超音波により誘起される電磁応答の位相検波

Phase sensitive detection of electromagnetic response induced by ultrasonic excitation

農工大院工 [1]　○山田 尚人 [1]，生嶋 健司 [1]

Tokyo Univ. A & T [1], ○Hisato Yamada[1], Kenji Ikushima[1]

E-mail: h-yamada@cc.tuat.ac.jp

超音波による応力印加は、圧電体や強磁性体の電気分極または磁気分極を時間的に変化させ、それに伴って超音波と同一周波数の電磁場を物体周辺に発生させる。我々はこれまで、この超音波により誘起される微弱な電磁応答（ASEM 応答）の検出技術を開発し、様々な物質に対して実証してきた[1-3]。また、強磁性体に関して、ASEM 応答の磁場依存性は歪磁曲線に相当し、非接触にヒステリシス特性が取得できる[4]。最近、黒皮（ミルスケール）の付着した鋼材や珪素鋼板において、ASEM 応答の磁場依存性が通常の歪磁曲線とは異なる振る舞いが観測されており、位相情報も含めた詳細な測定が要望されている。

本研究の目的は、ASEM 応答の位相検波を実現し、圧電・圧磁係数の実部のみならず、虚部を取得できる測定システムを開発することである。図 1 にそのセットアップを示す。測定対象物として強磁性体を想定し、ループアンテナ（ピックアップコイル）によって超音波集束スポットで発生する交流磁場を検出する。超音波は 10MHz バースト波により発生され、同期した参照信号を用いて位相検波する。

図 2 に一般鋼（SS400）に対して測定したヒステリシス曲線を示す。ここで、位相 0° は、飽和磁化に達した状態（H ≒ 200 kA/m）を基準として決めた。まず、磁場を反転させると、実部・虚部とも予想通り反転することがわかる。ただし、実部が反転する磁場の値はゼロ磁場から少しずれており、そのとき信号振幅はほぼゼロである。これは、文献[4]の報告と同様、保磁力に対応している。さらに、低磁場領域ではエネルギー損失に関わる虚部がわずかながら観測された。講演では、測定系の詳細と実部・虚部の意味について議論したい。

[1] K. Ikushima *et al.*, Appl. Phys. Lett. **89**, 194103 (2006). [2] N. Ohno *et al.*, Proc. of Symposium on Ultrasonic Electronics **32**, 211 (2011). [3] H. Yamada *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **84**, 049903 (2013). [4] H. Yamada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 086601 (2015)

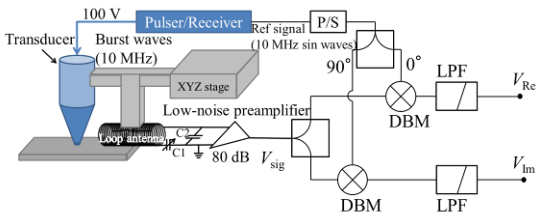

図 1　位相検波セットアップ概略図

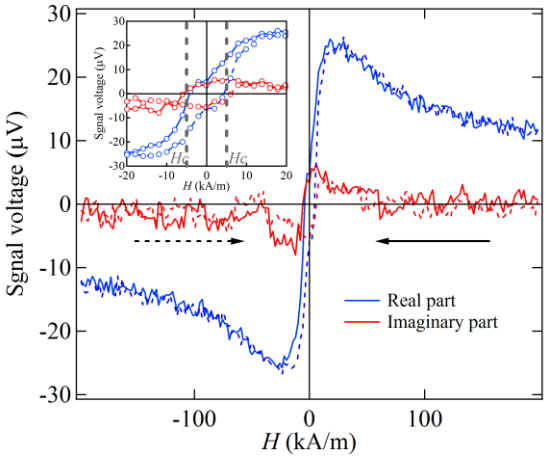

図 2　一般鋼の位相検波によるヒステリシス測定結果。青線が実部、赤線が虚部を示している。実線は交流消磁後に磁場を約 200 kA/m から-200 kA/m まで印加した場合。破線は実線の-200 kA/m から 200 kA/m まで磁場を変化させた場合である。左上挿入図は-20＜H＜20 kA/m の拡大図。

© 2016年 応用物理学会