

ニッケルナノチューブの微細化・磁場配向制御技術の開発により、液晶ディスプレイ (LCD) 等の表示素子の高精細化に対応する次世代型の微細配線用異方導電フィルム^(注1)の開発に成功

液晶ディスプレイ、携帯電話等の表示素子では、多数の表示素子側の入力端子と駆動素子側の出力端子を結線させています。表示素子の小型化、高精細化のニーズに応えるため、端子にある電極の狭ピッチ化が必要になっています。ニッケルナノチューブを用いた新しい光硬化型異方導電フィルムを開発し、対応端子間隔を従来の4分の1とすることを実現しました。

- 長さが1~10 μm とサイズ分布の小さいニッケルナノチューブの開発に成功。さらに無電解めっき^(注2)による体積抵抗率^(注3)の向上を実現し、平均の幅が0.4 μm の棒状磁性粒子^(注4)による導電性ファイラー^(注5)を開発。
- 光硬化時の収縮が小さな光硬化型のバインダー樹脂を採用し、塗膜の搬送、磁場配向、光硬化を連続的に進める光硬化方式の製膜機の試作に成功。熱硬化型異方導電フィルムで問題となる加熱・冷却過程による応力歪の残存の回避、素子への熱の影響から開放される新しい光実装方式を提案。

競合技術への強み

	配線間隔	熱むずみの影響	製膜速度
球状粒子・加熱圧着法 (従来技術)	40 μm (2005年時点)	× 圧着時の熱むずみによる変形が大きい	—
本技術	10 μm	○ 無し (硬化収縮が小さい光硬化性樹脂のため、優れた成型性を有する)	○ 1.4m/min (従来技術の製膜速度の詳細は不明だが、これまでの企業等との議論から十分なレベルと考えている)

▲異方導電フィルムに関する従来技術と本技術との比較表

①対応端子間隔

平均長さ3 μm 、平均幅0.4 μm のニッケルナノチューブを用い、電極間隔10 μm での異方導電性を確認。

②通電エラーの抑制

分散剤としてシリカ粒子を混合することにより、隣接電極間での通電エラーを抑制。シリカ粒子のサイズと混合比の最適化により、さらなる特性改善が可能。

③膜品質の向上

硬化収縮が小さいことが特徴のフルオレン系光硬化性樹脂を用い、室温で圧着する光実装方式を採用したことにより、従来の圧着時の熱むずみの影響がなく、優れた品質の膜が製造可能。フィルムエレクトロニクスの分野への進出に期待。

④量産可能な連続製膜に対応

磁性導電性ファイラーとして用いるニッケルナノチューブの磁場による配向制御と光硬化製膜技術の開発により、1.4m/minの速度で安定的に光硬化型異方導電シートの製膜が可能。

ここがポイント

液晶ディスプレイ等の表示素子では、駆動素子側出力端子と表示素子側入力端子を多数、簡便にかつ短時間で接続するために、異方導電フィルム (ACF) が使用されています。ACFは、ニッケル粉末や均一球形の金被覆高分子微粒子を導電性ファイラーとして熱硬化性高分子樹脂に分散させた構成からなり、ACFを両端子間に挟み、加熱圧着して、対向端子間で導電接続、隣接端子間で絶縁接続をもたらします。対応配線間隔は導電性ファイラーに依存し、金被覆微粒子では約40 μm が下限 (2005年度のデータ) となっています。表示素子のさらなる小型化や高精細化に応えるため、高信頼性の異方導電材料の開発が求められていました。

本研究では、独自に開発した磁性と導電性を同時に有するニッケルナノチューブを導電性ファイラーとして用いた微細配線用の異方導電高分子シート (ACPS) の開発を行いました。

水素結合型分子鑄型の調製法の改良とサイズ分離操作の導入により、長さの分布が1~10 μm の範囲にあるニッケルナノチューブの開発に成功し、熱硬化型シリコン複合膜へ適用した実験では、電極端子間隔10 μm で異

方導電性が確認されて、異方性比^(注6)が 10^{10} であることが分かりました。また、光硬化型樹脂と本導電性ファイラーの複合膜作製時にシリカ粒子を混合することで、隣接端子間での通電エラーの発生を抑制できることが分かり、光硬化時の体積収縮率が小さい光硬化性樹脂を用いることで、連続的に製膜でき、数秒の光照射で実装できる室温圧着方式の光硬化型異方導電高分子シートを開発しました。

ブレイクスルーへの道のり

1997年：水素結合型分子集合体の形体制御に関する研究を開始。

2001年：水素結合型分子集合体を無電解めっきの鑄型に用い、ニッケルナノチューブを作製できることを実証。リサイクル可能な分子鑄型を用いたニッケルナノチューブの製法を特許出願。

2002年：指導学生の日本化学会春季年会講演賞受賞をきっかけに、日本経済産業新聞 (4/18) に掲載。大阪瓦斯㈱と委託研究開始、その後共同研究へ展開。(2007年まで)

2004年：「中空形状物及びその製造方法」の特許取得 (特許3533402号)。高分子複合材料の研究開始。

2005年：指導研究生がニッケルナノチューブ含有高分子複合材料に関する発表で、日本化学会年会講演賞受賞。化学工業日報 (6/6) にプレス発表。その後、平成17年度第1回産業技術研究助成事業で採択となり、助成研究を開始。ニッケルナノチューブの創製と応用に関し、高分子学会日立化成賞を受賞 (9/25)。

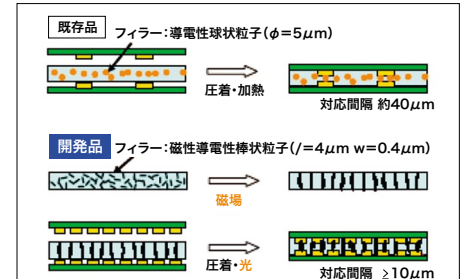
2006年：Nanotech2006にてニッケルナノチューブの間合せ多数。連続製膜・光実装できる光硬化型異方導電高分子シートの研究開始。東京慈恵会医科大学の研究者と医用用途の共同研究開始 (派生研究)。線幅10 μm 以下の評価電極が高価で、評価に十分な量の電極を入手できないことに直面し、微細電極の作製に関する研究を開始 (派生研究)。

2007年：大阪瓦斯㈱からニッケルファインチューブ (開発品) を発表。派生した微細電極作製に関して共同研究を開始し、日本油脂㈱とプレス発表 (化学工業日報9/11、日本経済新聞9/21)。

2008年：光硬化型異方導電高分子シート及び光実装方法に関し、大阪瓦斯㈱と㈱ラボと特許共同出願。高分子学会年次大会 (5月) に発表。6月に助成研究終了。本研究成果を踏まえ、展開研究提案を検討中。途中派生した医療用途の研究が、中川氏を分担者として20年度第1回産業技術研究助成事業に採択。(研究テーマ名「強磁性中空骨格をもつ癌血管指向性ナノ粒子の創製と生体に適合する磁石の体内留置を組み合わせる癌治療ドラッグデリバリーシステムの開発」、研究代表者：並木禎尚氏、東京慈恵医科大学)

■サクセス・キー

今回の研究開発の成功事例に対しては積極的に学会



▲球形ファイラーの異方性導電フィルム (既存品) と棒状ファイラーの異方導電高分子シート (開発品)

発表を行いました。学会発表をすることにより、様々な分野・企業等から注目されプレス発表に至り、プレス発表により本技術に直結する企業や異業種の企業の役員、研究者と率直な意見交換が行われました。これにより研究面だけでなく、社会的な視野が広がり、研究の発展につながりました。

NEDOの研究開発資金により採用した研究員を活用して、異方導電高分子シート用ニッケルナノチューブの繰返し作製、磁場印加によるファイラーの配向制御、異方導電シートの評価を繰返し行いました。その執念深いほど繰返し評価したことで、磁場誘起パーコーレーション伝導パスの形成、シリカ粒子分散剤の添加による伝導パスの細線化といった予期せぬ現象を発見することにもつながり、研究の成功に多大な寄与をしました。

■ネクスト・ストーリー

今後は表示素子の実用化のためのニッケルナノチューブの連続生産法の検討、光硬化型異方導電シートの幅10cmでの実機での生産試験と物性評価を行っています。

また、磁性導電性粉体の利用に向け、均一形状化に関する研究、狭ピッチ化対応への検討、さらに磁性粉体の医療応用 (平成20年度産業技術研究助成採択研究) に関する研究を重ねて参ります。

- (注1) 異方導電フィルムとは、表示素子にある複数の駆動素子の出力端子と表示素子の入力端子を対向端子同士で電気的に結線させる機能性高分子材料のこと。端子間距離10 μm 以下で対応できるものを微細配線用異方導電フィルムと呼んでいます。
- (注2) 無電解めっき：本研究で用いたNi-Pからなるニッケルナノチューブの導電性を向上させるために、導電性に優れた金でその外周を被覆しました。被覆の方法は、無電解めっき法で、水溶液中の金を含むイオンを化学的に還元することで金の薄層を形成させます。
- (注3) 体積抵抗率：体積抵抗率 (電気抵抗率) とは、電気の通しにくさのこと。
- (注4) 棒状磁性粒子とは、円柱状の形体で、Ni-P合金の中でニッケルがf.c.c.構造 (面心立方格子構造) の結晶相を形成していること由来して磁性特性を示す粒子。平均の長さは3 μm 、幅は0.4 μm 。
- (注5) ファイラーとは、添加物として加える充填剤のこと。主に、高分子樹脂に、無機や金属製のものを加え、力学的に強化するために用いられる。導電性ファイラーとは、電気を通すことのできるファイラーのことを言う。
- (注6) 異方性比：ここでは高分子フィルムの電導特性を表す用語として用いている。具体的には、フィルムの膜厚方向の体積抵抗率を膜面方向の体積抵抗率で割った値のこと。

