

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：31302

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21656104

研究課題名（和文） 室温で動作する薄膜磁界センサによる脳磁界計測の試み

研究課題名（英文） A trial of Magneto Encephalograph Measurement using thin film magnetic field sensor at room temperature

研究代表者

藪上 信 (YABUKAMI SHIN)

東北学院大学 工学部 教授

研究者番号：00302232

研究成果の概要（和文）：室温で動作し、伝送線路構造を有する薄膜磁界センサを開発した。本センサは磁性薄膜の表皮効果と強磁性共鳴を用いてキャリア信号の位相変化を計測するものである。DMTD 回路およびタイムインターバルアナライザを用いて微弱磁界に対する高精度な時間変化を計測するセンサシステムを開発した。磁気シールドルーム内においてセンサヘッドを被験者の後頭部に近接配置し 8Hz～11Hz の α 波に相当する微弱磁界を計測できた。

研究成果の概要（英文）：We developed a transmission line type thin film sensor for biomagnetic application. The sensor element consists of coplanar pattern of Cu, ceramic substrate and amorphous CoNbZr film. A small AC magnetic field was applied to the sensor element and a very small phase change was detected using a Dual Mixer Time Difference method. Sinusoidal wave around 8Hz -11Hz was observed using the sensor, probably it may be α wave.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	0	700,000
2010年度	800,000	0	800,000
2011年度	1,600,000	480,000	2,080,000
総計	3,100,000	480,000	3,580,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：磁界センサ，脳磁界計測，室温動作

1. 研究開始当初の背景

脳磁界は脳の神経細胞の興奮に伴う磁界であり、従来超伝導量子干渉素子（SQUID 磁束計）によって計測され、てんかん、脳外科手術前の診断、脳機能の解明等に生体イメージングの一つとして使われている。脳磁界計測は従来 SQUID を用いて実現されており、様々な診断や基礎研究に利用されていることは周知である。しかし SQUID 磁束計は1台数億円と高価で、液体ヘリウムの使用により年間数100万円以上のランニングコストがかかることから、大病院のみに限定されてい

る。

2. 研究の目的

本研究では室温で動作する薄膜磁界センサにより脳磁界（脳から発生する微弱磁界）を計測することを目指す。取り扱う薄膜磁界センサは磁性薄膜の透磁率変化を表皮効果、強磁性共鳴を利用してインピーダンス変化として取り出すもので、室温で動作する磁界センサとしては最も高感度なものである。申請者は室温で動作する薄膜磁界センサにより、すでに心磁界（心筋の興奮により発生す

る微弱磁界)の計測に成功した。ここでは本センサを用いて脳磁界への計測へ適用する可能性に着目した。セラミック基板を用いたコプレーナ線路により構成したセンサによりノイズレベルの低減をはかり、脳磁界(自発磁界 α 波)の波形を計測することを目指す。

3. 研究の方法

本センサは磁界印加に対する磁性薄膜の透磁率変化を表皮効果と強磁性共鳴を利用してインピーダンス変化として取り出すことを基本原理とする。図1は高い誘電率を有するセラミック基板(比誘電率=115)とアモルファスCoNbZr薄膜を組み合わせた伝送線路型薄膜磁界センサの構造を示す。磁性薄膜はRFスパッタによりアモルファスCoNbZr薄膜(25 mm × 25 mm, 膜厚=4 μ m)をパワー200W, Arガス圧20mtorrで成膜し, 400 $^{\circ}$ Cの回転磁界中熱処理を2時間の後に, 150 $^{\circ}$ Cの静磁界中熱処理を1時間加え異方性を付与した。絶縁のためにCoNbZr薄膜の上に厚さ約3 μ mのレジスト(ZPN1150)を塗布した。伝送線路はセラミック基板をエッチングすることで, 信号線路の幅1 mm, 線間隔2 mm, 長さ50 mmの直線線路を形成したコプレーナ線路とした。センサにヘルムホルツコイルと直流電源(ADVANTEST R6243A)を用いて, 磁性薄膜の磁化困難軸方向に直流磁場を加えて, 静的に変化させた。センサの信号線路は同軸ケーブルを介してネットワークアナライザ(HP 8752A)と接続し, 磁界変化に対する透過係数(S_{21})を測定した。セラミック基板を伝送線路に用いた磁界センサは, 約2GHzにおいて最大で600 degree/Oeの磁界検出感度を得た。

4. 研究成果

Dual Mixer Time Difference (DMTD)回路およびタイムインターバルアナライザを用いて微弱磁界に対する高精度な時間変化を計測するセンサシステムを開発した。開発したセンサを磁気シールドルーム内において磁気シールドルーム内においてセンサヘッドを被験者の後頭部に近接配置し8 Hz~13 Hzの α 波に相当する微弱磁界を計測できた。図2はセンサの出力信号を表したものである。脳波計で後頭部に電極を貼付して同時測定を実施した。目を閉じて視覚野の活動が低下した状態では波形が大きくなり, 目をかけて視覚野を活動させた際には波形振幅が低下した。また同時計測を行った脳波波形とある程度連動した。

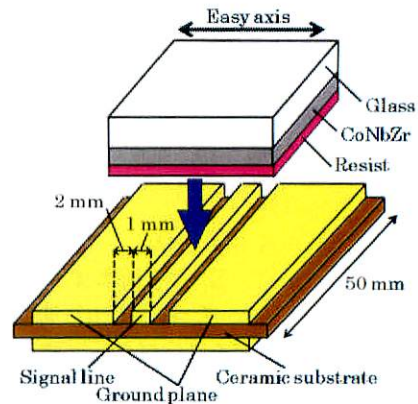
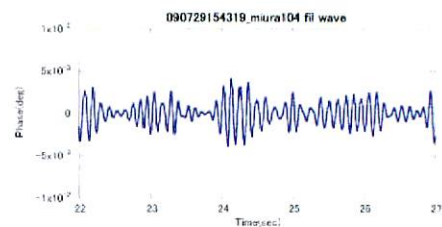
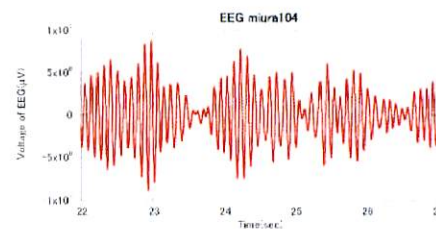


図1 伝送線路型薄膜磁界センサの構成



(a) センサからの出力波形



(b) 脳波波形

図2 センサ波形と脳波波形の同時測定

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① 小島 健、佐藤弘二、藪上 信、小澤哲也、小林伸聖、荒井賢一、高誘電率基板を用いた伝送線路型薄膜磁界センサの高感度化、Journal of the Magnetics Society of Japan、査読有、Vol. 35、No. 3、2011、277-280
- ② 佐藤弘二、小島健、藪上信、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、伝送線路型薄膜磁界センサによる走査システムの試作、Journal of the Magnetics Society of Japan、査読有、Vol. 35、No. 2、2011、76-81
- ③ 大友祐一、藪上 信、加藤和夫、小澤哲也、荒井賢一、CoNbZr 薄膜を用いた平面型磁界センサによる心磁界計測、Journal of

the Magnetics Society of Japan、査読有、vol. 33、No. 3、2009、283-286

- ④ S. Yabukami, K. Kato, Y. Ohtomo, T. Ozawa, K. I. Arai, A thin film magnetic field sensor of sub-pT resolution and magnetocardiogram (MCG) measurement at room temperature、Journal of Magnetism and Magnetic Materials、査読有、vol. 321、2009、675-678

[学会発表] (計 26 件)

- ① S. Yabukami, K. Kojima, T. Ozawa, K. Kato, N. Kobayashi, T. Nakai and K. I. Arai, Transmission line type thin film sensor and its biomagnetic application, Moscow International Symposium on Magnetism (Invited), (2011. 8. 23)
- ② S. Yabukami, K. Kojima, T. Ozawa, N. Kobayashi, T. Nakai, K. I. Arai, K. Kato, Scanning system using thin film sensor for measuring magnetic field distribution、ISAMMA (The 2nd international Symposium on Advanced Magnetic Materials and applications) 2010, (2010. 7. 14)
- ③ S. Yabukami, K. Kojima, T. Ozawa, N. Kobayashi, T. Nakai, K. I. Arai, K. Kato, Thin film magnetic field sensor and its application for non - destructive and biomagnetic measurement (plenary talk)、IWMW (International workshop on magnetic wires), (2010. 7. 9)
- ④ S. Yabukami, K. Kojima, T. Ozawa, N. Kobayashi, T. Nakai, K. I. Arai, K. Kato, Scanning system using thin film sensor for measuring low magnetic field, EMSA (European Magnetic Sensors and Actuators) 2010, (2010. 7. 6)
- ⑤ S. Yabukami, Y. Ohtomo, K. Kojima, K. Kato, T. Ozawa and K. Arai, Transmission line type thin film sensor for magnetocardiogram measurement at room temperature、MMM/Intermag Conference 2010, (2010)
- ⑥ S. Yabukami, Y. Ohtomo, K. Kato, T. Ozawa and K. Arai, Measurement of magnetocardiogram using by high-frequency carrier-type thin-film sensor at room temperature、IEEE International Magnetics Conference 2009, (2009)
- ⑦ 藪上 信, 中野弘道、小島 健、佐藤弘二、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、伝送線路型薄膜磁界センサの高感度化と応用、電気学会全国大会、(2012/03/21)
- ⑧ 藪上 信, 位相検出による超高感度磁界センサの開発状況 (招待講演)、超小型スピントロセンサの医療応用検討研究会、(2012/03/06)
- ⑨ 内川義則、小林宏一郎、藪上 信、山田外史、笹田一郎、医療技術における磁気応用研究の動向 (3) 生体計測用センサにおける磁気応用技術、マグネティックスリニアドライブ 合同研究会、(2012/02/22)
- ⑩ 藪上 信, 中野弘道、小島 健、佐藤弘二、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、コプレーナ線路を用いた伝送線路型薄膜磁界センサの高感度化、電気学会マグネティックス研究会、(2011/11/24)
- ⑪ 藪上 信, 赤間史典、佐藤弘二、谷地館藍、山田 洋、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、コプレーナ線路を用いた薄膜磁界センサの高感度化、第 35 回日本磁気学会学術講演会、(2011/09/27)
- ⑫ 小澤哲也、谷地館藍、山田 洋、佐藤弘二、小島 健、藪上 信、小林伸聖、中居倫夫、高周波キャリア型薄膜磁界センサによる磁気探傷試験装置の試み、第 35 回日本磁気学会学術講演会、(2011/09/27)
- ⑬ 小澤哲也、谷地館藍、山田 洋、佐藤弘二、小島 健、藪上 信、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、高周波キャリア型薄膜磁界センサを利用した磁気探傷の試み、電気関係学会東北支部連合大会、(2011/08/25)
- ⑭ 谷地館藍、佐藤弘二、佐藤 彰、藪上 信、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、伝送線路型薄膜磁界センサの試作、電気学会 マグネティックス研究会、(2010/12/17)
- ⑮ 藪上 信, 室温で動作する高感度薄膜磁界センサ (招待講演)、日本学術振興会アモルファス・ナノ材料第 147 委員会第 110 回研究会、(2010/12/10)
- ⑯ 小島 健、佐藤弘二、藪上 信、加藤和夫、小澤哲也、小林伸聖、荒井賢一、高誘電率基板を用いた伝送線路型薄膜磁界センサの高感度化、電気学会マグネティックス医用・生体工学合同研究会、(2010/11/26)
- ⑰ 藪上 信, 磁界センサ、モーションキャプチャ (招待講演)、第 2 回 産学連携推進サロン (大崎産学連携推進サロン)、(2010/11/4)
- ⑱ 藪上 信, Thin film magnetic field sensor and biomagnetic measurement (招待講演)、文部科学省 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 第 2 回公開シンポジウム、(2010/9/9)
- ⑲ 佐藤弘二、藪上 信、小島 健、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、高周波キャリア型薄膜磁界センサによる走査システムの試作、第 34 回日本磁気学会講演

- 会、(2010/9/5)
- ⑳ 小島 健、佐藤弘二、藪上 信、加藤和夫、小澤哲也、小林伸聖、荒井賢一、高誘電率基板を用いた高周波キャリア型薄膜磁界センサの高感度化、第34回日本磁気学会講演会、(2010/9/5)
 - ㉑ 小島 健、藪上 信、佐藤弘二、加藤和夫、小澤哲也、小林伸聖、荒井賢一、セラミック基板を用いた高周波キャリア型薄膜磁界センサの高感度化、電気関係学会東北支部連合大会、(2010/8/26)
 - ㉒ 佐藤弘二、藪上 信、小島 健、小澤哲也、小林伸聖、中居倫夫、荒井賢一、高周波キャリア薄膜磁界センサによる走査システムの評価、電気関係学会東北支部連合大会、(2010/8/26)
 - ㉓ 中居倫夫、藪上 信、小澤哲也、荒井賢一、磁性薄膜とコプレーナ線路を組み合わせた構造における位相変化型磁界センサの高感度化に関する検討、日本磁気学会第33回学術講演会、(2009/9/15)
 - ㉔ 小島 健、藪上 信、厚膜化したCoNbZr薄膜によるセンサの高感度化、日本磁気学会第33回学術講演会、(2009/9/15)
 - ㉕ 小島 健、藪上 信、厚膜化した磁性薄膜によるセンサの高感度化、電気学会東北支部大会、(2009/8/21)
 - ㉖ 藪上 信、大友祐一、加藤和夫、小澤哲也、荒井賢一、高周波キャリア型薄膜磁界センサによる心磁界測定、電気学会マグネティックス研究会、(2009/8/7)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藪上 信 (YABUKAMI SHIN)
東北学院大学 工学部 教授
研究者番号：00302232