

研究論文

金属処理繊維を用いた尿パッド・オムツ用濡れセンサの開発

安田篤司*1、三浦健史*1、丹羽昭夫*2

Development of a wet sensor for urine pad diapers that used metal processing fiber

Atsushi YASUDA*1, Kenji MIURA*1 and Akio NIWA*2

Owari Textile Research Center, AITEC*1*2

金属が尿等に含まれる塩分の作用で電位を生ずることに注目し、金属処理繊維を被覆した糸で織物を作製し、その織物に直接スパッタリング、あるいは他の織物にスパッタリング処理等を施し、組み合わせることで、フレキシブルな特性を維持したまま、金属の発生する電位差を利用した尿取りパッド用の濡れセンサの開発を試みた。その結果、金属処理糸被覆糸使い織物に直接行うより、別の織物にスパッタリングを行い金属処理糸被覆糸使い織物に積層することでセンサとして安定した応答を示すことを見出した。また、吸水材を用いての試験で、吸水材に蓄えた塩化ナトリウム水溶液により、長時間、起電力を維持することが分かった。

1. はじめに

寝たきりの高齢者や障害者を介護する際、高齢者・障害者の尿・汗への対応は介護者にとって負担の大きいものとなっており、尿等の処理を放置すると、高齢者・障害者の皮膚への影響による不快感に加え、臭いによる不快感が生じる。最近では、尿取りパッド・オムツの吸水性能が向上し、皮膚への影響やにおいの問題も以前よりは少なくなってきたが、それでも、定期的にチェックしなければならないという介護者の負担は変わっておらず、オムツ等を必要なタイミングで交換されないと障害者・高齢者への負担になっている場合がある。そのため、高齢者・障害者への負担を少なく且つ介護者の負担が少なくなるようオムツ等の濡れ情報を通知するシステムが求められている。

この、システムの対策として、尿パッド・オムツにセンサを取付けオムツの濡れ状況を検出する試みがなされ、センサ付オムツ・尿取パッドとして上市されているが、装着時に違和感や、色が変わるだけなので確認の必要、オムツの電気抵抗を測定するためセンサを通電状態にする必要がある等、様々な問題を有している。

ここでは、金属が尿等に含まれる塩分の作用で電位差が発生することに注目し、織物・フィルム等にフレキシブルな特性を維持したまま金属を付与することで、金属の発生する電位差を利用した尿取りパッド用の濡れセンサの開発を試みた。具体的には、市販の金属蒸着糸（以下ラメ糸）を他の繊維で被覆した糸で織物を作製し、スパッタリング処理等で電極となる金属を織物表面に付与

した。尿を見立てた NaCl 水溶液との作用で生じるラメ糸及びスパッタリングで用いた金属間の電位差（以下、起電圧）を検出することで、濡れ状況を検出するフレキシブルなセンサの開発を行った。

2. 実験方法

2.1 試料作製方法

使用した織物の規格および金属の付与方法および使用金属を、表 1、表 2 に示す。

表 1 使用した織物の規格

(組織：平織、緯密度 43 本/25.4mm)

試料名	糸の種類(番手)、構成本数の比	
	経	緯
PET 布	PET 糸 (167dTex / 2)	PET 糸 (167dTex / 2)
AL100	PET 糸 (167dTex / 2)	ラメ糸被覆糸 (1000 dTex)
AL75	PET 糸 (167dTex / 2)	ラメ糸被覆糸 (1000 dTex) PET 糸 (167dTex / 2) ラメ糸被覆糸 : PET 糸 = 3 : 1
AL50	PET 糸 (167dTex / 2)	ラメ糸被覆糸 (1000 dTex) PET 糸 (167dTex / 2) ラメ糸被覆糸 : PET 糸 = 1 : 1
AL25	PET 糸 (167dTex / 2)	ラメ糸被覆糸 (1000 dTex) PET 糸 (167dTex / 2) ラメ糸被覆糸 : PET 糸 = 1 : 3

スパッタリング装置として、アルバック製のコンパクトスパッタ装置を用いて、シリコンのダミーウェハの上のカプトンテープでスパッタリングする試料を貼り付けて固定し、スパッタリングを行った。また、スパッタリ

ング以外にも、銅の導電性テープを貼り付けて試料を作製した。なお、試料サイズは 20mm×60mm とした。

表2 使用した金属

金属処理系及び電極作製方法	用いた金属
ラメ系	Al
スパッタリング	Au
導電性テープ	Cu

2.2 センサの評価方法

試料に 0.6%塩化ナトリウム水溶液を 0.3cc 滴下後 10 分間は 3 秒毎、10~60 分間は 5 分毎、それ以降は 30 分毎にセンサの起電圧をテスタ（日置電機（株）製デジタルハイテスタ 3803）で測定した。また実際の使用方法を想定して、試料の上に尿取りパッドに用いる吸水材を 0.5 g 置き、その上から 0.6%塩化ナトリウム水溶液を 10cc 滴下し、滴下直後から 20 分間は 3 秒毎、20 分~60 分間は 5 分毎にセンサの起電圧を測定した。

その応答結果から、10 分から 30 分間の起電圧 5 点の平均を安定電圧として、塩水を滴下後、安定電圧に達するまでの時間（到達時間(sec)）を求めた。また、急激な電圧低下の有無等についても調べた。

3. 結果・考察

3.1 スパッタリング試料の導通の影響

AL100、AL75、AL50 の織物に、1 μ m の膜厚が得られるように調整したスパッタリング処理を行った。なお、織物上に生成する金属膜の膜厚は直接測定できなかったため、ここでは、シリコンウェハ上で同時間処理することで生成する金属膜の膜厚を便宜的に用いた。作製した試料のスパッタリング面の電気抵抗を測定した後、0.3cc の 0.6%塩化ナトリウム水溶液を滴下して起電圧を測定した。その結果を図 1、表 3 に示す。織物の凹凸のためスパッタリング面の電気導通はない物もあったが、起電圧についてはすべての試料で認められた。このことにより、スパッタリングでの導通が得られなくても、濡れセンサとして機能することが分かった。

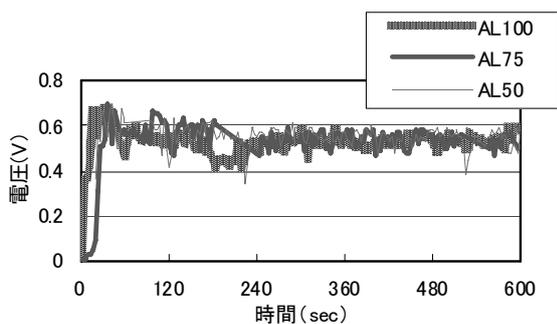


図1 スパッタリング処理織物センサの応答

表3 スパッタリング処理織物センサの応答特性

試料名	到達時間 (sec)	導通の有無
AL100	18	有
AL75	33	有
AL50	24	無

3.2 試料中のラメ系被覆系の構成本数がセンサの性能に及ぼす影響

試料中のラメ系被覆系の構成本数とセンサ性能の関係を調べた。試料表面の導通状態がセンサ特性に影響及ぼすことを避けるため、電気試料中のラメ系被覆系の本数を 4 段階に変えた試料の表面に導電性銅箔テープを貼り付け、0.3cc の 0.6%NaCl 水溶液を滴下して起電圧を測定した。その結果を図 2、表 4 に示す。ラメ系の本数と安定電圧に達する到達時間の明確な関係は見出せなかった。

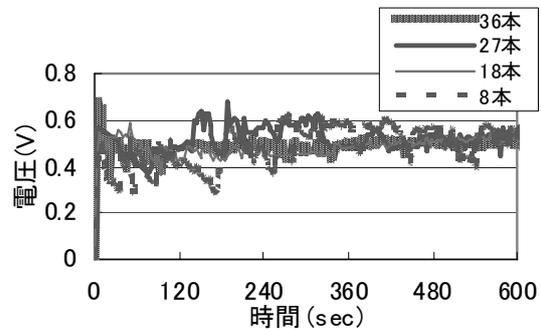


図2 ラメ系の本数の影響

表4 ラメ系被覆系の本数と応答特性

ラメ系被覆系の本数	到達時間(sec)
36	3
27	6
18	6
8	189

3.3 尿取りパッドの防水紙上へのセンサの設置方法の影響

センサを尿取りパッドの最外層にある防水紙と吸水材の間で、防水紙に固定して使用されると仮定される。そこで、防水紙上への設置方法がセンサの応答特性に及ぼす影響を調べるため、防水紙の代わりにセロハンテープを用い、スパッタリングした面の反対側に、セロハンテープを貼り、スパッタリング面に塩化ナトリウム水溶液を滴下した場合と、スパッタリング面にセロハンテープを貼り、スパッタリングした面の反対側に塩化ナトリウ

ム水溶液を滴下したときの応答の違いを調べた。その結果を**図3**、**表5**に示す。セロハンテープを貼らないものと比較して安定電圧に達する時間は遅くなるのが分かった。また、スパッタリングした面に滴下するのと、スパッタリングした面の反対側に滴下するのでは、スパッタリング面に滴下した場合で電圧降下が見られた。

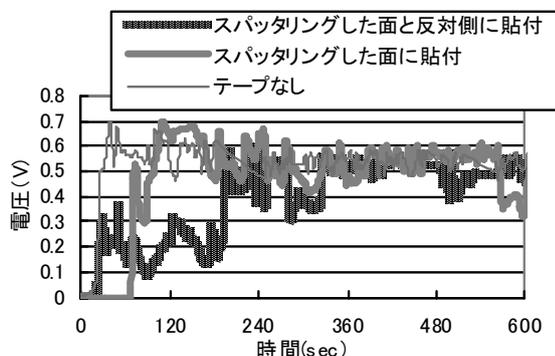


図3 セロハンテープの貼付位置の影響

表5 セロハンテープの貼付位置によるセンサの応答特性の違い

貼付位置	到達時間 (sec)	極端な電圧降下の有無
スパッタリングした面と反対側	195	有
スパッタリングした面	72	無
テープなし	33	無

セロハンテープを貼らない試料は水分を糸の全方向からでも吸収できるのに対し、セロハンテープを貼った場合は、粘着材により水分を吸収できる部分が制限されるためと考えられる。このことは、スパッタリングについても同様で、スパッタリングで金属の付着している部分は水分を吸収・拡散できない。そのため、スパッタリングした面にセロハンテープを貼って、裏から滴下した方が水分の拡散がよく、逆に裏面にセロハンテープをはり、スパッタリング面に滴下したものが不安定な結果となったのは、セロハンテープの粘着材とスパッタリングの金属で水分の吸収が不十分になったためと考えられる。

3.4 センサの構造が応答特性に及ぼす影響

別の布にスパッタリング処理を行い、それとラメ糸被覆糸使い織物とを積層させることで、センサとして機能するかどうか調べた。そのため、積層方法として次の2つの方法で積層し、NaCl水溶液を滴下した。

(積層方法A) 下面にセロハンテープを貼ったAL100の上に、スパッタリング処理PET布を、スパッタリング面を上にして積層。

(積層方法B) スパッタリング面にセロハンテープを貼り、スパッタリング面が下になるように置いたスパッタリング処理PET布の上にAL100を積層。

スパッタリング処理PET布は、PET布に膜厚1 μ mのスパッタリング処理を行ったものを用いた。その結果を**図4**、**表6**に示す。積層方法Aは、積層方法Bで膜厚1 μ mのPET布を用いた物と比べて応答が早い、1800秒で短絡と思われる急激な電圧降下が起る。前項3.3の直接スパッタリングしたものと異なる傾向が要因として、積層方法Aの場合、水分はPET布の隙間を通じて、ラメ糸被覆織物に達するため、撥水効果でできる水滴は細かいものとなり、AL100で吸収されやすい状態になったためと考えられる。また、積層方法Bの応答が遅くなった要因も、センサ上の水分移動の影響で、AL100上に水滴が長く残り、局所的な短絡が起こったため、電圧が不安定になったと思われる。

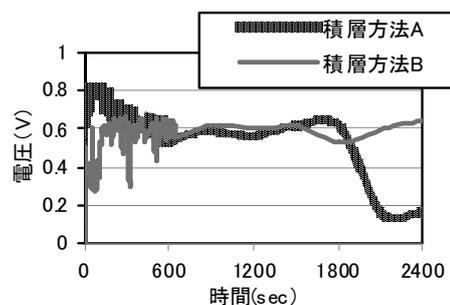


図4 積層型センサの応答特性

表6 積層方法による応答特性の違い

積層方法	到達時間 (sec)
積層方法A	3
積層方法B	51

3.5 吸水材を用いたセンサの性能評価

試料の上に尿取りパッドから取り出した吸水材0.5gを置き、吸水材にNaCl水溶液を10cc滴下し、起電圧を測定した。試料として、前項3.3の直接スパッタリングし、スパッタリングした面にセロハンテープを貼ったもの、スパッタリング布を前項3.4の積層方法Bで積層したものを用いて行った。その結果を**図5**、**表7**に示す。NaCl水溶液が吸水材に十分に保持され、かつ一定量の水分をセンサに供給するようになるため、センサの応答は非常に安定したものとなった。また、直接スパッタリングした物よりも、スパッタリングした布の上に積層したものの方が、応答が速い結果となった。このことは、スパッタリング布を積層した場合、ラメ糸被覆糸使い織物

の全面で水分を浸透が可能であることに對し、直接スパッタリングした場合は、スパッタリングされていない部分でしか水分が浸透できないことに起因していると思われる。

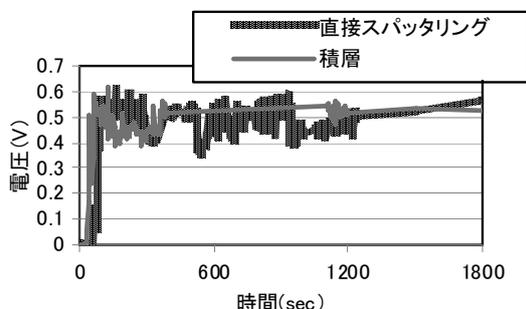


図5 吸水材を用いた時のセンサの応答

表7 吸水材を用いた時の違い

センサの作製方法	到達時間 (sec)
Au 直接スパッタリング	90
Au スパッタリング布積層	61

3.6 繰り返し試験

3.5 で用いたスパッタリングした布の上にラメ糸被覆糸織物を積層したものを蒸留水で水洗し、乾燥させた後、再度 0.5 g の吸水材を置き、吸水材に NaCl 水溶液を 10cc 滴下し、起電圧を測定した。その結果を図 6 に示す。2 回目の試験でも非常に安定しており、且つ 1 回目よりばらつきが小さくなる傾向にある。ただし 3 回目になると、後半やや不安定になった。

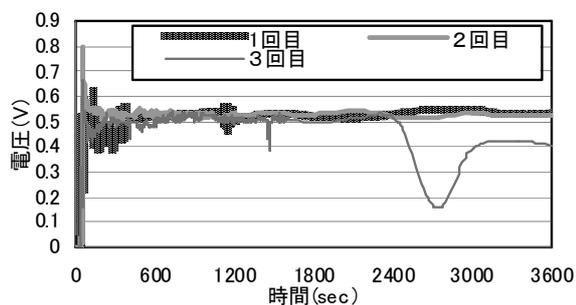


図6 繰り返し試験の結果

3.まとめ

尿取りパッドに組み込み可能な、フレキシブルで、濡れることでセンサ自体が起電するセンサについて検討した結果、次のことが分かった。

○スパッタリングした布自体が導通しなくても、センサとして機能する。

○スパッタリング処理することにより、塩化ナトリウム水溶液の織物への吸収・拡散が悪くなるため、ラメ糸被覆糸使い織物に直接行うより、別の織物にスパッタリングを行いラメ糸被覆糸使い織物に積層して用いた方が、応答はよくなる。

○実際の使用方法を想定した試験では、吸水材に蓄えた塩化ナトリウム水溶液により、長時間、起電力を維持するが、センサ表面の水分の吸収・拡散状態によっては、短絡等で起電圧が極端に低下する場合もある。

○センサの構造によっては、繰り返し利用は可能であるが、繰り返し回数が増えると不安定になる。

謝辞

本研究を行うにあたり、スパッタリング装置の原理、取り扱いについての説明や、貴重な意見を頂いた、独立行政法人 産業技術総合研究所中部センター 先進製造プロセス研究部門 センサインテグレーション研究グループの松原一郎氏をはじめ、グループ員の方々に深く感謝の意を表します。