

(別紙 17)

平成 20 年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (F/S 支援事業)

「希少金属を使用しない高信頼性自動車用リードスイッチの開発」

成果報告書

平成 21 年 1 月

委託者 独立行政法人 中小企業基盤整備機構

委託先 株式会社日本アレフ

成果報告書目次

第1章 業務の概要

1-1 背景・目的及び目標

1-2 実施体制

(組織・管理体制、担当者氏名)

1-3 成果概要

1-4 当外プロジェクト連絡窓口

第2章 本論一（1）

最終章 全体総括

第1章 業務の概要

1-1 背景・目的及び目標

背景・目的及び目標

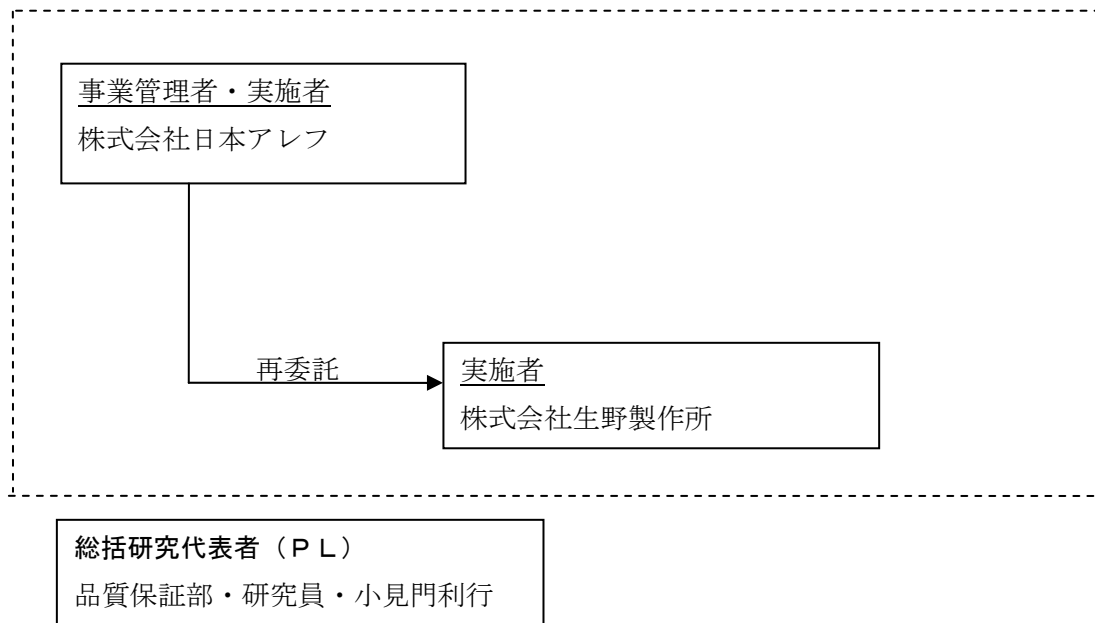
近年希少金属の需要は、BRICs 諸国の経済発展の影響もあり自動車、情報家電等の生産増加に伴い年々増大している。その中で自動車に使用される電子部品には多種多様の金属が使用されているが、貴金属、希土類金属等の希少金属は価格高騰および資源枯渇等の世界的な資源問題のため安定供給の不安が生じ、大手自動車メーカーからは希少金属以外を用いたデバイスの作製や希少金属使用量の削減が求められている。研究開発計画では自動車用電子デバイスとして必須センサーであるリードスイッチに使用されている希少金属の代替について研究開発を行う予定であり、そのための世界的な研究開発動向および市場調査、自動車メーカーのニーズ調査を行うことを目的とする。本事業を遂行することにより希少金属を使用しない高信頼性自動車用リードスイッチの開発研究の効率化を図ることが可能となる。

1-2 実施体制

(組織・管理体制、担当者氏名)

(1) 研究組織及び管理体制

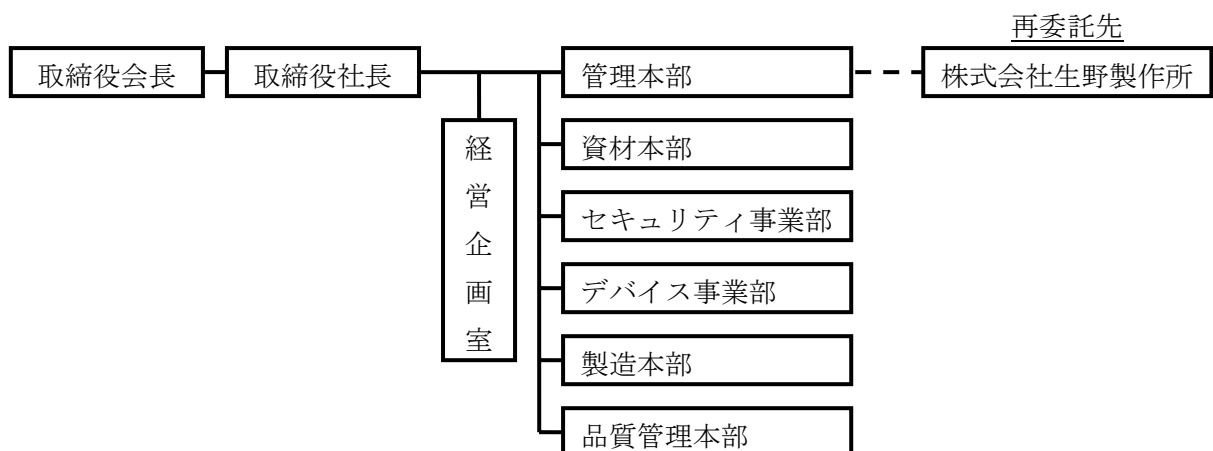
1) 研究組織 (全体)



2) 管理体制

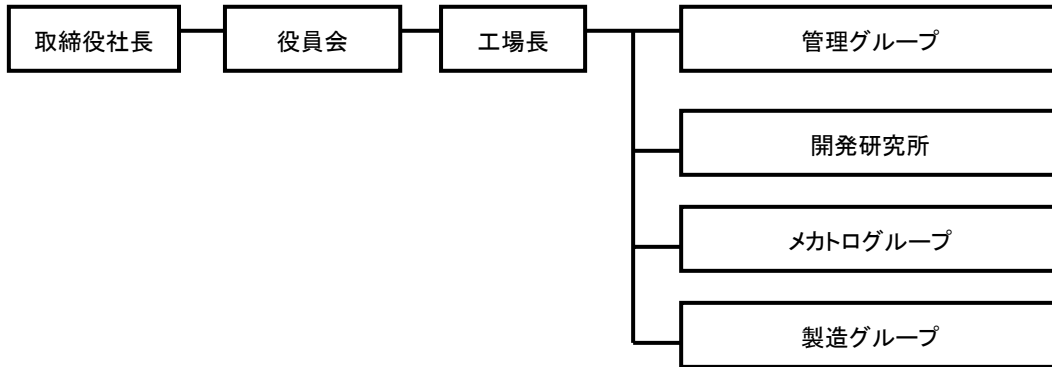
①事業管理者

[株式会社日本アレフ]



②再委託先

株式会社生野製作所



(2) 担当者 (補助員を含む)

【事業管理者】 株式会社日本アレフ

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
小見門利行	品質保証部・研究員	① ② ④
糸川 保志	デバイス事業部 マーケティング室部長	①
溝呂木一光	デバイス事業部 営業部	①
大川 雄三	デバイス事業部リードスイッチチーム技術員	④

【再委託先】

株式会社生野製作所

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
隈元 佳彦	本社・メカトログループ 課長	②、③、④
鏡 好晴	北海道事業所・研究所長	②、③、④
庄子 敦	北海道事業所・研究員	②
松本亮大	北海道事業所・研究員	③
二宮泰雄	本社・部品グループ技術員	②、③、④
安達ますみ	本社・部品グループ技術員	②、③、④

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

株式会社日本アレフ

(経理担当者) 総務グループ 長澤 晃

(業務管理者) 経営企画室部長 伊東勝道

(再委託先)

株式会社生野製作所

(経理担当者) 管理グループ 課長 田中啓太

(業務管理者) 事業本部長 堀之内 英

(4) その他 (委員会、アドバイザー等について記載する。)

なし

1-3 成果概要

インジウム、タングステン、ロジウム、ルテニウム、白金、イリジウム等の希少金属は、今後成長が期待される情報家電、医療、ロボット、自動車デバイスなどに使用され、需要が増大する見込みであるが産出国が特定集中しており、その供給および価格変動リスクが日本の経済成長の制約要因になる可能性がある。このような諸問題を有する希少金属を使用した製造製品の中で本事業では日本の主力産業である自動車産業の電子デバイスに着目した。

本事業が提案している自動車用電子デバイスとして必須センサーであるリードスイッチに使用されている希少金属の代替開発事業では、①希少金属代替めっき膜作製技術、②低コスト接点めっき技術、③高品質リードスイッチ製造技術を確立することにより行う予定である。本事業では、そのFS事業としてリードスイッチデバイスの市場・技術調査、リードスイッチ用希少金属代替技術の調査・検討、リードスイッチ用めっき技術の調査・検討、リードスイッチ製造技術の調査・検討を行い、効率的な研究開発事業を行うための知見をまとめた。

実施内容

- ① リードスイッチデバイスの市場・技術調査
 - ・リードスイッチデバイス市場・技術調査（株式会社日本アレフ）国内外のリードスイッチ生産量、生産高、品種を調査するとともに、半導体センサデバイスとの性能比較を行いその優位性について調査・検討を行った。
- ② リードスイッチ用希少金属代替技術の調査・検討
 - ・リードスイッチ用希少金属代替技術の調査・検討(株式会社生野製作所)希少金属（ロジウム、パラジウム等）を使用したリードスイッチの国外生産量、生産高、国内生産量、生産高等を調査することにより、希少金属代替技術による技術的・経済的影響について検討した。さらに自動車用リードスイッチ市場についても同様に調査するとともに代替による技術的性能に関する知見を調査、検討した。
- ③ リードスイッチ用めっき技術の調査・検討（株式会社生野製作所）
 - ・リードスイッチ用めっき技術調査・検討(株式会社生野製作所)現在行われているリードスイッチめっき技術の改善点を抽出し、金属資源使用量を削減した低コスト化技術の調査・検討を行った。

- ④ リードスイッチ製造技術の調査・検討（株式会社日本アレフ）
 - ・リードスイッチ製造技術調査(株式会社日本アレフ)
現在行われているリードスイッチ組み立て技術の改善点を抽出した。
 - ・リードスイッチ製造技術検討(株式会社生野製作所)
技術改善調査の結果をもとに、低コスト、高歩留りの製造システム開発のための調査・検討を行った。

- ⑤ プロジェクトの管理・運営
 - ・管理・運営（株式会社日本アレフ）
株式会社日本アレフは事業化を視野に入れた事業進捗管理を定期的に行うとともに成果報告書を作成した。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

株式会社日本アレフ 長澤 晃

第2章 本論

1. リードスイッチデバイスの市場・技術調査

1-1 リードスイッチの市場調査

リードスイッチの市場は2009年の底に向けて減少傾向ではあるものの、本事業で提唱している自動車用を含め、パチンコ遊戯用、デジタル家電用、半導体装置向けテスター用が増加する見込みで、2010年度より増加していくことが見込まれる。用途別ではガスメータ、自動車用デバイスが過半数を占め、デジタル家電、パソコン、パチンコ遊戯関係、医療関係、半導体装置用テスト等が見込まれる。市場は2006年：180億、2007年180億、2008年152億、2009年138億、2010年156億、2011年170億で、2008-2011年の市場成長率3.6%が予想されている。

1-2 リードスイッチの技術調査：

リードスイッチの接点表面の作製方法は以下2つの方法が取られている。各々長所、短所があり、その用途により各社選択している。スパッタリング法はルテニウム接点を作製するために主に使用されている（調査結果非公開）。

1-3 半導体スイッチとの性能比較技術調査

磁界を利用してスイッチングするセンサデバイスは大きく分けて、機械的接点を利用したリードスイッチと半導体のホール効果を利用したホール素子に分類される。

リードスイッチは周辺関連の各種検地応用技術との組み合わせと優れたスイッチング機能を併せ持つ有用なセンサとして独自の領域を保ってきた。その優位点は以下にまとめることができる。

- (1) 有接点でありながら非接触でON/OFFスイッチング、メカニカルスイッチに比べ高速動作が可能
- (2) 内部構造がシンプルで増幅回路などを含めても小型化が容易
- (3) 接点部の動作の機械的バウンスは極めて短いため衝撃エネルギーも少ない。
- (4) 環境の影響を遮断する完全密封防爆構造のため安定性、信頼性、耐環境性に優れ、長寿命。
- (5) 微弱電流での高速動作が可能のため省エネ設計が可能である。
- (6) 半導体スイッチに比べ耐環境性（特に温度変化、ノイズ変化）に極めて強い。

リードスイッチとその応用センサは、今後搭載されるあらゆる機器や装置の中でますます特化する一方、半導体の超 LSI 化への進展の中でニーズのすみ分けを鮮明にしながら半導体スイッチと共存し、独自の役割を担っていくものと思われる。マルチメディア化の中で開発が具体化してきたデジタル情報家電、自動車電子デバイス等、革新的な技術分野に領域を拓げていくと思われる。

2 リードスイッチ用希少金属代替技術の調査・検討

希少金属（ロジウム、パラジウム等）を使用したリードスイッチの国外生産量、生産高、国内生産量、生産高等を調査することにより、希少金属代替技術による技術的・経済的影響について検討した。さらに自動車用リードスイッチ市場についても同様に調査するとともに代替による技術的性能に関する知見を調査、検討した。

リードスイッチの国内市場（生産量、生産高）について情報機関の検索調査、書籍調査を行ったがリードスイッチ市場が数社独占の寡占市場のため情報を収集することができなかった。そのため日本アレフ営業聞き取り調査を行い独自に調査した。本データは各社機密事項であるので本情報の流出には充分配慮することを前提に弊社担当者から許可されて本報告に利用している（調査結果非公開）。

リードスイッチ用接点材料としての条件は、リードスイッチの構造的な面からの制約が主となっており、その材料自体の物理的、電気的な特性上の条件は二次的なものであった。すなわち構造的な規約とは次のようなものが考えられる。

- ・リードスイッチの接点接触力が小さいため低摩擦力でも低接触抵抗を得られる材料であること。
- ・平滑かつ均一な表面が得られる材料であること。
- ・できるだけ接触力を大きく得るため薄い層の接点を得られる材料であること。
- ・融点の大・小
- ・硬度の大・小
- ・熱伝導、比熱の大・小
- ・熱膨張係数の大・小

希少金属を代替するには以上の項目を検討し、行わなければならないことがわかった。

3 リードスイッチ用めっき技術の調査・検討（株式会社生野製作所）

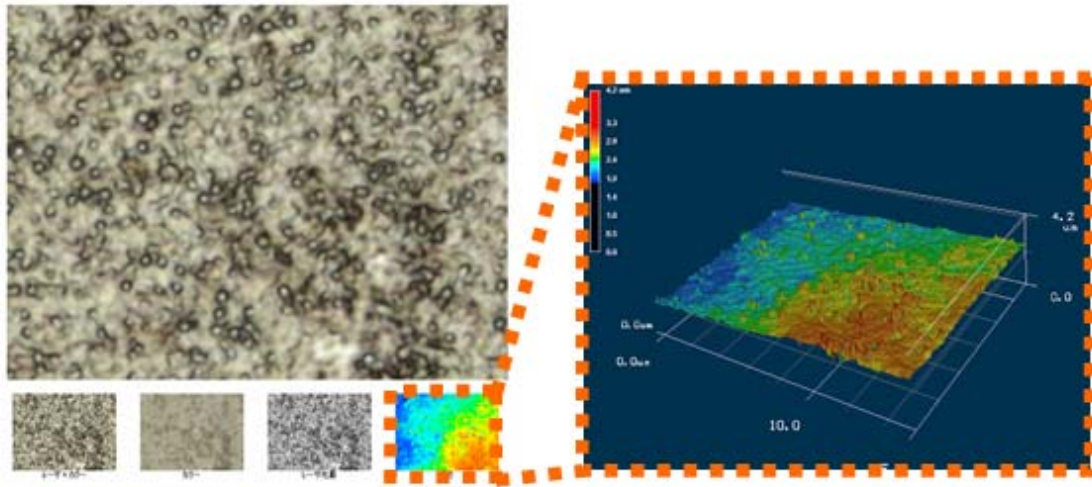
現在のリードスイッチめっき技術の改善点を抽出し、金属資源使用量を削減した低コスト化技術の調査・検討を行った。

3-1 概要

リードスイッチ用めっき技術の調査・検討するため各社メーカーのリードスイッチを入手し、表面観察、分析を行った。特にリードスイッチにおいては表面接点の形状（①表面あらさ、②表面異物）が不良原因となることがこれまでの製造経験で判明しているため、生野製作所が所有する最先端のレーザ顕微鏡で各社のサンプルを観察することによりその特徴を把握し、技術高度化のための方向性を検討した（調査結果非公開）。

3-2 実験装置

表面の観察には紫外線レーザ顕微鏡（VK9700：レーザー顕微鏡）を使用した（調査結果非公開）。



ロジウムめっき膜のレーザ顕微鏡画像
10000倍

高さデータの3D画像

3-1 紫外線レーザ顕微鏡による表面画像および高さデータの三次元画像

3-3 実験と結果

調査結果非公開

4. リードスイッチ製造技術の調査・検討（株式会社日本アレフ）

4-1 概要 リードスイッチ試作によるリードスイッチ組み立て技術調査

現在実際に製造されているリードスイッチ製造技術の改善点を抽出する目的で、不良発生したリードスイッチを抜粋し、リードスイッチ表面状態を顕微鏡にて検査を行った（調査結果非公開）。

4-2 実験

リードスイッチ特性評価装置の設計・製作

試作したリードスイッチの特性評価を行うために、図4-1に示すリードスイッチ特性評価装置を作製した。

作製した装置の主な測定可能項目を以下に示す。

① プルイン AT（起磁力）測定

リードスイッチにおけるプルイン AT 値を測定することができる。プルイン AT 値とは、標準コイル（5000T）にリードスイッチを設置し、電流を徐々に上げていったときに ON する瞬間の電流値を測定し、下記の式から AT 値を求める。

測定電流と AT 値との関係式は以下の通りである。

$AT = \text{電流 (A)} \times \text{コイル T (T)}$ ※この測定の場合は $T = 5000$

② Do (AT) : ドロップアウト AT 値の測定

リードスイッチにおけるドロップアウト AT 値を測定することができる。

PIAT 測定と基本的に原理は同じであるが、リードスイッチが ON している状態から、電流値を徐々に下げた時に OFF する瞬間の電流値を測定し上記式に当てはめドロップアウト AT 値を測定する。

③ On (CR) : プルイン駆動時の接触抵抗の測定

PIAT 駆動時の接触抵抗値を測定できる。本測定装置では 4 探針法にてリードスイッチの抵抗値を測定した。

④ + 5 AT (CR) 測定

OnCR 測定時の AT 値より + 5 AT で駆動させたときの CR 値を測定できる。

実際にリードスイッチが ON している状態では磁界がプルイン駆動時の磁界より大きいため、実際の駆動時における接触抵抗値を測定することが重要特性となる。

⑤ 寿命測定

規格周波数・規格電流値でリードスイッチを駆動させたときに、AT・CR 値の変動または ON・OFF 不良が出現したリードスイッチをカウントできる。

今回試作した装置は、5 個のサンプルを同時にセットして寿命評価を行うことが出来る。

(評価装置非公開)

4-3 サンプル試作と結果考察

はじめにリードスイッチ製造過程でリード片の表面粗さを変化させた試作品を作製し、リードスイッチ特性について実験考察を行った。また、開離不良原因と考えられる接点金属溶着についての知見を得るために、リード対片の表面を異種金属にした場合の試作品を作製しリードスイッチ特性について実験考察を行った。

- ・リード接点表面状態（粗さ）の変化によるリードスイッチ特性に関する実験

（実験結果非公開）

面粗さの評価のパラメータとして、多くの種類がある。また、線粗さで評価するか、面粗さで評価するかも課題であった。そこで、上述した方法で作成したサンプルについて、線粗さと面粗さを測定し、各パラメータを比較した。

表面粗さパラメータを以下に示す。

R_p：最大山高さ（基準長さにおける輪郭曲線の中でもっとも高い山の高さ）

R_v：最大谷深さ（基準長さにおける輪郭曲線の中でもっとも深い谷の深さ）

R_z：最大高さ（基準長さにおける輪郭曲線の中でもっとも高い山の高さともっとも深い谷の深さの和）

R_a：算術平均粗さ（基準長さにおける絶対値の平均）

R_q：二乗平均平方根高さ（基準長さにおける二乗平均平方根）

R_{sk}：スキューネス（二乗平均平方根高さの三乗によって無次元化した基準長さにおける三乗平均）

R_{ku}：クルトシス（**Z_p** で無次元化した、**ROI** の各点の高さの 4 乗平均）

（実験結果非公開）

表面粗さ係数 **R_a** とリードスイッチの寿命等の品質に関する検討は今後、さらにデータを取得することにより解析を行うが、今回の事業によりその評価装置を用いてデータを取得できたことおよび表面粗さと品質特性に関係が示唆されるデータを得ることができたことは代替材料を開発する上で重要な知見であると考えられる。

（実験結果非公開）

5. プロジェクトの管理・運営

株式会社日本アレフは再委託先である株式会社生野製作所の事業進捗管理を定期的に行うとともにその成果をもとに事業成果報告書をまとめて作製した。

第3章 全体総括

全体の結論を総括すると以下ようになる。

- 1)リードスイッチの接点表面作製にはメッキ法とスパッタリング法がある。コストを低減できるメッキ法を各社取り入れているが、一部、スパッタリング法を使用している。
- 2)リードスイッチ市場は寡占市場で上位6社で世界市場の95%を占めている。
- 3)半導体スイッチとニーズのすみ分けをしながら今後市場が拡大すると考えられる。
- 4)希少金属の高騰により各社赤字となっており早急な代替材料めっき技術の確立が必要である。
- 5)めっき膜の表面粗さはリードスイッチ特性に影響を及ぼす。最先端のレーザ顕微鏡により表面粗さとリードスイッチ特性の関係について議論した。
- 6)リードスイッチ特性評価装置を作製することにより簡易に試作評価可能となった。
- 7)試作サンプルを作製し、リードスイッチ特性との関係を考察した。