

ドライ・ウエット複合めっきプロセスによるIoT制御用小型RFIDタグの開発

< 経済産業省 戦略的基盤技術高度化支援事業 >

能戸崇行* 杉山敦史** 藤井智美** 本多春樹***

Development of Small RFID Tag for IoT Control by Dry-Wet Composite Plating Process

NOTO Takayuki*, SUGIYAMA Atsushi**,
FUJII Tomomi**, HONDA Haruki***

抄録

離れた場所から広範囲で個体情報の通信を行う特長を持つ「UHF帯RFID」の活用は、過去に困難とされていた個体識別システムの開発や国内電波規制が緩和されるに連れ、様々なシーンでの利用が始まっている。様々な応用に求められるUHF帯RFIDタグには小型化が強く求められているが、そのためにはRFIDタグへの磁性膜の搭載が必要であるものの、現状の磁気シート等では十分に性能特性が得られず、実現に至っていない。本研究開発では、めっきプロセスの高度化を図り、RFIDタグを構成する高性能磁性めっき膜とめっき小型アンテナパターンを形成する「ドライ・ウエット複合めっきプロセス」として組み立て、小型UHF帯RFIDタグ（パッシブ型）の開発を支援した。

キーワード：UHF帯，RFIDタグ，高性能磁性めっき膜，ドライ・ウエット複合めっき

1 はじめに

本研究開発では、IoT制御が加速する自動車や建築産業等におけるニーズに応え、ハードディスクの磁気ヘッドに搭載実績がある『磁性めっき膜』をRFIDタグの通信性能を伸ばす材料として活用する。めっきプロセスの高度化を図り、RFIDタグを構成する高性能磁性めっき膜とめっき小型アンテナパターンを形成するための「ドライ・ウエット複合めっきプロセス」として組み立て、各めっき膜積層により通信性能を向上させた小型UHF帯RFIDタグ（パッシブ型）の開発を目的とした。

まず「ドライ・ウエット複合めっきプロセス」について簡単に説明する。

低真空スパッタを用いた新しいドライプロセスを採用することで樹脂面の平滑性を損なわせることなく、難めっき材の樹脂面をめっき可能面へと改質させ、そこに新しく改良した磁性めっき液をもって磁性膜を成膜させる。

ドライプロセスは現行めっきプロセスである腐食性溶液を用いた被めっき面の粗化処理を省略でき、これら処理液洗い流しのために多量の洗浄水を必要とする従来の粗化プロセスに対して環境負荷低減に大きなアドバンテージを持つ。

* 電気・電子技術・戦略プロジェクト担当

** 吉野電化工業株式会社 研究開発部

*** 現 計量検定所

ちなみに腐食性薬品のフッ酸は拭き取ったとしても触れるだけで皮下に染み込み、人体に大きな害を及ぼす毒劇薬である。

2 本事業の研究開発内容

2.1 具体的な取組

- 1-1 低真空スパッタ条件の検討
- 1-2 磁性めっき膜の磁気特性の改良
- 1-3 磁性分散めっき膜による磁気特性の改良
- 2-1 銅配線アンテナのめっき法の検討
- 3-1 RFIDタグのシミュレーション
- 3-2 RFIDタグの性能評価
- 3-3 実用化時のコスト算出、事業化ステップへの課題抽出

本研究はそれぞれ低真空スパッタ用いた新しいドライプロセスをコストダウンするための条件、めっき液を試薬特級グレードのものから市販の工業用製品のものコストを落としながら磁気特性の特性を維持する検討、高周波帯域での磁気特性改良、めっき磁性膜を搭載した場合のUHF帯RFIDタグのシミュレーション、定性的で安定した再現性の高い測定にて実施するREIDタグの性能評価を各機関で分担して実施した。

この共同研究において上記3-2 RFIDタグの性能評価試験を埼玉県産業技術総合センター(以下SAITEC)と吉野電化工業株式会社が担当した。

今研究にて開発したRFIDタグの概念図を図1に示した

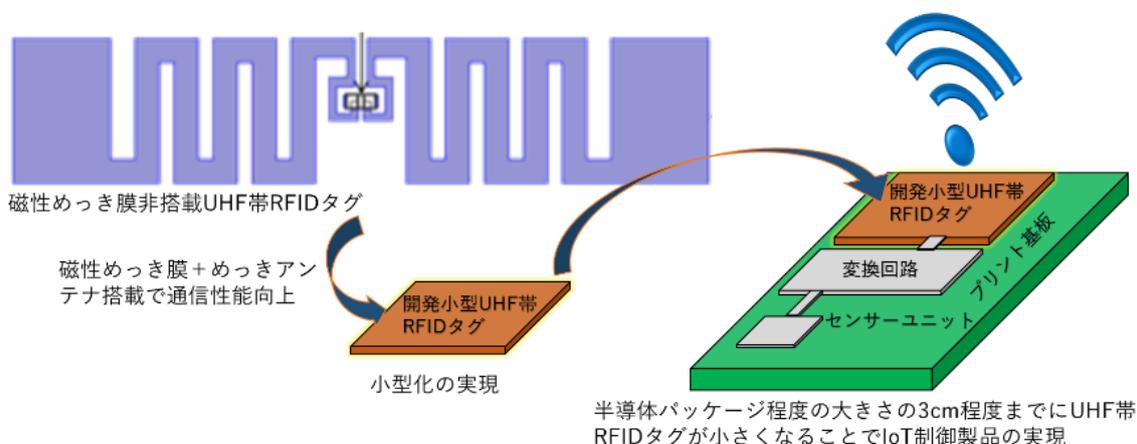


図1 ドライ・ウエット複合めっきプロセスによるIoT制御用小型RFIDタグの概念図

まずはドライ成膜装置としてスパッタリング装置による難めっき素材面をめっき可能な面に改質するためのスパッタリング成膜を用いた時の、RFIDタグ1枚当たりのスパッタ材料コスト30円以下を満たす成膜条件を目標とした。

その結果、Ni系スパッタ膜は膜厚50nmの薄さでもその上にめっき施工が可能であることを確認した。またCuスパッタ膜に比べめっき膜の密着性、RFIDタグの通信特性も良くなることが確認された。

次に【②-1】の銅アンテナ形成を含めてスパッタ材料コストは9.98円(9cm²サイズのRFIDタグ1枚当たり)が見積もられ、目標材料コストの30

円以下を大きく達成できる見通しがたった。

RFIDアンテナとして用いるためにも大きいほど通信性能としては有利だが、今回は使い勝手を考慮して先述した9cm²を大きさの目標とした。

2.2 評価試験方法

本項目では、本事業の取組として先にあげた1-1から2-1までの各項目で得られた結果を統合して、共同研究先である吉野電化工業株式会社が通信用評価用RFIDタグの製造を行った。

それからSAITECの電波暗室、電磁波障害対策室、シールドルームおよび通常の居室環境下でRFIDタグの通信性能試験を実施した。

図2に通信距離測定の様子を示した。

段ボールの上に設置している緑のものがRFID送受信アンテナ（リーダーライター）を示す。リーダーライターの通信周波数には、920MHz前後を用いた。接続した制御PCによりRFIDタグのデ

ータの読み取りおよび書き込みを行い、さらに通信状態をモニタリングし、リーダーライターアンテナとRFIDタグとの間の距離を変えながら通信距離とカウント数を確認した。

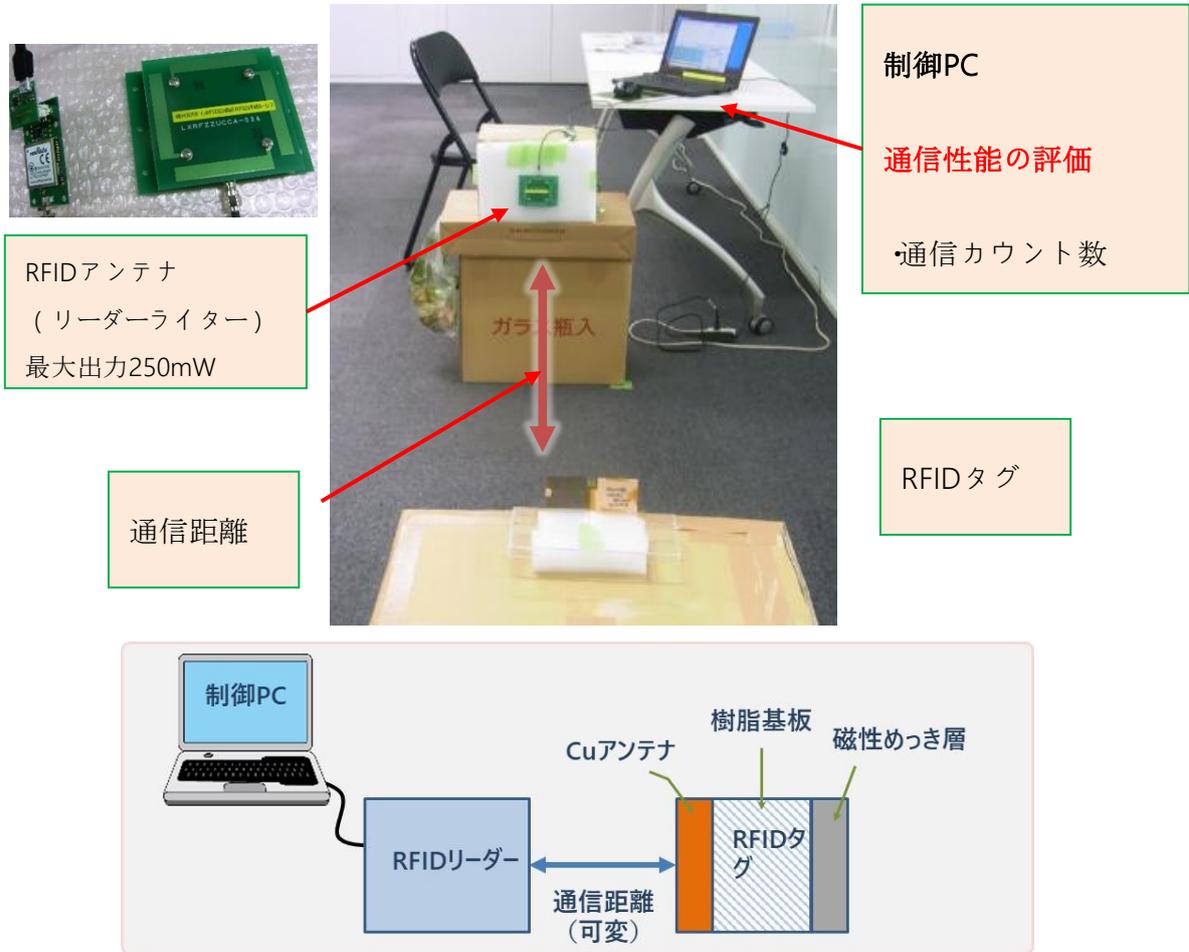


図2 通信距離測定の様子（通常の居室）

3 結果及び考察

図3の通信評価結果に示すように、磁性めっき膜厚0.2 μm と0.8 μm をそれぞれ搭載したRFIDタグにおいては最大通信距離が伸びた。さらに、同じ距離における通信カウント数が増加し、より通信が活発に行われていることが示唆される。

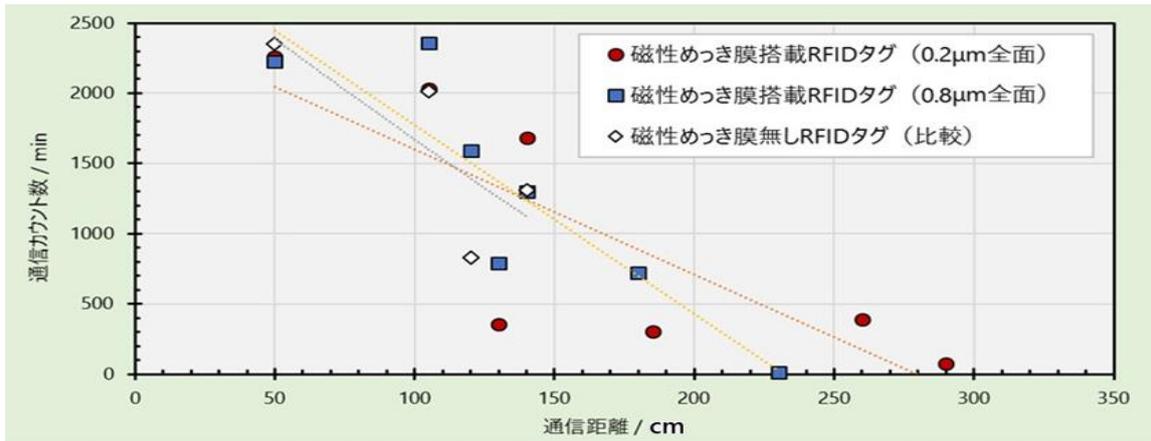
しかしながら、RFIDの通信状態は、周囲の使用環境により影響を受けやすい。なぜならば、パッ

シブ型のRFIDタグの動作原理は、リーダーライターが室内に作り出した電磁界からエネルギーを抽出し、回路を動作、リーダーライターの命令を解読（復調）する。さらに、この命令に従って負荷値を変化（変調）させることによって自分のIDやデータをリーダーライターに伝えるというものである。

そのため現実の室内環境においては、リーダーライターからの電磁波は壁や柱、さらに床から反

射をし、または吸収が起こる。パッシブ型のRFIDタグはリーダーライターからの直接達する電磁波だけでなく、周囲環境からの反射した電波も通信

に利用している。さらに、湿度や近隣で動作している機器も通信に影響を及ぼす。



| | | 連続通信距離 (cm) | 最大通信距離 (cm) | 最大距離向上率 (磁性膜無を基準) | 距離105cmのときのカウンタ数 | カウンター向上率 |
|---|---------------|-------------|-------------|-------------------|------------------|----------|
| 1 | 磁性膜なし | 105 | 160 | - | 2012 | - |
| 2 | 磁性膜搭載 (0.2μm) | 110 | 230 | 144% | 2030 | 101% |
| 3 | 磁性膜搭載 (0.8μm) | 105 | 290 | 181% | 2360 | 117% |

図3 居室環境下での通信試験結果

そこでSAITECの電波暗室および電磁波障害対策室内でRFIDタグの通信距離の測定を行った。電波暗室内では、反射の無い安定した通信試験が可能である。電波暗室の内側では、外部の電磁波の影響

がなく、リーダーライターからの電磁波(発信源)からの直接波との通信を測定することができる。

この環境においては、より再現性の高い通信距離の測定ができた。

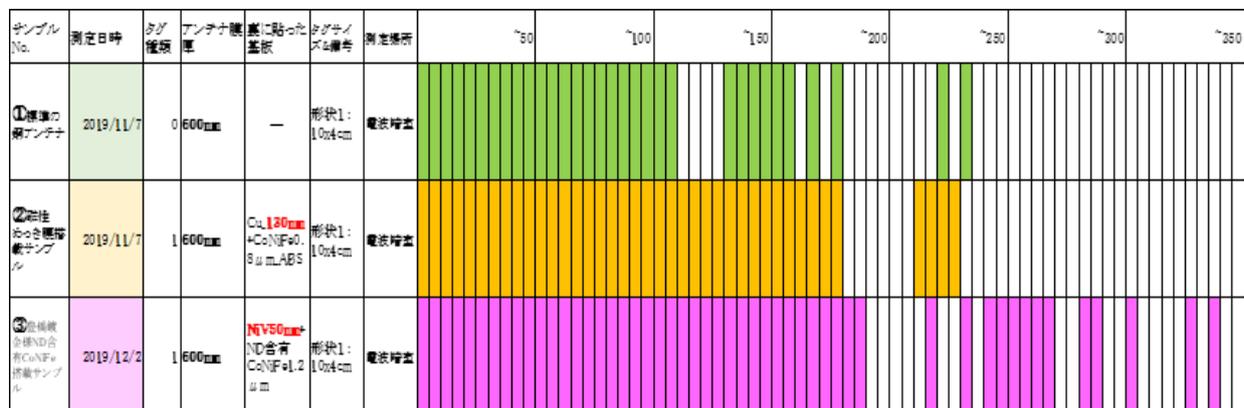


図4 通信評価結果 (電波暗室内)

一例として図4に標準の銅アンテナのみを使用したRFIDタグと磁性めっき膜搭載のRFIDタグの通信測定の結果を示した。

①は標準の銅アンテナを使用したRFIDであり②は①の裏に、磁性めっきを行った基板を貼ったRFIDタグ、③は①の裏に、ナノダイヤモンド(ND)

含有磁性めっきを行った基板を貼った RFID タグである。

RFID タグの裏に、②の磁性めっき基板 (CoNiFe めっき) を貼ると通信状態が安定し、途切れ途切れにしか通信できなかった領域においてもスムーズに通信が行えるようになった。

さらに、③の磁性めっき基板 (ND 含有 CoNiFe) を貼ることにより通信はより安定し、最大通信距離も伸びた。磁性めっき膜の搭載により RFID の通信品質は向上した。この磁性めっき膜搭載 RFID を目標であった面積 9 cm^2 とし ($1\text{ cm} \times 9\text{ cm}$)、室内環境 (電磁波反射のある環境) において通信距離 3 m が可能な RFID タグを製作した。市販の RFID タグを模したアンテナにおいても、磁性めっき膜を搭載したときの効果が見られた。

また磁性めっき膜搭載による良化の理由を調査するために、SAITEC 所有のネットワークアナライザを用いて、制作した RFID タグの共振反射特性の測定を実施したところ、リーダーライターの通信周波数に使用していた 920 MHz 前後共振波のブロード化による通信性能の安定性が示唆されるデータがとれた。

4 まとめ

SAITEC の電波暗室等にて RFID タグの通信性能試験を実施した結果、磁性めっき膜を RFID タグに搭載することで、非搭載時に較べて、通信が安定することが確認された。

また磁性めっき膜搭載 RFID 製作の目標であった面積 9 cm^2 以下、最大通信距離 3 m 以上で認識できた。

謝辞

本研究は経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援 (サポイン) 事業により実施されたものです。

参考文献

- 1) 根日屋英之、植竹古都美：ユビキタス無線工学と微細 RFID(2003)78
- 2) 新井宏之：新アンテナ工学(1996)129