

بعض التطبيقات الهامة للمواد فائقة التوصيل

إن اكتشاف مواد فائقة التوصيل للكهرباء عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً سوف يجعلها تدخل في تركيب كل جهاز ممكن تصوره. أول هذه التطبيقات هو الحصول على وسيلة غير مكلفة لنقل التيار الكهربائي، لأن التكاليف المادية لنقل التيار عبر أسلاك النحاس مرتفعة نظراً للفقد الكبير في الطاقة على شكل حرارة متبددة نتيجة مقاومة السلك النحاسي، كذلك إذا ما قارنا قيمة التيار الذي يمكن نقله عبر السلك النحاسي حيث تبلغ شدته (١٠٠) أمبير لكل سنتيمتر مربع بينما في السلك المصنوع من مركب الـ (YBa₂Cu₃O₇) تبلغ (١٠٠٠٠٠) أمبير لكل سنتيمتر مربع.

كذلك فإن هذه المواد لها تطبيقات عديدة في مجال الالكترونيات لما تمتاز به من قدرة عالية في فتح وإغلاق الدائرة الكهربائية لتمرير التيار ومنعه، وهذا يشكل العنصر أساسي في بني الكمبيوتر والبحث جار الآن لإدخال هذه المواد في صناعة السوبر كمبيوتر، وإذا ما توصل إلى ذلك فإن هذا سوف يؤدي إلى تطور كبير في مجال الكمبيوتر. أما في مجال الطب فقد تم صناعة أجهزة ذات حساسية عالية جداً للمجالات المغناطيسية المنخفضة الشدة، وتستخدم الآن كبديل للمواد المشعة المستخدمة في تشخيص الأمراض التي قد تصيب الدماغ، حيث يتم الكشف عن التغير في المجال المغناطيسي المنبعث من الدماغ والتي تبلغ شدته (١٣-١٠) تسلا، وهذا مقدار صغير جداً لكن تلك الأجهزة قادرة على قياسه، كذلك يمكن بدقة تحديد مصدر الإشارات العصبية الصادرة من الدماغ وأيضاً يمكن أن تستخدم في البحث عن المعادن الدفينة في باطن الأرض وعن مصادر المياه والنفط لأنها تحدث تغيراً طفيفاً في المجال المغناطيسي للأرض وهذا التغير يمكن التقاطه بواسطة هذه الأجهزة.

لقد فتحت التجارب في السنوات الأخيرة مجالاً واسعاً للتعرف على أكثر من (٣٠) عنصراً ومئات من المركبات تصلح لأن تكون فائقة التوصيل عند درجات حرارة حرجة.

وتشهد ظاهرة التوصيل الفائق هذه الأيام ضجة إعلامية وتنافساً دولياً عجبياً إذ إن تطبيقاتها ستشكل ثورة حقيقية في نهاية القرن العشرين حيث إنها ستفتح آفاقاً في المجالات وأهمها:

- ١- صنع قطارات تسير بسرعة هائلة على وسادة من المغناطيس.
- ٢- صناعة الأجهزة الالكترونية المختلفة وخاصة صناعة أجهزة حاسوب صغيرة الحجم وسريعة الأداء.
- ٣- صناعة أسلاك ضخمة فائقة التوصيل لنقل الكهرباء لإنارة المدن مثلاً.
- ٤- عمل ملفات عملاقة لكي تخزن الكهربائية.
- ٥- صناعة الأجهزة ذات التوصيل الفائق والتي تستخدم في مجال البحوث بدلاً من المغناطيس التقليدية.
- ٦- صناعة أجهزة خاصة لتوليد الطاقة الكهربائية.^(٤)

بعض التطبيقات في المواصلات وفي القطارات على وجه الخصوص:
وهناك أيضاً تطبيقات على مجال أوسع، فهل تستطيع تصور قطار يطير في الهواء كما تفعل الطائرة ويسير بسرعة كسرعتها؟ نعم إنه القطار الطافي. ففي اليابان

تم تصميم عام (١٩٧٩) قطار يعمل على قضبان مصنوعة من هذه المواد فائقة التوصيل، وعندما تبرد هذه القضبان إلى درجة الحرارة المطلوبة فإن القطار بكامله يرتفع عن سطح القضبان نتيجة التنافر المغناطيسي ويصبح وكأنه يسير على الهواء وهذا يمنع الاحتكاك مما يقلل من استهلاك الوقود. حيث شيد في خط تجريبي يعرف بخط ياما ناشي ماقليف في اليابان^(٤).

إن من شأن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي أو التعليق أن توفر قطارات معلقة في الهواء وبالتالي فهي تسير بدون احتكاك مما يعطي توفيراً هائلاً في الطاقة من جهة ويوفر سرعات كبيرة إلى جانب التخلص من الضوضاء. ثم إن تلك القطارات سوف تكون مريحة جداً وخالية من المطبات لأنها تسير على وسادة هوائية. في اليابان تم تجريب هذه الفكرة عملياً، حيث يرتفع القطار حوالي عشرة سنتيمترات عن المسار. والقطار يحوي المواد فائقة التوصيل في حين تتوفر المغناطيسات الكبيرة على الطريق. وفي داخل القطار يتوفر جهاز تبريد وهذا كل ما يلزم حيث يستفاد من قوة التنافر مع المغناطيسات نفسها في دفع القطار وتسييره بسرعات تزيد على ٥٠٠ كم في الساعة^(١). وتم في عام (١٩٩٩) تجربة قطار يسير بسرعة (٥٤٩) ك /س ويعتزم اليابانيون تشييد خط آخر يعتمد على الموصلات فائقة التوصيل^(٤).

تستعمل الموصلات الفائقة في صنع مغناطيسات كهربائية قوية جداً كتلك المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي وتلك المستخدمة في مسرعات الجزيئات، كما تستخدم الموصلات الفائقة في صنع الدوائر الكهربائية الرقمية وفلاتر المايكروويف في محطات الإرسال للهواتف الخلوية وفي الكثير من التطبيقات الكهربائية والعلمية^(١).

رغم ما تحمله تقنيات الموصلات الفائقة من آمال كبيرة لخفض استثمارات تصنيع المولدات، ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، وتوزيعها فإنها بعد تطوورها، ستحقق خفصاً هائلاً في الطاقة الضائعة على شكل حرارة، التي قد تصل أحياناً إلى ما يعادل (٢٠%) من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة. وقد اقتربت نفقات الموصلات الفائقة من الحدود الاقتصادية المقبولة في عدد من التطبيقات في مجالات القوى الكهربائية مثل:

أ. التوليد.

ب. نقل القوى الكهربائية.

ج. تخزين الطاقة.

وأول تطبيق على المستوى الكبير للتوصيل الفائق والمتوقع حدوثه بعد عام (٢٠٠٠)، سوف يكون خطوط نقل القوى الكهربائية. وهناك احتمال لتطبيقات التوصيل الفائق، وهي منظومة تخزين الطاقة المغناطيسية، وسوف تمكن هذه المنظومة مؤسسات الكهرباء من تخزين الطاقة الكهربائية للاستخدام المستقبلي، وبكفاءة تزيد على (٩٠%) مقارنة بالبدائل المتاحة حالياً، التي تتراوح كفاءتها من (٧٠%)، إلى (٧٥%) وتقوم وزارة الدفاع الأمريكية بدراسة تصميم وتكاليف بناء محطة تجريبية بطاقة تخزين من (٢٠-٣٠) ميغاوات ساعة أساسها الموصلات الفائقة ذات الحرارة المنخفضة. ومن أهم الدول التي عملت في هذا المجال، بجانب الولايات المتحدة الأمريكية، ألمانيا الاتحادية - اليابان - المملكة المتحدة، وقد أظهرت النتائج الأولية إمكانية إنتاج مولدات كهربائية بسعة (٥٠) ميغاوات.

إن الانتقال الكامل لمرحلة تصنيع جميع مكونات، أي نظام كهربائي من المواد فانقة التوصيل، لن يكون قريباً، بل المتوقع في المستقبل القريب أن يؤدي التقدم في تقنية المواد الفانقة التوصيل إلى استخدام نظم توليفية من كل من المواد التقليدية والمواد فانقة التوصيل، في صناعة معدات توليد، الطاقة الكهربائية وتوزيعها ونقلها^(١٠).

(٥-٣) عجلات الطاقة:

عندما يدور قرص ضخ الكتلة حول محوره فإنه يقال إن لديه طاقة حركية. ولديه الاستعداد للتخلي عن تلك الطاقة لصالح شئ آخر متى ما لزم الأمر. لقد تمت الاستفادة من هذه الفكرة في تخزين كمية كبيرة من الطاقة في عجلات ضخمة الكتلة تدور بسرعات عالية جداً وتحفظ في داخل كبسولات خاصة، استفيد منها ولوقت طويل في تحريك القطارات خاصة. غير أن المشكلة التي كانت تقابل دائماً هي أن الاحتكاك الداخلي يستمر في استنزاف الطاقة الحركية مع مرور الزمن. غير أن الاستفادة من ظاهرة الطفو المغناطيسي يجوز أن تمكننا من صنع عجلات دوارة في جو خال من الاحتكاك تماماً مما يجعلها تحتفظ بطاقتها إلى الأبد. وهكذا جميع الحركات والآلات يمكن أن تستفيد من الظاهرة في أن تكون لا احتكاكية مما يقلل الحاجة إلى كثير من الصيانة والأعطال ويجعل عمرها يتضاعف إلى عدة مرات^(١٠).

(٦-٣) التطبيقات العسكرية:

إن قدرة الموصلات الفانقة على طرد المجالات المغناطيسية جعلت منها مرشحة لاستعمالها في الرادارات العسكرية. فمن المعلوم أن دقة الصور التي يوفرها الرادار تعتمد على قدرته على التحليل غير أن تلك القدرة تتأثر سلباً بالمجالات المغناطيسية المجاورة سواء الأرضية أو غيرها. وحتى تتصور المشكلة راقب ما يحصل لجهاز التلفاز عندما يتم تشغيل جهاز كهربائي يعتمد على التيار المتردد، إن الصورة سوف تصاب بالتشوش والسبب هو المجالات المغناطيسية المجاورة والتي أفسدت الجو على حركة الإلكترونات المهبطية التي هي المسؤولة عن الصورة. وهذا هو ما يحصل مع الرادار بالضبط غير أن الأخير أكثر حساسية بشكل كبير. وقد تم الاقتراح باستعمال الدروع المغناطيسية لحل هذه المشكلة. والدروع المشار إليها عبارة عن اسطوانات ذات مقاسات مختلفة مصنوعة من المواد فانقة التوصيل، يوضع بداخلها مصدر الإلكترونات المهبطية فيحميها من المجالات الخارجية ويجعل الصورة الرادارية غاية في الوضوح.

وأيضاً فمن التطبيقات العسكرية استخدام كاشف السكويد للكشف عن أدق الأعطال المتمثلة في الشقوق والشروخ في أجسام الطائرات العسكرية والمدنية على حد سواء. والطريقة تسمى بأسلوب الكشف غير الضار (Non Destructive Testing NDT) وللكاشف القدرة التامة للكشف عن عيوب فنية أو شروخ في داخل أجسام الطائرات ولو كانت متوغلة في عمق يزيد كثيراً عن عشرة سنتيمترات^(١٠).

(٧-٣) التطبيقات الطبية:

يمكن الاستفادة من نفس الدروع التي سبقت الإشارة إليها في تطبيقات طبية كثيرة. و بصورة عامة فإنه عندما يراد دراسة الإشارات الكهربائية والمغناطيسية الصغيرة جداً المتولدة من المخ أو القلب أو الجهاز العصبي، فإنه يفضل توفير جو خال من المجالات المغناطيسية الخارجية التي تكون عادة أكبر كثيراً من تلك الإشارات. وقد تم الاستفادة بنجاح في بعض المناطق كما في اليابان من خاصية الدروع المغناطيسية مما وفر قدرات فائقة على قراءة الإشارات الصغيرة المشار إليها مما يوفر مزيداً من التشخيص لتلك الأعضاء الحساسة من جسم الكائن الحي.

إذا تمت الاستفادة من قدرة كاشف السكويد الهائلة لقراءة المجالات المغناطيسية المتناهية في الصغر مع استخدام الدروع المغناطيسية، نكون بذلك وفرنا جهازاً متكاملأ يمكن أن يحل محل الأجهزة المستخدمة حالياً ويفوقها من حيث الدقة. وقد تم بالفعل استخدام الكاشف عندما وضعت مجموعة كبيرة منها بشكل نصف كروي تغلف رأس المريض. وصل عددها السكويدات في المجموعة الواحدة إلى (٦٤) في بعض التجارب^(١٠).

(٨-٣) تطبيقات أخرى:

عدد آخر من التطبيقات لم نتعرض له مثل الاستفادة من قدرات كواشف السكويد في الدراسات الجيولوجية والدراسات المتعلقة بالنفط والكشف عنه، وكذلك في دراسات تتعلق بقياس مغناطيسية المواد (القابلية المغناطيسية). وأما تطبيقات وصلات جوزيف صن في الإلكترونيات فلو لم يكن منها إلا التغلب على التشتت والفقد التي تشكو منها تلك الأجهزة عندما يتم تصغيرها بشدة. إن من شأن تلك المشكلة في الموصلات وأشباه الموصلات العادية أن تحد في نهاية المطاف من التردد الأعلى المسموح به في شرائح الحاسبات الآلية على سبيل المثال. ونحن نسمع كل يوم عن زيادة هائلة في سرعات تلك الحاسبات التي يتوقع لها أن تقف في يوم من الأيام بسبب المشاكل التي أشرنا إليها.

إن استخدام وصلات جوزيف صن من شأنه أن يوفر سرعات مضاعفة دون التورط في مشاكل كتلك وبالتالي فمن الممكن أن تطلق للإنسان الحرية من جديد لكي ينطلق في تطوير أجهزته لتحقيق مزيداً من السرعات. على سبيل المثال فقد نجحت شركة فوجستو اليابانية في عام (١٩٩٠) في تصنيع شريحة تحتوي على (٢٠,٠٠٠) وصلة جوزيف صن وكانت سرعتها (١) جيجاهيرتز (١ GHz) وهي تفوق السرعات العادية المتوفرة آنذاك بعشرات المرات ولاستهلك إلا (١٢) مللي واط! أي أقل استهلاكاً للكهرباء من شرائح السليكون المشابهة بأكثر من سبعة آلاف مرة! وقد تم حديثاً الحصول على شرائح تعتمد على تقنية التكميم الفردي السريع للمجال المغناطيسي [Rapid Single Flux Quantum (RSFQ)] للحصول على سرعات وصلت إلى (١٠٠) جيجاهيرتز (١٠٠ GHz) وهي سرعات يستحيل نظرياً الحصول عليه باستخدام التقنية القديمة، تقنية شرائح السليكون أو الجرمانيوم.

أيضاً تستخدم المواد فائقة التوصيل كمغناطيسات قوية جداً. والسبب في ذلك أن النوع الثاني منها (Type II) له قابلية على الاحتفاظ بكمية كبيرة من المجالات المغناطيسية حيث يشكل ما يشبه المصيدة عندما تمر من خلاله ثم تيريده بعد ذلك. وهي فكرة على بساطتها يمكن استخدامها للاحتفاظ بسجلات إلكترونية لشدات المجال المغناطيسي الأرضي في أماكن متعددة. حيث تؤخذ الموصلات إلى المكان المعين

وعندما تتعرض للمجال يتم تبريدها بعد ذلك وتحفظ بالمجال المسجل أثناء عملية التبريد إلى الأبد. كذلك يمكن استخدام الموصلات لصنع ملفات ذات تيار عال جداً مما يوفر مجالات مغناطيسية كبيرة (ربما عشرات التسلا) بسبب شدة التيار الهائل الذي يمر دون مقاومة والذي قد يزيد على ثلاثة آلاف أمبير للمليمتر المربع ($Almm^2$) (٣٠٠٠) في المواد الجيدة^(١٠).

(٣-٩) خصائص المواد فائقة التوصيل:

عند درجة حرارة معينة تعرف بدرجة حرارة التحول تصبح مقاومة هذه المواد للتيار الكهربائي مساوية للصفر. اكتشف كذلك أن هذه المواد عند درجة حرارة التحول حساسة جداً للمجال المغناطيسي، حيث تنفر المجال المغناطيسي الخارجي أي أنها تعكس المجال المغناطيسي مهما ضعفت شدته.

هاتان الخاصيتان فتحت الأبواب أمام العلماء لاستغلالها في ابتكارات واختراعات ذات كفاءة عالية تدخل في معظم مجالات العلوم والتكنولوجيا، حيث أن هذه المواد (Superconductors) سوف تحل محل أنصاف الموصلات (Semiconductors) التي تدخل الآن في صناعة الترانزيستور والدوائر الالكترونية المتكاملة.



صورة رقم (١) توضح مادة فائقة التوصيل

في هذا العرض نشاهد عرض لمادة فائقة التوصيل وهي عبارة عن سبيكة سيراميك من اليوتريوم والباريوم والنحاس والتي تعرف بـ (YBaCuO) وهذه المادة تصبح موصلة فائقة التوصيل عند درجة حرارة (٩٠) كلفن وعندما تكون عند هذه الدرجة تكون مقاومتها للتيار الكهربائي صفر أي أن التيار الكهربائي يمر فيها بدون أي مقاومة كما أنها تصبح مادة دايامغناطيسية تعكس أي مجال مغناطيسي تتعرض له.

في هذا العرض يقوم الباحث بوضع مغناطيس صغير فوق قطعة من الـ (YBaCuO) في حوض حراري، وبعدها يقوم الباحث بسكب سائل النيتروجين لتبريد المادة لدرجة

الحرارة الحرجة التي تنتقل فيها إلى مادة فائقة التوصيل فترتفع كأنها على وسادة هوائية. وتبقى على هذه الحالة طالما استمرت درجة حرارتها منخفضة.^(١٥)