ในรายงานการวิจัยนี้ได้ทำการประดิษฐ์เส้นใยนาโน $Ti_{1-x}M_xO_2$ (M = Fe, Co, V, Ni และ $0 \leq x \leq 0.1$) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100 ± 18 nm และเส้นใยนาโนสปิเนลเฟอร์ไรต์ MFe_2O_4 (M = Ni, Cu และ Zn) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 68 ± 7 nm โดยวิธีอิเล็กโตรสปินนิง เส้นใยนาโนที่ประดิษฐ์ได้ถูกนำมาศึกษาลักษณะเฉพาะโดยเทคนิค TG-DTA, SEM, XRD และ FT-IR สมบัติทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้องถูกนำมาวัดโดยเทคนิค vibrating sample magnetometry (VSM) เส้นใยนาโน $Ti_{1-x}M_xO_2$ (M = Fe, Co, V, Ni และ $0 \leq x \leq 0.1$) ทุกชนิดมีเฟสโครงสร้างเป็นอนาเตตผสมกับรูไทล์ เส้นใยนาโน TiO_2 ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 400 , 500 และ 600 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบไดอะที่อุณหภูมิห้อง ส่วนเส้นใยนาโน $Ti_{0.95}Fe_{0.05}O_2$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 400, 500 และ 600 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบเฟอร์โรที่อุณหภูมิห้องและค่าแมกนีไตเซชันอิ่มตัวลดลงเมื่ออุณหภูมิแคลไซน์เพิ่มขึ้น เส้นใยนาโน $Ti_{1-x}Fe_xO_2$ (x = 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1) ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 600 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบเฟอร์โรที่อุณหภูมิห้องและค่าแมกนีไตเซชันอิ่มตัวเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเจือ Fe เพิ่มมากขึ้น เส้นใยนาโน $Ti_{0.9}V_{0.1}O_2$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 400, 500 และ 600 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบเฟอร์โรที่อุณหภูมิห้องเหมือนกันและค่าแมกนีไตเซชันอิ่มตัวลดลงเมื่ออุณหภูมิแคลไซน์เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามเส้นใยนาโน $Ti_{0.95}Co_{0.05}O_2$ และเส้นใยนาโน $Ti_{0.95}Ni_{0.05}O_2$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 400, 500 และ 600 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบแอนติเฟอร์โรที่อุณหภูมิห้อง สาเหตุของการเกิดสภาวะแม่เหล็กแบบเฟอร์โรที่พบในเส้นใยนาโนที่เจือด้วย Fe และ V ยังคงไม่ชัดเจน แต่ มีความเป็นไปได้ที่อาจมีสาเหตุจากกลไกแบบ F-center และ double exchange

เส้นใยนาโนสปีเนลเฟอร์ไรต์ MFe_2O_4 (M = Ni, Cu และ Zn) ทุกชนิดมีเฟสโครงสร้างเป็นสปีเนล เส้นใยนาโน $NiFe_2O_4$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 500, 600 และ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีขนาดของผลึกเท่ากับ 9, 21 และ 27 nm ตามลำดับ เส้นใยนาโน $NiFe_2O_4$ แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบเฟอร์โรที่อุณหภูมิห้องและค่าแมกนีไตเซชันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแคลไซน์เพิ่มขึ้น ค่าแมกนีไตเซชันอิ่มตัว (M_s) เท่ากับ 28.8, 31.9 และ 35.5 emu/g ที่สนาม ± 10 kOe ถูกวัดได้สำหรับเส้นใยที่แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตามลำดับ เส้นใยนาโน $CuFe_2O_4$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 500 °C, 600 °C และ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีขนาดของผลึกเท่ากับ 7.9, 11.3 และ 14.6 nm ตามลำดับ เส้นใยนาโน $CuFe_2O_4$ แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบเฟอร์โรที่อุณหภูมิห้องและค่าแมกนีไตเซชันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแคลไซน์เพิ่มขึ้น ค่าแมกนีไตเซชันอิ่มตัวเท่ากับ 17.73, 20.52 และ 23.98 emu/g ที่สนาม ± 10 kOe ถูกวัดได้สำหรับเส้นใยที่แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตามลำดับเส้นใยนาโน $ZnFe_2O_4$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 500, 600 และ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีขนาดของผลึกเท่ากับ 19, 20 และ 26 nm ตามลำดับ เส้นใยนาโน $ZnFe_2O_4$ ที่อุณหภูมิแคลไซน์ 500 °C และ 600 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบซุปเปอร์พาราที่อุณหภูมิห้อง ส่วนที่อุณหภูมิแคลไซน์ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แสดงสภาวะแม่เหล็กแบบพาราที่อุณหภูมิห้อง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอิเล็กโตรสปินนิงสามารถถูกใช้ในการประดิษฐ์เส้นใยนาโนของวัสดุแม่เหล็กออกไซด์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบใหม่ที่เป็นเส้นใยแม่เหล็กแบบเฟอร์โรสำหรับนาโนคอมโพสิต วัสดุขั้วไฟฟ้าในลิเทียมไอออนแบตเตอรี ตัวเร่งปฏิกิริยา และวัสดุอิเล็กทรอนิกส์สำหรับอุปกรณ์นาโนและอุปกรณ์บันทึกข้อมูล

This study reports the fabrication of $Ti_{1-x}M_xO_2$ nanofibers (with M = Fe, Co, V, Ni and $0 \leq x \leq 0.1$) with diameters of ~ 102 ± 18 nm and spinel ferrite MFe_2O_4 nanofibers (with M = Ni, Cu and Zn) with diameters of ~ 68 ± 7 nm by electrospinning. The fabricated nanofibers were characterized by TG-DTA, SEM, XRD and FT-IR techniques. The room temperature magnetic properties were measured by a vibrating sample magnetometry (VSM). All $Ti_{1-x}M_xO_2$ nanofibers (with M = Fe, Co, V, Ni and $0 \leq x \leq 0.1$) had mixed phases of anatase and rutile. The TiO_2 nanofibers calcined at 400, 500 and 600 °C for 3 h were diamagnetic at room temperature, whereas the $Ti_{0.95}Fe_{0.05}O_2$ nanofibers calcined at 400, 500 and 600 °C for 3 h showed ferromagnetic behavior at room temperature and the specific saturation magnetization decreased with increasing calcination temperature. The $Ti_{1-x}Fe_xO_2$ (with x = 0.025, 0.05, 0.075 and 0.1) nanofibers calcined at 600 °C for 3 h showed ferromagnetic behavior at room temperature and the specific saturation magnetization increased with increasing Fe content. The $Ti_{0.9}V_{0.1}O_2$ nanofibers calcined at 400, 500 and 600 °C for 3 h also showed ferromagnetic behavior at room temperature and the specific saturation magnetization decreased with increasing calcination temperature. On the other hand, the $Ti_{0.95}Co_{0.05}O_2$ and $Ti_{0.95}Ni_{0.05}O_2$ nanofibers calcined at 400, 500 and 600 °C for 3 h showed antiferromagnetic behavior at room temperature. The origin of ferromagnetism observed in the Fe and V-doped nanofibers is still unclear but it is possibly due to the F-center and double exchange mechanism.

All spinel ferrite MFe_2O_4 (M = Ni, Cu and Zn) nanofibers had spinel structure. The $NiFe_2O_4$ nanofibers calcined at 500, 600 and 700 °C for 2 h had crystallite size values of 9, 21 and 27 nm, respectively. The $NiFe_2O_4$ nanofibers showed ferromagnetic behavior at room temperature and the specific saturation magnetization (M_s) increased with increasing calcination temperature. The specific saturation magnetization values of 28.8, 31.9 and 35.5 emu/g at ± 10 kOe were obtained for the fibers calcined at 500, 600 and 700 °C for 2 h, respectively. The $CuFe_2O_4$ nanofibers calcined at 500, 600 and 700 °C for 2 h had crystallite size values of 7.9, 11.3 and 14.6 nm, respectively. The $CuFe_2O_4$ nanofibers showed ferromagnetic behavior at room temperature and the specific saturation magnetization increases with increasing calcination temperature. The specific saturation magnetization values of 17.73, 20.52 and 23.98 emu/g at ± 10 kOe were obtained for the nanofibers calcined at 500, 600 and 700 °C for 2 h, respectively. The $ZnFe_2O_4$ nanofibers calcined at 500, 600 and 700 °C for 2 h had crystallite size values of 19, 20 and 26 nm, respectively. The $ZnFe_2O_4$ nanofibers calcined at 500 and 600 °C for 2 h showed superparamagnetic behavior at room temperature, whereas calcined at 700 °C for 2 h showed paramagnetic behavior.

This study shows that electrospinning can be used to fabricated nanofibers of oxide magnetic materials which would have potential in some new applications as ferromagnetic fibers for nanocomposites, anodic material in lithium ion batteries, catalysts, and as electronic material for nanodevices and storage devices.