

無線触覚素子による応力計測法

○清田 翔平, 中野 允裕, 篠田 裕之 (東京大学)

Stress Measurement Using Wireless Tactile Element

○Shohei KIYOTA, Tadahiro NAKANO and Hiroyuki SHINODA (The University of Tokyo)

Abstract: In the previous study, we proposed a stress tensor sensor. That sensor communicates without wires and battery. In this paper, we propose a method for realizing the wireless tactile sensor using a technology called Two-Dimensional Signal Transmission (2DST). In 2DST, microwave is localized in a two dimensional medium. Sensor elements located close to the 2DST sheet communicate using the microwave by the proximity connectors. First, we explain the principle of the proximity connector. Second, we analyze the efficiency of power transmission and reflection by numerical simulation. At last, we design a prototype sensor.

1. はじめに

弾性体に働いている応力テンソルを、弾性体内に埋め込んで用いるセンサ素子によって計測することが出来るようになれば、接触情報を必要とする工学分野で幅広い応用が期待できる[1]. 例えば、弾性体表面に近い位置に埋め込むことで、表面の応力パターンをより精細に取得することが可能になる. また、応力テンソルは座標系によらない応力の一般的な表現であり、製造時の詳細な位置合わせが不要になるなどの工業的な利点も考えられる. 更に、弾性体に働く一方向の垂直応力を厳密に計測するためには、応力テンソル計測が必要である. 我々は昨年の SI2007 において、応力テンソル計測素子のコンセプトについて説明した[2]. それは無配線で給電・通信を行う素子を弾性体内に埋め込んで、応力テンソルを計測するというものであった. 本稿では応力計測素子の無線化手法について述べる.

2. 原理

応力計測素子のワイアレス・バッテリーレス化のために我々が利用するのは 2 次元通信技術と呼ばれる無線技術である [3]. 各計測素子は二次元通信シート (Two-Dimensional Signal Transmission Sheet, 2DST sheet) 上に自由に配置することが可能で、通信シートと電気的な接触を必要とすることなく、無配線で通信、電力取得ができる. 通信・給電にはシート内を伝搬するマイクロ波が利用される.

2DST シートは 2 層の導体層 (金属布など) が誘電体層を挟む柔軟な構造を持つ (図 1). シートに印加されたマイクロ波は誘電体層内を 2 次元的に伝播する. 上部導体層はメッシュ構造を持ち、シート内を伝播する

マイクロ波によってシート上部にはエバネッセント波が生じる. 各計測素子はコネクタを通じて、シート上のメッシュ導体部分に静電結合し、エバネッセント波に接続することで通信と電力取得を行う.

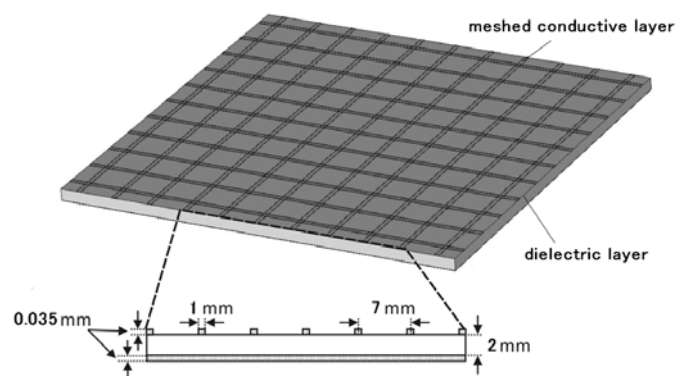


Fig. 1 Schematic drawing of 2DST sheet

3. 設計

3.1 通信コネクタ

電磁界シミュレータを用いてコネクタの設計を行った (図 2). コネクタ下面の導体板と芯線とからなるループによって、電力を取得する. ループ部(PartI)は 2DST シートのメッシュと誘導結合する一方、導体板(partII)はメッシュと静電結合することで、シートとコネクタのインピーダンスを整合する. 芯線とビアは誘電体に埋められている.

通信シートの比誘電率は 1.4, コネクタ誘電体の日誘電率は 2.7, 誘電損失は 0.0002, 導体の電気伝導度は 37.4×10^6 S/m (アルミニウム)とした. 通信シートのメッシュ部とコネクタ導体部 (PartII) との距離は 0.1 mm とした.

上記のモデルのもと、図 2 に示したコネクタ形状が発見的に得られ、W-STUDIO (AET Japan, Inc.) による数値シミュレーションの結果、2.4GHz の周波数帯において 56% の効率で電力伝送できることを確認した。

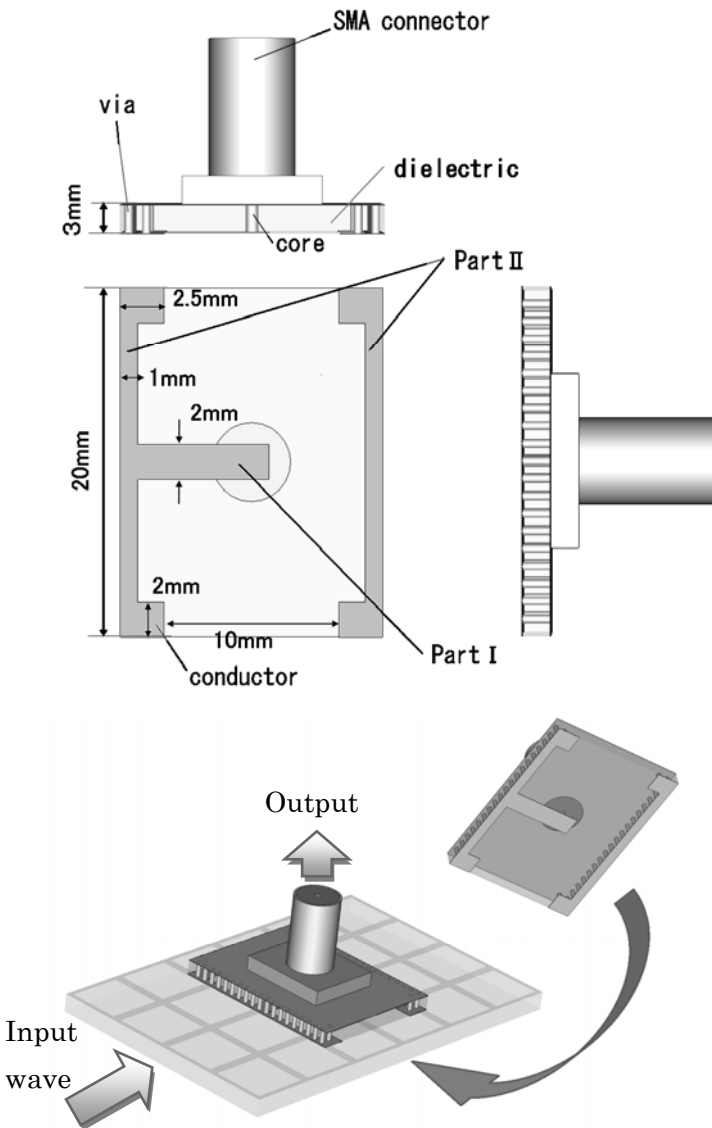


Fig.2 The proposed structure of the connector. At the front boundary of the sheet, electric energy can't pass through to the outside.

3.2 プロトタイプ

前節の結果を踏まえ、試作機を以下のように設計する (図 3)。コネクタのループ部及び導体板は、誘電損失の少ないテフロン製の両面基板に導体パターンとビアを形成することで実現する。

コネクタ上部にセンサ構造体 (試作ではアクリルを使用) を取り付け、側面に電力取得用の整流回路と応力センシング部を載せる。2DST シートより取り出した

電磁波はブリッジ回路で全波整流し、コンデンサに貯めて電力として利用する。センサ部には静電容量型の応力センサを使用する。センサ構造体上面に配置したコンデンサの正極板をシュミットインバータの入力に接続し、RC 発振回路を形成することで、センサに加わる垂直応力を発振周波数の変化として計測する。

計測データの通信に関しては、電力供給用の電磁波との混信を回避するため、今回は自由空間を伝播する無線を利用して送信することにする。

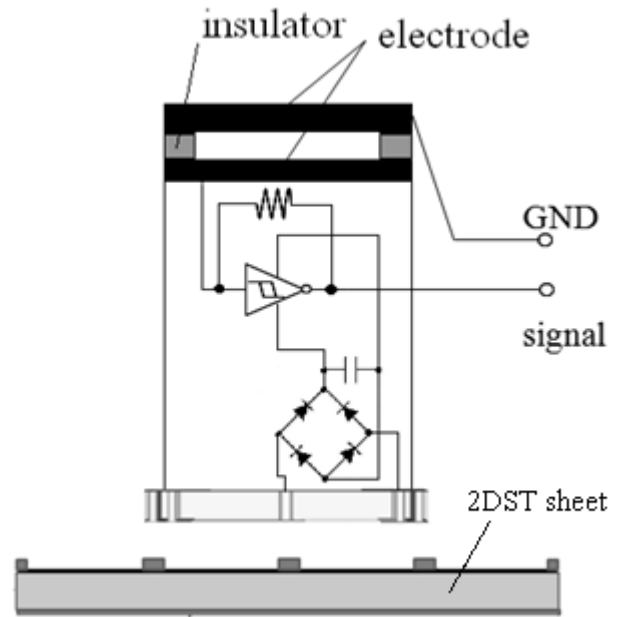


Fig. 3. The blueprint of prototype.

4. おわりに

本稿では応力計測素子の無線化について、その実現方法と素子の設計について述べた。今後は今回述べた設計指針に基づいてプロトタイプを作成し、実際に応力計測を行う予定である。

5. 参考文献

- [1] M. H. Lee and H. R. Nicholls, "Tactile sensing for mechatronics --a state of the art survey", *Mechatronics* 9 (1999), pp. 1-31.
- [2] 清田 翔平, 篠田 裕之, "対称構造を利用した表面応力センサ," 2A2-5, SICE SI 2007.
- [3] H. Shinoda, Y. Makino, N. Yamahira, and H. Itai, "Surface Sensor Network Using Inductive Signal Transmission Layer," in *Proc. of INSS 2007*, 2007, pp. 201-206.