

平成28年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「超小型高性能面実装サーミアブソーバーの商品化に伴う試作開発
と量産設備試作開発」

研究開発成果等報告書

平成28年5月

担当局 東北経済産業局

補助事業者 株式会社コンド電機

目 次

第 1 章 研究開発の概要

1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標： p 1～ p 2

1 - 2 研究体制： p 2

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

1 - 3 成果概要： p 2～ p 3

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口： p 3

第 2 章 本論一 (1) : p 4～ p 10

最終章 全体総括： p 10～ p 12

付属資料： p 12～ p 15

第1章 研究開発の概要

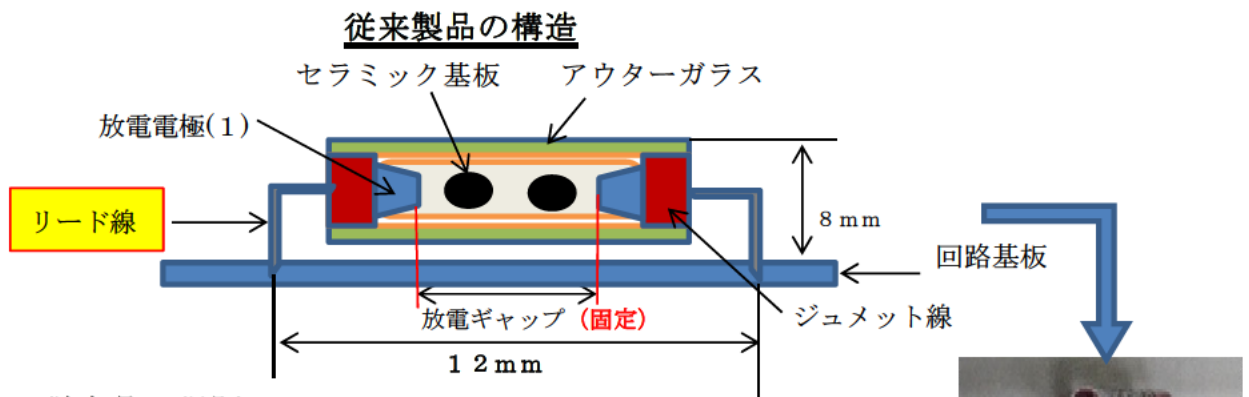
1-1 研究開発の背景、研究目的及び目標

研究開発の背景は

雷発生時の異常電圧、電流を吸収する電子部品をサージアブソーバーと称す。

市場からは小型化、信頼性、低コスト化が求められている。既存製品はリード付形状であり面実装基板には対応できなかった。本件では、接合、実装技術などを高度化し、微小部材の接合によりバラツキの少ない超小型高性能面実装サージアブソーバーの商品化を図り、それらを市場に提供する為の生産設備装置、生産治工具、電気特性評価試験装置、信頼性試験評価等を研究し市場の要求仕様に対応する。

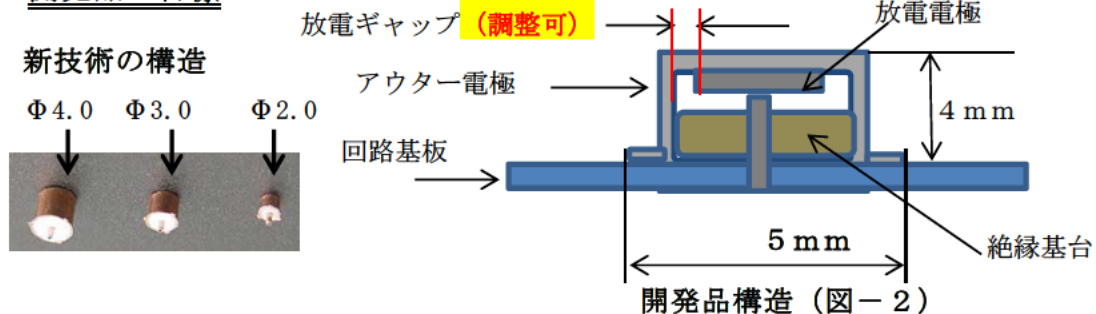
研究目的及び目標



従来品の課題

- 1). 完成品形状はリード線タイプ。
- 2). 部品点数が多く製造工程が複雑。
- 3). 放電バラツキが大きく信頼性、生産性が低い。(放電ギャップ固定)
- 4). 歩留まりが悪い。
- 5). 実装密度が低く市場の実装技術動向に対応する事が困難。

開発品の目標



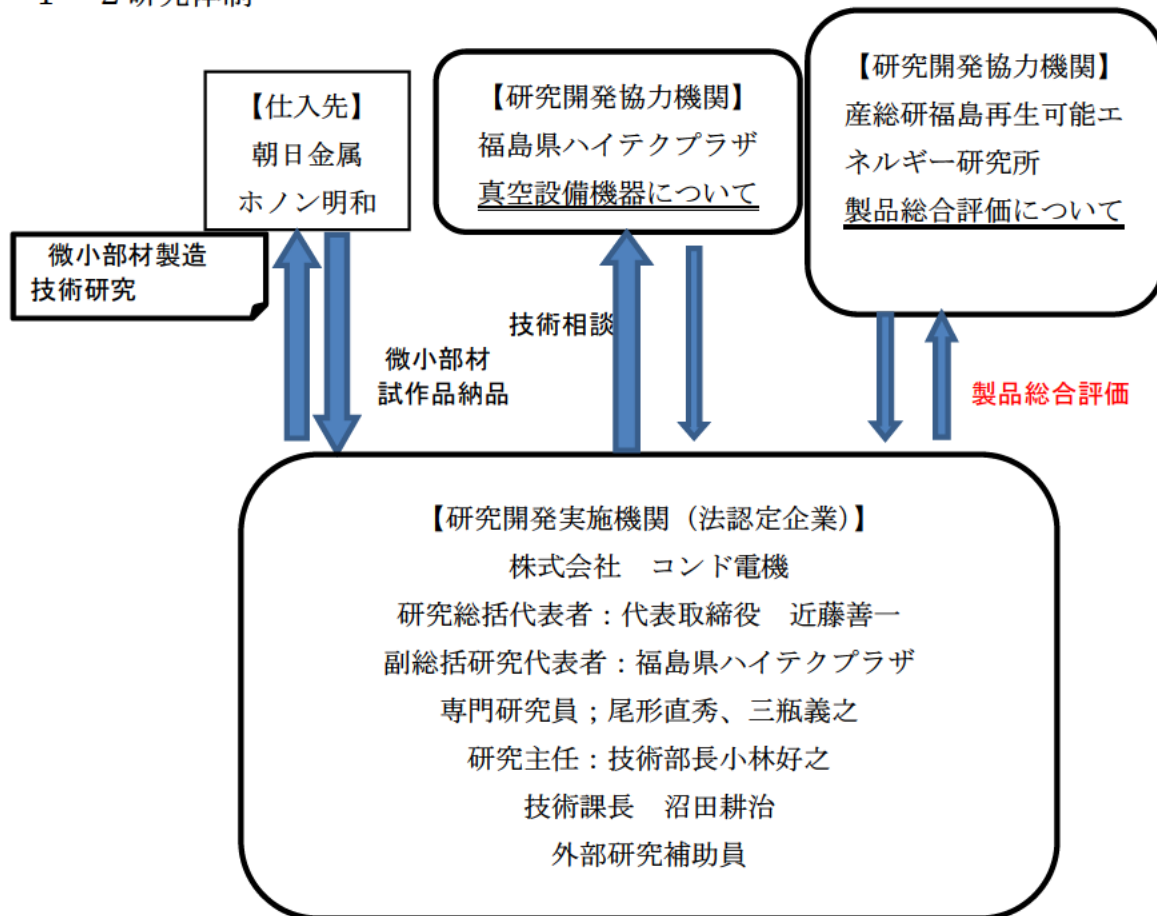
- 1). 面実装サージアブソーバー電子部品【リードレス】構造。構成部品点数3点)
- 2). 製造工程も短く生産効率の高い生産設備機器の開発。
- 3). 放電電圧の安定と微調整が可能構造とする開発。
- 4). 放電電圧のバラツキの少ない、信頼性、実装密度の高い生産技術の開発。

5). 川下製造業者のニーズに対応できる研究開発。

課題解決に向けての研究取り組み

- 1). 各構成部材の寸法高精度化、精度バラツキなどによる嵌合具合と圧入について研究開発を実施。
- 2). 高精度構成部材を精度よく高生産性の製造設備装置の開発を実施。
- 3). 生産された製品の品質を保証する為の試験検査装置開発と確認試験方法の確立。
- 4). 川下ユーザーの要求を満足する為の実装方法と実装梱包装置の研究開発を実施。

1-2 研究体制



1-3 成果概要

- 1). 各構成部材の寸法高精度化、精度バラツキなどによる嵌合具合と圧入について研究開発成果

当該開発品に使用される極小部材はセラミック絶縁基板、アウター電極、放電電極の3点であるこれらの接合、圧入嵌合部の寸法精度、ばらつき具合が確認した。

	セラミック 絶縁基台 外径	セラミック 絶縁基台 穴径	アウター 電極内径	放電電極 軸径
規格寸法(Φ)	2.7Φ	0.62Φ	2.7Φ	0.62Φ
最小寸法(Φ)	2.695Φ	0.62Φ	2.69Φ	0.622Φ
最大寸法(Φ)	2.707Φ	0.62Φ	2.69Φ	0.624Φ
平均値	2.701Φ	0.62	2.69Φ	0.623Φ

これらを使用して組み上げられた製造品はいずれも圧入嵌合具合がよくバラツキの低い製品として機能することを確認し極小部材製造技術も確立した。

- 2). 高精度構成極少部材を精度よく組立てる高生産性の製造設備装置の開発を実施した。

開発試作した組立て機を用いてセラミック絶縁基板、アウター電極、放電電極の3点材を投入し自動運転した結果、当初計画通り1個1秒の生産タクトを確保した。その他、研究した製造設備では真空装置に関連する電気検査装置を生産工程上連結し当初計画を上回る効率の良い生産設備としたが、現在電気特性を維持する研究で放電電圧の変化不具合が生じている。そのほかの設備開発では当初計画を満足することが確認した。

- 3). 生産された製品の品質を保証する為の試験検査装置開発と、確認試験方法の確立市場の信頼性を確保するために恒温恒湿テスト、高温試験、熱衝撃試験、振動試験、リフロー試験、耐溶剤テストなどの試験を実施した結果、いずれも規格内、許容差内であることが確認され市場に提供することの課題は解決した。

- 4). 川下ユーザーの要求を満足する為の実装方法と実装梱包装置の研究開発を実施開発製品単独にて提供する計画であったが、川下エンドユーザーの実装技術、不良発生確率、想定外の不良事故などが懸念された結果、実装の簡素化と実装不良低減、実装密度、設計の単純化、などを考慮した結果、複合商品化を図り同時に梱包形態に伴うテーピング装置など付属する周辺機器類の開発の成果も確認した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

担当者 技術部長 小林好之 電話番号 0247-36-3400

y.kobayashi@kondodenki.com

第2章 本論一（1）

具体的研究内容

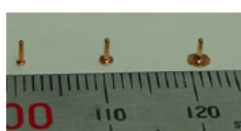
『1：圧入接合. 実装技術に関する研究実施内容』

【1-1】セラミック基台と銅製電極の圧入接合技術の開発

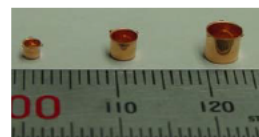
圧入接合技術をさらに向上させるために嵌合具合を微調整した。セラミック基台焼結時収縮係数と銅材プレス工程の寸法公差を考慮した開発を実施した。



【絶縁基台】



【放電電極（1）】



アウター電極（2）

《セラミック基台の焼成温度の違いによる寸法精度の研究調査》

セラミック基台の焼成温度を 1600℃から 1580℃、1560℃にて試験を試みた結果 1560℃にて良好な試験結果を得られた。寸法精度バラツキは【表-1】に示す通りであり、製作図面通りの規格公差に入っていることが確認した。

表-1 1560℃焼成時の寸法公差

	セラミック 絶縁基台 外径	セラミック 絶縁基台 穴径	アウター 電極内径	放電電極 軸径
規格寸法(Φ)	2.7Φ	0.62Φ	2.7Φ	0.62Φ
最小寸法(Φ)	2.695Φ	0.62Φ	2.69Φ	0.622Φ
最大寸法(Φ)	2.707Φ	0.62Φ	2.69Φ	0.624Φ
平均値	2.701Φ	0.62	2.69Φ	0.623Φ

焼成温度：1, 560℃、含水率：0.22%、粉体密度：0.98g/cm³
平均粒径：88.32μ

上記表からもバラツキの無い高精度の部材が安定した生産と高精度の嵌合状態がなされた結果、超小型高性能面実装サージアブソーバーが完成された。また放電電極金型ステーションの増加：22から27ステーションに金型順送部を増加した結果、表面傷が無くなり光沢が出たためにすべりが改善されて嵌合が改善された。(平成27年度完了)



【1-2】組み立て装置はセラミック基台に接着材塗布、放電電極及びアウター電極の極少3部材を1個/秒の生産速度にて連続組立装置である。

生産タクトは1分間60個/ 28,800個/8H×稼働率90%、25,000個/1日/400,000個/月の生産を確保する目途が付いた。

27年度の研究では、生産効率の改善、チョコ停の改善、挿入ミスの改善など細部の微調整を実施した結果、1個/秒の生産速度にて連続稼働できる組立装置となった。また安定的稼働を確保する為に装置本体にチリや埃等、生産性を阻害する要因を取り除くためにアクリル製の樹脂カバーにて保護した。品質の安定性にも効果を上げることが出来た。(平成27年度完了)

『2：封着技術. 真空ガス封入技術に関する研究実施内容』

【2-1】構成する3部材の圧入後の封止材は、作業低温作業を原則に温度を150℃以下、硬化時間30分間で封着材が固着し希ガス密封が維持できる研究成果を得た。密封完了後、真空度の維持、放電電圧変化を研究し信頼性のある封着材の選択できた

具体的には、樹脂の持つ耐熱性、耐溶剤性、粘度、硬化温度、硬化時間、接着強度、購入コスト、硬化方法、作業工方法など多項目を検討した結果、2液混合エポキシ樹脂に辿り着いた。このエポキシ樹脂は比較的低価格、作業性も良い、硬化後の樹脂特性も良好などの理由から選択した。UV樹脂は即時効果が得られたが、材料費が高価格であり2液混合エポキシエポキシ500Gは6000円程度に対して約1.5倍の90,000円と高価であった。製品の低コスト化では材料費を無視することが出来なく研究時間、試作実験の時間は要したが最良の効果が得られた。ガス漏れ試験装置の試作は福島県ハイテクプラザを中心に装置の組み上げを行い、希ガスリークテスト装置を製作し完成させて運用し、封着状態の検証を実施した。(平成27年度完了)

上記の各2液混合エポキシ樹脂封着後の放電電圧試験データ、耐熱試験データ(350℃)は下記の通りである。

NO	希ガス封止後電圧	加熱後電圧	変化率%	使用樹脂	判定
1	1250v	1290	3.0%	2液混合エポキシ	良
2	1180v	1210	2.5%	2液混合エポキシ	良
3	1170v	1190	1.7%	2液混合エポキシ	良

【2-2】低温作業で高真空を維持する封着技術の開発は(株式会社コンド電機)(福島県ハイテクプラザ)との研究を実施した。

従来の真空加熱方式の製造条件の真空炉内温度は700℃45分間と高温であり、作業サイクルタイムが長く電力浪費をしていた。課題解決の為に、新技

術開発では室温とし、作業効率、作業サイクルタイムの短縮を図る為に真空ポンプを3台設置したことで品質（放電電圧）の安定と、作業サイクルタイムに余裕が出来た。使用組立治具も安価で簡便な作業方法の導入等にも考慮した技術研究を実施した。希ガス封入炉内温度を常温、1秒1個にて生産できる装置が完成した。

福島県ハイテクプラザからは、希ガスリークテスト装置を使用して封止材の耐熱テストを実施した。結果 240℃にてリークする試料も発生したが 350℃に耐えられる資料もあった。その結果様々な条件を改善する事で、350℃の耐熱温度が確保できることが判明した。この条件を維持し作業工程を確立し安定的な耐熱温度により市場の要求使用を満たすことが出来た。これらの具体要件としては、放電電極寸法の精度、セラミック基台の寸法精度等の改善効果と、エポキシ樹脂の硬化条件の研究成果によるものである。これらの相乗効果により品質の安定、低コスト化、量産化（月産50万個、完成品歩留り95%）など当社目標を達成することが出来た。（平成27年度完了）

『3：電気検査測定技術、梱包形態に関する研究実施内容』

【3-1-1】放電電圧測定装置の開発（測定機構部）は

放電電圧測定、絶縁測定、耐電圧測定等を行うための電気特性測定評価装置は、希ガス封入装置後の生産工程順序と横持移動距離短縮、省人化などを考慮して希ガス封入装置のベルトコンベヤー搬送を活用し設備効率と生産性の向上を図った結果、希ガス装置と合体させた装置を完成させた。

27年度は、部分的な不具合仮称の修正、改善を図り測定機構部の電気検査機能を確認して完成させた。（平成27年度完了）

【3-1-1】放電電圧測定装置の開発（マーキング機構部）は

27年度計画していたテーピング装置やレーザーマーキング装置は、全体製造工程がまだ確定していない。製造工程の簡素化や結合複合化などの計画変更に伴い、28年度にて更なる研究課題を解決し、搭載設置する効率的工程を確定する計画であったが、工程内に取り込むことが不合理との判断をした結果、当面単独装置として工程間に設置し更なる検討を付加することとした。

【3-2】放電電圧調整装置の開発は

放電電圧調整装置の開発は初期目的に到達26年度にて完了済み。

【3-3】実装方法と梱包形態に関する開発は

最終工程の為、前工程の手順変更、一部仕様の追加、研究成果による変更などの諸事情から、計画の遅れが生じていた。基本計画はエンボテープによる最終エンドユーザーへの納品であることから、様々な検討項目を踏まえて、納入実績と市場シェア、購入価格、装置機能など重点的に考慮してメーカーを選定した。これと同時に並行にエンボステープについても同様に

検討を加えた結果、導入時の諸問題に迅速に対応すべく装置メーカーとエンボス製造メーカーを同一メーカーにした結果、予見通り短時間に計画を達成する事ができた。(平成 27 年度)

平成 28 年度は購入したテーピング装置を開発した。複合商品の形状寸法に合わせて、部品整列装置のパーツフィーダーの検討を行った。当初計画では標準のパーツフィーダーを搭載する予定であったが、製作後性能が十分に維持できないとの見解から、特注品に変更した。この為平成 27 年度に購入したテーピング装置の一部改造を施し装置の開発を実施した。

これらの研究成果から、市場の要求に即応できる梱包仕様を満足することができた。

整列装置、実装装置に関する開発

平成 27 年度に試作研究した複合商品は、面実装サーミアブソーバー、酸化亜鉛バリスター、リードフレーム端子、樹脂ケースなどの部材により構成されている。これらの部材を手加工ではコスト、品質、信頼性の確保に大きな障害となり、市場要求に答えることができない。この研究開発はそれらの課題を解決するために取り組み、細部に至り詳細な条件や工程手順を協議し概略図作成後部分試作実験を繰り返し確認した。

概略図をベースに特注品として、選択した事業者に発注し計画通りに納品されその機能と諸条件を確認後検収した。

『 4 : 製品評価試験に関する研究実施内容』

【 4 - 1 】 中間、総合評価試験

平成 27 年度に計画していた電気特性中間評価試験、総合試験は、封止樹脂の選択、製造設備の改善、製造工程の変更など確認変更する為の試験研究に時間を要した結果、予定した試験評価が出来なかった。しかし適時にはハイテクプラザの協力にて基本とするガスリークテストや、1 部製品の信頼性に資する放電時の材料の劣化の観察などは実施した。

集中的に製品の信頼性試験は 28 年度に持ち越した。

平成 28 年度では、計画に従い高温試験【125℃】、低温試験【155℃】、恒温恒湿試験【40℃、95%】、連続 1000 時間を完了した。その結果下記表の通りの試験結果が得られたが、熱衝撃試験【-55℃⇔120℃】50 サイクルの試験を実施した結果、一部に不具合症状が発生し現在対応中である。

【連続 1000 時間 125℃高温試験】 【連続 1000 時間恒温恒湿試験 40℃、95%】

NO	試験前	試験後	変化率	NO	試験前	試験後	変化率
1	1625	1656	2%	1	1609	1625	1%
2	1515	1546	2%	2	1625	1640	1%

3	1546	1593	3%	3	1531	1515	-1%
4	1531	1609	5%	4	1593	1609	1%
5	1609	1625	1%	5	1562	1578	1%
6	1609	1437	-11%	6	1546	1578	2%
7	1625	1578	-3%	7	1593	1609	1%
8	1484	1531	3%	8	1609	1609	0%
9	1640	1743	6%	9	1593	1593	0%
10	1531	1609	5%	10	1515	1531	1%
規格値			± 2 0 %	規格値			± 2 0 %

上記表の結果から 1000 時間試験後の変化率が規格内であり変化率は小さく品質、信頼性に革新的試験結果が得られた。

購入したオシロスコープは、高周波に対応可能な 500 MHz オシロスコープを購入したことにより今まで見えていない領域の波形を観察することができた。

本事業で使用した電磁界シミュレーションソフトおよびスパッタ成膜装置については福島県ハイテクプラザに既設の設備を使用した。

【4-1】製品の信頼性評価試験

- 電磁界シミュレータを用いた放電時の電場の計算

電磁界シミュレータソフト Ansoft Maxwell に製品形状とタウンゼントの放電開始条件から得られた放電開始電圧を缶と内部電極間に入力し、缶内空間における電場分布についてシミュレーションを行った。得られた缶内電場のシミュレーション結果について図 1 に示す。

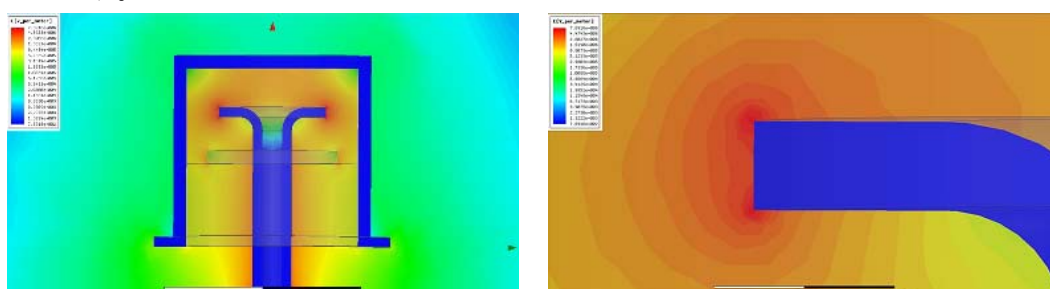


図 1 サージアブソーバーの電磁界シミュレーション結果
(左：サージアブソーバー全体、右：電極端部の拡大)

図 1 より、放電開始電圧を印加した際、内部電極の端部が最も電場が強くなっており、ここから放電が開始されるであろうことが示唆される。昨年度、放電試験を行った後のサージアブソーバーの内部について観察した結果でも、電極端部およびそこに相対する缶内面に放電痕と思われる箇所が確認されることから、このシミュレーション結果は妥当なものであると考えられる。

次いで、電極の先端部を丸く面取りした形状を設計し、放電に必要な電場とそれに必要な缶と電極間の電圧との関係を求めた。その結果、電極を先端アールにした場合にはそのアールに応じて電場が弱くなり、必要な放電開始電圧は上昇した。逆に低下させるにはより鋭い先端を成型するか缶と電極間のギャップを狭くする必要があるが、鋭い先端ではサージアブソーバーの寿命、ギャップの縮小は放電が止まない続流現象の発生が懸念されるため、容易ではない事がわかった。

・ コーティングによる放電開始電圧の低下手法の検討

スパッタ成膜装置を用い、缶の内面、電極およびアルミナの基台の表面に放電しやすい素材をコーティングすることで、放電開始電圧を大幅に低下できないか検討を行った。コーティングする素材としては仕事関数の低い素材、および誘電体について成膜を行った。コーティングされた部品は(株)コンド電機にてサージアブソーバーに組み立て、放電開始電圧を測定した。コーティング素材とその放電開始電圧について表1に示す。

表1 成膜素材とその放電開始電圧

1730V (成膜なし、ガス圧力: 460torr)		成膜素材および成膜箇所							
		①タンゲステン		②Nb2O5		③PZT		④Al	
		缶・電極	缶・電極	基台	缶・電極	基台	缶・電極	基台	
ガス圧力 (torr)	大気圧	2,359	2,640	2,218	2,703	2,000	2,000	1,968	
	700	-	1,203	1,156	1,218	937	-	953	
	600	-	1,125	1,000	1,156	843	-	906	
	500	-	1,093	875	1,093	765	-	796	
	400	-	1,031	812	1,015	740	-	734	
	300	-	921	718	921	553	-	625	
	200	-	781	593	706	496	-	562	
	100	-	615	448	653	406	-	425	
	50	462	587	346	500	331	-	337	
	30	321	459	293	368	328	328	331	
	0	437	462	446	443	443	443	459	

表1より、いずれの素材においても成膜を行わないものに比べ放電開始電圧は低下していることが確認された。しかしながら、目標までは到達しておらず、コーティング単体では大幅な放電開始電圧の低下は難しいことが確認された。

・ 信頼性評価試験

製品の信頼性評価試験として、高温試験、高湿試験、熱衝撃試験、振動試験といった環境試験を実施した。試験の条件については表2のとおり。

表2 信頼性試験の条件

試験条件	
耐熱性	125°Cの雰囲気中に1000時間放置
耐湿性	40°C湿度90~95%の雰囲気中に1000時間放置
熱衝撃	-55°C(30分)→常温(2分以内)→125°C(30分)→常温(2分以内) を50サイクル
振動試験	x、y、z軸方向に、振幅1.5mm、振動周波数10~55~10Hzを 1分間の掃引サイクルで往復させる振動をそれぞれ2時間、計6時間

常温常湿に取り出して4時間後に特性を調べる

信頼性試験を行ったサンプルについては(株)コンド電機での性能評価試験用に使用した。

『5：研究全体の統括、プロジェクトの管理運営に関する実施内容』

【5-1】全体計画の企画、【5-2】進捗管理、研究推進会議、【5-3】成果に関する報告書のとりまとめは、平成26年度、平成27年度いずれも良好な、管理運営をすることができた。

平成28年度は事業計画の最終年度であり、年密な検討を重ねて事業全体を最適な事業にすべく【5-2】進捗管理、研究推進会議2回を開催しその成果は、良好な結果となった。【資料添付】

最終章 全体総括

補助事業の成果及びその効果

- 1). 従来品の封止作業温度は700℃45分間を要していたが開発品の封止温度は室温にて希ガス封止が可能となった。

エネルギーの削減（省エネルギー）の効果。

- 2). 生産能率は全工程1個/秒の連続生産が可能となった。

製造工程の自動化を図り（生産性のアップ）、接合の信頼性を高め低コスト化が実現した。

- 3). 作業要員が3名にて月産500,000個生産に目途が付いた。

製造工程の自動化を図り生産性を高める効果があった。

- 4). 超小型高性能面実装サージアップソーバーが市場提供の目途が付いた。

高実装密度、高信頼性、高生産性、低コスト化を実現し高い接合実装技術の効果に貢献できた。

平成26年度、平成27年度事業にて確認

平成28年度事業からは、

- 5). 信頼性試験評価が完了し、期待値の信頼性を確認した。

信頼性試験1000時間のテスト結果、川下ユーザーの使用に耐える電気特性を得ることができた。

- 6). 超小型高性能面実装サージアップソーバーを活用した面実装複合商品が誕生した。

ビジネス形態はB to Bの取引拡大効果がある。

- 7). 複合商品を応用した一般家庭向け商品サージキャップの商品を開発した。

ビジネス形態はB to C販路拡大の機会が増した。

8). 超小型高性能面実装サーミアブソーバーの部材絶縁基台を特許出願申請した。

経営基盤強化と知財確立効果が得られた。

これらの成果と効果を得たことから、川下エンドユーザーの仕様要求に答えるべく、開発成果品の超小型高性能面実装サーミアブソーバーを有効活用する為に酸化亜鉛バリスターを結合した、複合商品の開発にも着手することが出来た。この複合品の開発は、川下エンドユーザーに使用時の利便性や高密度化、高実装化に大きな貢献をする開発であり、すでに大きな反響を得ている。この成果からさらなる市場競争力を増すこととなり、当社計画を上回る成果と目標に到達できた。平成26年度、平成27年度

平成28年度

最終製品評価試験結果から、この研究開発事業は多くの関係者、研究に携わった方々の英知と知見そして多くの実験を重ねて収斂し、想定以上の成果を得ることができた。計画以上の課題に対してすべてを解決しB to B、B to Cに提供できる完成品が誕生したことは、弊社の自社開発製品として今後の経営基盤の強化に資すること確信した。又このような大規模の研究開発をやり遂げたことは東北経済産業局様の適切なるご指導と福島県ハイテクプラザと弊社の研究体制を担当した研究者、そして陰で支えてくれた社員にも感謝申し上げます。この研究開発から自信と確信が醸成でき、今後の課題解決にも繋がるものである。

補助事業の成果に係る事業化展開について

成果物から、更なる進化と研究試作した装置による連続生産システムの構築は、微小構成部品の接合と実装技術に鑑みて製品の信頼性、品質の安定、コストの低減を図り、川下エンドユーザーの要求課題である、微小実装電子部品の誕生、高密度化、高実装化等の解決を図ることが出来た。(平成27年度完了)

平成28年度事業にて平成28年11月10日ビジネスマッチ東北2016の展示会に参加、平成29年2月22日常陽、足利めぶきグループによるビジネスアワード展示会に参加、3月9日株式会社キャノン本社購買に訪問などを行い開発商品説明を行った。

平成29年3月8日、3月14日2度に至り中小基盤機構の販路開拓についての指導を受けている。

補助事業の成果に係る知的財産権等について

成果物は日本国、中国、韓国、米国から特許取得済みであるので、周辺特許取得に向けて平成28年度に検討する。

平成28年度事業から超小型高性能面実装サージアブソーバーの部材一部絶縁基板の改良型の特許出願申請した。

付属資料

推進会議と研究開発の設備紹介

技術検討会

研究者、補助員による開発技術検討会議

推進委員会メンバーによる会議風

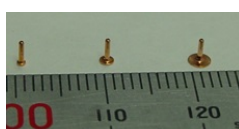


平成26年度事業から平成28年度事業に至る
現行完成品までの試作開発設備と製造工程フローチャート

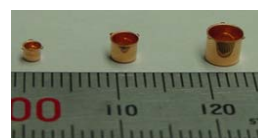
構成極小部材



セラミック基台



放電電極



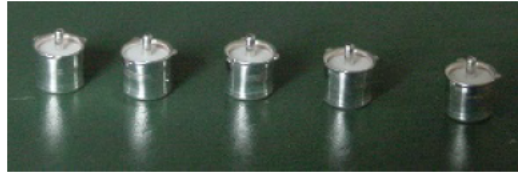
アウターケース

1 : 【組み立て工程】

組立て装置



『セラミック基台、放電電極、
アウターケースを連続
組立てる自動装置』



2 : 【希ガス封入工程】

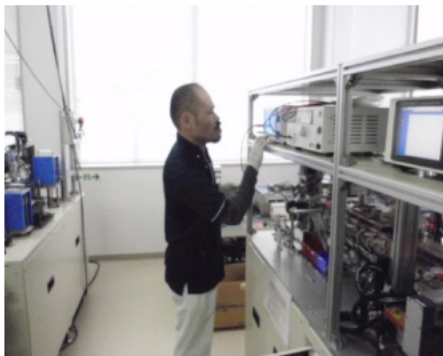
ガス封入装置



『組み立て装置によりくみ上げられた半完
成品を真空引き、希ガス封入、封着封止を連
続生産できる装置』



3 : 【電気検査工程】



『ガス封入装置に連結された電気検査装置
を使用し絶縁検査、放電電圧検査などの電気
特性を測定後、良否判別を自動選別機構に備
えた 連続電気検査装置』

4 : 【組立て塗布実装工程】

整列実装装置



複合商品完成品

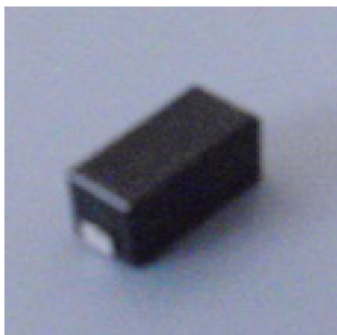


5 : 梱包テーピング工程



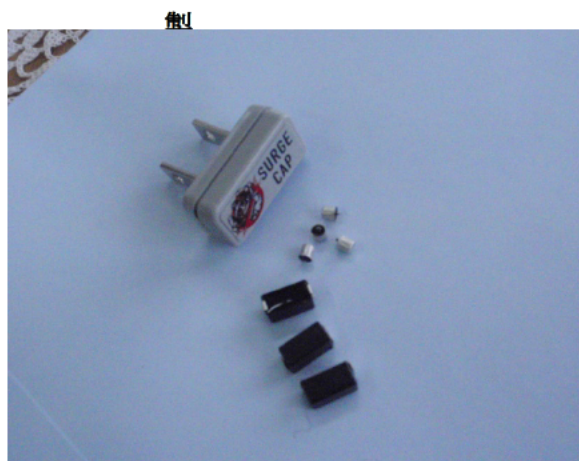
研究成果物

超小型高性能面実装サージアブソーバー



超小型高性能面実装サージアブソーバー

複合商品を内部装着した個人向けサージ吸収コンセント



株式会社 コンド電機
近藤 善一