^{2+} , оно, вероятно, приводит и к некоторой ковалентности связи. На это указывает и размер межъядерного расстояния (2.26 Å), которое значительно меньше суммы соответствующих ионных радиусов (2.60 Å). Ширина запрещенной зоны FeS_2 по данным различных источников колеблется в пределах от 0.7 до 1.2 эВ [4, 5, 7].