多層カーボンナノチューブ紡績糸のインピーダンス特性

Impedance properties of multi-walled carbon nanotube yarns

和歌山大システム工，岡山大学大学院自然科学研究科
○(M2) 岡本 宣仁，伊東千尋，井上寛隆，家元章伍，林靖彦
Dept. of Materials Science and Chemistry, Wakayama University
Faculty of Natural Science and Technology, Okayama University
○Nobuhito Okamoto, Chihiro Itoh, Hirotaka Inoue, Shougo Iemoto, Yasuhiko Hayashi
E-mail: s193014@wakayama-u.ac.jp

1. 背景・目的

自動車やデバイスなど、あらゆる分野で利用されている送電線の材料は、軽量化や幅広い交流周波数領域での応用化が望まれている。カーボンナノチューブ(CNT)は、軽量かつ柔軟でありながら高い電気伝導性を有することから、応用が期待されている。本研究では、送電線としての応用を考慮し、多層カーボンナノチューブ(MWNT)の繊維を束ねて撚りを加えた紡績糸でインピーダンス特性を測定し、繊維の撚りとインピーダンスの関係性を明確にすることを目的とした。

2. 実験

Fig. 1 に撚り角の異なる 3 種の MWNT 紡績糸(a, b, c)の SEM 像を示す。SEM 画像より紡績糸の軸に対する繊維の撚り角 θ をそれぞれの紡績糸について評価したところ、 $\theta_a = 36.11°$, $\theta_b = 20.27°$, $\theta_c = 10.14°$であった。これらの試料をギャップ 2.8 mm の銅電極に転写し、LCR ハイテスタで試料に 1 V の定電圧を与え、10^{-2} ~ 10^5 Hz の範囲でインピーダンスを測定した。得られたインピーダンススペクトルから等価回路を作成し、撚り角の違いとの関係を考察した。

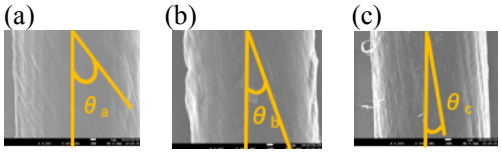

Fig. 1 SEM images of MWNT yarns (a, b, c)

3. 結果・考察

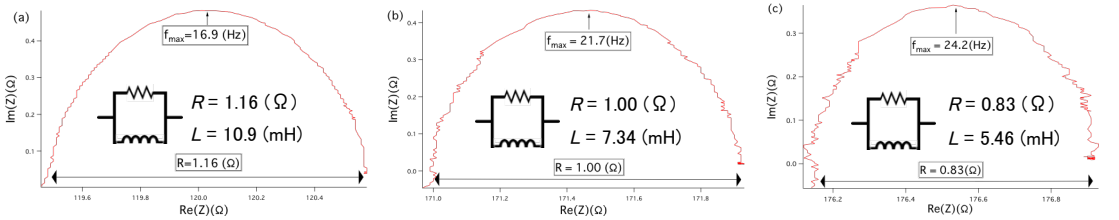

Fig. 2 Nyquist plot of the sample (a), (b), and (c). The inserted diagrams show equivalent circuits.

Fig. 2 (a)~(c)にそれぞれの試料の 1 ~ 500 Hz におけるナイキストプロットを示す。全ての試料において、この周波数領域で誘導性半円が得られ、半円の直径 $R(\Omega)$と頂点での周波数 f_{max}(Hz)からコイルのインダクタンス L を $L = R/2\pi f_{max}$ より算出し、Fig. 2 に挿入した等価回路を作成した[1]。撚り角が大きい、すなわち単位長さあたりの繊維の巻き数が多い紡績糸ほど L が大きくなっており、$L = \mu n^2 lS$ (μ:透磁率、n:単位長さあたりの巻き数、l:長さ、S:断面積)で示されるように、巻き数が多いほどインダクタンスが大きくなることを示す。コイル成分としては繊維の撚りが要因となっていると考えられ、電流が繊維の方向に流れることを示唆している。Fig. 3 にそれぞれの試料の 50 Hz でのインピーダンスの虚部の値を示す。50 Hz での応用を考慮した場合、撚り角が大きいほど、虚部の値が極大になる f_{max} が 50 Hz から離れるが、50 Hz での値は大きいという問題点が存在することが分かった。

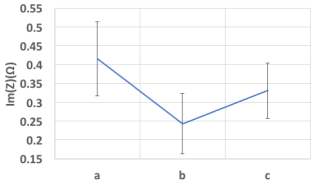

Fig. 3 Imaginary part of MWNT yarns at 50 Hz.

講演では、現在の MWNT の生産技術において構造欠陥が多く含まれる点にも着目し、構造欠陥が電気伝導に与える影響についても議論する。

[1]板垣昌幸 電気化学インピーダンス法:原理・測定・解析 丸善株式会社 (2008)

© 2020年 応用物理学会