vol.2
高校生の高校生による高校生のための
さがものづくり企業だより
2023年4月1日発行
佐賀県 ものづくり産業課
公式note
https://note.com/sagamonodukuri/
取材企業 田中電子工業株式会社 神埼郡吉野ヶ里町吉田2303-15 0952-53-2345 tanaka.co.jp
担当高校生ライター 鳥栖高校
青木 茉依 3年 佐藤 真紀 3年 中村 紗和 3年

半導体を支える15マイクロメートルの大黒柱
伝えられた情報を“つなぐ”線

佐賀のものづくり企業を調べていて目についた「ボンディングワイヤ」という聞いたことのない名称。神埼郡吉野ヶ里町にある半導体関連の部品を扱う田中電子工業株式会社が生産しており、世界でも生産のトップシェアを誇っているそうだ。私たちは会社・部品名ともに調べたが情報が少なく、どんな部品を製造しているのか気になったため、取材を行った。

上の写真の中で放射線状に張られているワイヤ。金属と添加元素を混ぜて作られ、直径は15〜18マイクロメートルほど。主流の素材は金だが、銅やアルミニウム、銀なども使用される。添加元素は強度や伸びやすさがニーズに合うようさまざまな組み合わせで配合する。たった1グラムの金から100メートル以上の長さのワイヤが作られ、長いものだと1万メートルに及ぶことも。

金のワイヤから考える製作の工夫と課題

田中電子工業の社員二人に聞いた、ボンディングワイヤの特徴と時代に寄り添った変容、これからの課題。

製造セクション チーフマネージャー 佐藤 松美さん
業務セクション チーフマネージャー 山田 竜喜さん
お話を聞いたのはこの二人

ボンディングワイヤの素材として一番使われているのは今も昔も「金」なのだそう。ボンディングワイヤにおいて最も重要視されるのは、「いかに多くの電気を1度に通すことができるか」。

しかし、金属の中で最も電気伝導率が大きいのは銅で、金は3番目。また金は現在非常に高騰しており、1グラムあたり9000円前後を推移している。それでもなぜ、金が使われ続けているのだろう。

金はとてもワイヤに向いている

ボンディングワイヤは、はんだ付けの要領でIC基板に接合される。ワイヤの端に電気を流して熱で溶かし、それを基盤に押しつける。熱が冷め、固まると接合の完了だ。しかし、ボンディングワイヤは金属であるため、熱を加えると酸化してしまう。つまり、錆が出てしまうのだ。錆が出てしまうと、金属はもろくなり、精度が低下し、品質が落ちてしまう。だから、酸化しやすい金属は避けたい。

また、金属はその他のイオンとも結合しやすいものがあり、硫化や塩化してしまうと、割れてしまったり、電気を通さなくなることがある。これらを踏まえ、ボンディングワイヤにふさわしい金属は、酸素や硫化物イオンと反応しない、すなわち、イオン化傾向が小さく電気伝導率が高いものでなくてはならない。この条件を満たした金属が金だったのだ。また、柔らかいので、伸ばして細くしやすく、加工向いている。

こういった背景から、最初に金が選ばれ、今まで安定して提供されたのだ。

時代背景と金

「金は安定した資産」という言葉を耳にしたことはあるだろうか。金はそのもの自体に価値がある実物資産であり、発見されてから約6000年の間、その価値を一度も失ったことがなく、時代が変わっても変わらない価値を保ち続けることを表した言葉だ。昔、金は今ほど高くなく、同じく材料の候補に上がっていた白金（プラチナ）は非常に高かった。技術的な面でも価格的な面でも金のほうが使い勝手が良かったのだ。

しかし、金の価格は年々上昇している。2000年ごろまでは、1グラムあたり1000円程度であったが、現在ではおよそ9000円。20年で約8倍にまで高くなってしまったのだ。そのため、一度市場に電化製品の一部として出ったり、不良品となった使えない金は精錬し直し、再利用している。2021年の東京オリンピック・パラリンピックの金メダルにも、こうして再利用して作られた金が採用されている。

さらに金の高騰に加えて、電化製品のライフサイクルが短くなっていることがある。製品が一生モノから10年、短いもので2〜3年程度で買い換えられるようになったのだ。そうなると、安定はしているが、価格が高い金を選ぶ必要性が薄れてしまう。そのためニーズは「金より安いボンディングワイヤはないか」に変化した。そして、金とは別の貴金属を用いたボンディングワイヤを増やす必要があった。

現代技術で乗り越える壁

金の代替品として上げられた貴金属は、以前より検討されていた、金より電気を通しやすい銅と銀だった。しかし、前述の通り、この二つは酸化・硫化しやすい、硬いという重大な欠点があったのだ。これが解決されない限り、接合の信頼性は乏しく、不具合の原因となる危険があった。

これらの解決策として発明されたのは二酸化しにくい別の金属を表面に施すことだ。銅の表面にパラジウムという別の金属をコーティングして、酸化をさせないことに成功。これ以外にも、ボンディングワイヤのユーザーが接合する際にも対策ができるようになったことがある。それは、ボンディング中に不活性化ガスを吹きかけること。

不活性化ガスとは、窒素やアルゴンからなる他の物質と反応を起こさない、科学的に安定したガスのことだ。熱を加え、金属を溶かす際にガスを吹きかけることで、金属と酸素や硫化物イオンとの化学反応を中断させることができる。

この二つの現代技術が銅や銀のボンディングワイヤを安心して使えるものにしたのだ。

最初期のボンディングワイヤ

現代でこそ当たり前に使われているボンディングワイヤだが、製造には多くの試行錯誤があったそうだ。

もともと、ボンディングワイヤの前身となった触媒用白金網が製造されたのが1930年、その後本格的にボンディングワイヤが完成したのが1964年であった。

通産省からの要請で始めたボンディングワイヤの製造は、材料の選別から、添加元素の量の調整、太さの統一等の実験や試験を繰り返し、一つ一つに長い時間がかかった。完成した当時のワイヤは、直径約30マイクロメートルと、現在のものと比べて太い。加えて、均一な太さとバランスを保ちつつ長く引き伸ばすのは、非常に難しい作業だった。

今では製造中にワイヤが切れてしまえば不良品となるが、昔は1回であれば途中で結んでもいいというルールがあるほどだった。しかし、こういった経験は現在の顧客であるメーカーのニーズにあわせ作り変えていくというスタンスにつながっている。

これからの課題

世の中にある物事は常に進化を続けている。もちろん、ボンディングワイヤも例外ではない。そして、進化を続けることでぶつかる課題もいくつもあるそうだ。

課題の一つとしては、よりワイヤを細くしていくことだ。現在の電化製品のトレンドとして、小さく集約にすることが挙げられる。IC一つの大きさはより小さくなったが、情報量は今と変わらない、または数を増やし、電化製品の性能を上昇させようとしている。そうすると、ICに使われるボンディングワイヤにも多くの量を張る必要性がある。それゆえ、より細く、均一に、品質を高めていかなければならない。

また、これからの電化製品に見合った固有の特徴を持つワイヤの製造をしていくことも挙げられる。つまり、要望をより忠実に再現したワイヤを作るということだ。例えば、より電気を多く通すものや特定の場所に張れる等の細かいニーズである。一つ一つに完璧に対応するのは難しいが、なるべく近いものを作っていく必要があるそうだ。

近い将来、空飛ぶ車や持ち運び可能な家電などの進化した電化製品が作られ、普及しているかもしれない。その中には、課題を乗り越えさらに進化した、まったく新しいボンディングワイヤが使われているだろう。そんな未来はこの小さな細いワイヤが握っているかもしれない。

ただの線じゃなかった！
機械の脳と四肢をつなぐ神経

ボンディングワイヤを直訳すると「結ぶ（つなぐ）線」となる。その名の通り、主にICチップとパッドを電気的につなぐ配線の役割を担っている。ICチップから送られた電気信号が、ワイヤを通って周辺にあるプリント基板の電極に伝わることで、集積回路はその役割を果たす。一つのチップに接合できるワイヤが多いほど、伝えられる情報量が増え性能が良くなる。

また、線状のボンディングワイヤだけでなく、テープ状のボンディングリボンもある。リボンはワイヤより断面積が広いのでより多くの電気を通すことができる。よって、それらはハイブリッドカーやエアコンなどの、電池と装置をつなぐ用途で使用されることが多い。

（左から）山田 竜喜さん（田中電子工業）、青木 茉依・佐藤 真紀・中村 紗和（鳥栖高校）、佐藤 松美さん（田中電子工業）

普通のワイヤとここが違う 工夫された6つの製造工程

ボンディングワイヤはただ金属を細く加工しただけじゃない。5つの工程と検査を行って、初めて市場に流されるのだ。ここでは金のボンディングワイヤを例に製造の流れを紹介する。

1 溶かす
純金と添加元素を高温で溶かす「溶解」という工程。その後、型に入れてインゴットを作る。加える添加元素は顧客の要望する素材や使用用途によって異なり、それによってワイヤの性格が決まる。

2 伸ばす
ロールを用いて、インゴットを上下から押し伸ばし細い棒状にする「圧延（あつえん）」という加工工程。ここでは元の直径3センチメートルから直径1センチメートルまで細くする。

3 細く伸ばす
ダイスというダイヤモンドを用いた工具の穴にワイヤを通し、さらに細くする「伸線（しんせん）」という工程。ワイヤより小さい穴径のダイスへ数回に分けてワイヤを通し、少しずつ細長くする。ここで、指定された太さまで伸ばされる。

4 熱処理
ワイヤに数百度の熱を一瞬加えることで柔らかく、伸びやすくする「アニール」という工程。これまでの工程でワイヤにかかったストレスを取り除くことで、顧客がボンディングするときに扱いやすくなる。

5 巻き取り
スプールという巻き筒にワイヤが巻かれ出荷前の状態になる。ワイヤを斜めに巻いていくクロスという巻き方が主流。顧客が使用する際、絡まることなく繰り出せるよう工夫されている。

6 検査
ワイヤの外観に傷や汚れがついていないかを検査する。また、引張（ひっぱ）試験機を使用して上下に引っ張ることで強さと伸びを調べたり、重量から直径が顧客の指定した数値と合致しているかを調べる。

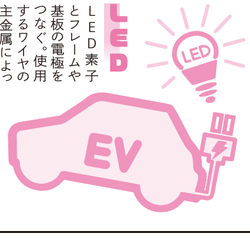
こんなところにも！ 使用製品一覧

日常生活では聞きなじみのないボンディングワイヤ。しかし日常にこそ、奴らは潜んでいた！私たちがよく知るあの製品から宇宙で使用されるものまで、その一部を紹介する。

スマートフォン
データの発信の役割を持つ。昨今のスマホの進化はボンディングワイヤを含む半導体の進化と同義と言っても過言ではない。

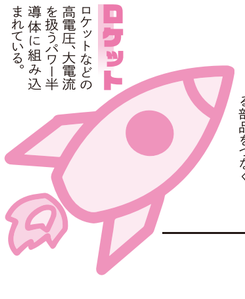
PC
電気信号やデータを送ることなどに使用されている。

LED
LED素子とフレームや基板の電極をつなぐ。使用するワイヤの主金属によって彩度や色が異なる。



電気自動車
電気自動車のリチウムイオンバッテリーとパスバーと呼ばれる部品をつなぐ。

ロケット
ロケットなどの高電圧、大電流を扱うウー半導体に組み込まれている。



線つなぎボンデクイズ
挑戦しよう！

明日誰かに話したくなる、
ボンディングワイヤ+αの雑学。
これで君もボンディングワイヤ通の高校生に?!

1. ボンディングワイヤの「ボンディング」の意味は？ ● A 15〜18マイクロメートル（髪の毛が100マイクロメートル程度）
2. ボンディングワイヤの直径はどれくらい？ ● B 100メートル
3. 伸線工程で使われる鉱石は？ ● C チョコレート（材料を溶かして型に入れて固める工程が似通っている）
4. 引張試験で使われる機械は？ ● D 結ぶ／つなぐ（英語だとbonding）
5. 1グラムの金でできる25マイクロメートルのワイヤは何メートル？ ● E ブルー
6. 金1グラムの値段は？ ● F ダイヤモンド（ワイヤの材料より硬い）
7. スプールで巻き取れる長さは？ ● G 引張試験機
8. 田中電子工業の佐藤さんは、ボンディングワイヤを何に例えて説明したでしょう？ ● H 99.99%（添加元素は極僅かしか含まれていない）
9. 金のボンディングワイヤに含まれる金の割合は何%？ ● I 約9000円（2023年3月現在）
10. 田中電子工業のロゴの色は？ ● J 1万メートル

線でつないでね！

線つなぎボンデクイズの解答：①=D、②=A、③=F、④=C、⑤=B、⑥=I、⑦=J、⑧=G、⑨=H、⑩=E

WEB版もチェック!!

県内高校生が担当した記事は、
メディアプラットホーム「note」でも公開中！

PICK UP!
佐賀から世界へ！
半導体作りの最前線に立つ
JSRマイクロ九州
「世界シェア1位」の秘密に迫る

半導体の材料である「フォトレジスト」世界シェア1位を誇る企業を取材。高い技術力の裏に隠された努力やグローバル企業だからこその特徴とは？

担当高校生ライター
佐賀西高校
3年 森園 耕平
3年 副島 浩也
2年 永渕 誠也
2年 半田 秀賢
2年 百武 拓哉

記事はこちらから

編集後記

われわれ一同は今回の取材を行うまで、ボンディングワイヤという名前を耳にしたことはなかった。

しかし企業の方にお話を伺うと、半導体に組み込まれている製品ということで結構身近に存在している…というか、かなりお世話になっていた。親の顔を知らないまま生活していたような驚きである。しかも企業のご厚意で工場見学までさせていただけて、ボンディングワイヤに好感を持たないわけがなかった。

今回の取材でただの女子高生からボンディングワイヤに詳しい女子高生にランクアップしたわけだ。そんなわれわれの生活を支えているのは、きっと彼らのような名前が一般にあまり知られていない製品たちなのだろう。

Editorial Direction & Design = 9P