

ENDÜSTRİ SÜPERİLETKENLİĞE ISINIYOR*

John LAMB

Çeviren: Levent DEĞERTEKİN

Sanayiciler ve iş çevreleri, güç kablolarından bilgisayarlara kadar bütün teknolojide büyük bir değişimi müjdele-

* özgün Metin: "Industry Warms to Superconductivity",
New Scientist, 22 Ekim 1987, No: 1583.

yen süperiletkenlik konusunda çok tedbirli davranıyor.

98 Kelvin'de elektriğe olan direncini kaybeden seramiklerin bulunuşu süperiletken teknolojisinin ekonomik durumunu tersine çevirme konusunda ümit veriyor. Bilim adamları süperiletkenlikte kaydedilen en yüksek sıcak-

liğı daha da yükseltmek için birbirleriyle yarışırken, iş çevreleri bu endüstriye pek sıcak bakmıyorlar.

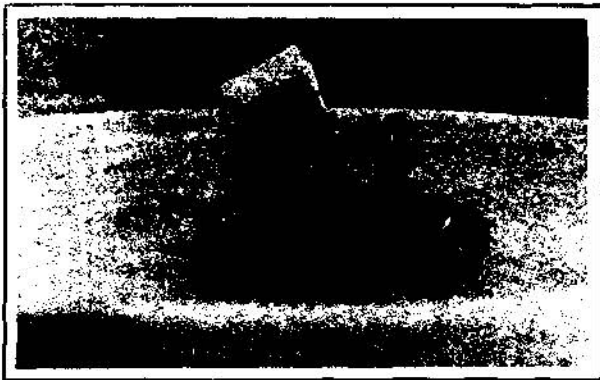
Süperiletken özelliklerini kazanmaları için yüksek sıcaklıkta (900-1100°C) fırınlama işleminden çıkan ham malzemeler- Yttriyum, baryum ve bakır oksit bileşimleri- kömür yumrularını andırıyor. Süperiletken teknolojisi üzerinde çalışan Oxford Instrument'dan Paul Winson'a göre, bu süperiletken malzemeler yılda 3-7 milyar dolarlık bir ticaret metası haline gelecek.

Süperiletkenler, direnç nedeniyle enerji kaybına neden olmadan elektriği iletebilirler. Güç kabloları, yongalar gibi elektrik iletimiyle ilgili tüm uygulamalar için idealdirler. Süperiletkenler elektrik akımını sadece kayıpsız iletmekle kalmayıp büyük miktarda akım da taşıyabilirler. Küçük süperiletken bobinli mıknatıslar çok fazla enerji tüketmeden güçlü manyetik alanlar yaratabilirler. Bu gibi mıknatıslar, manyetik alan sayesinde havada giden trenlerin yapımını sağlayabilir, hızlandırıcı tünellerde ve nükleer manyetik rezonans tarayıcılarında parçacık sapırtıcısı olarak kullanılabilirler.

Elektronik mühendisleri süperiletkenlerin "Meissner etkisi" olarak bilinen özelliğini d u y aç (sensor) ve transistor benzeri aygıtlar üretmek için kullanılabilirler. Süperiletkenler, süperiletkenliklerini ortadan kaldıran kritik bir düzeyin üzerine çıkmayan güçteki manyetik alanları içlerine almazlar. Bilim adamları, kuantize bir şekilde meydana gelen "Meissner Etkisi" ni yakındaki manyetik alanların ölçülmesi veya ikili aritmetiğin "0" ve "1"lerini simgelemekte kullanabilir.

Bu alandaki tek sakınca bir yıl öncesine kadar 23.3 Kelvin'in üzerinde bir sıcaklıkta süperiletkenliğe ulaşamamış olmasıdır. Bu durum süperiletkenliğin bir çok gizil (Potansiyel) uygulamalarını, onları çok pahalı ve kullanışsız hale getiren soğutma sorunları nedeniyle, düşünlmez hale getirmiştir.

Süperiletkenlerin endüstride geniş uygulama alanları olmasına rağmen, ilk atılımları daha çok elektronik şirketleri gerçekleştirmekteler. GEC'in Hirst Araştırma Merkezi'nde 4 yıldır düşük sıcaklık süperiletkenlerinden yapılan "Josephson Eklemleri" konusunda çalışan Kari

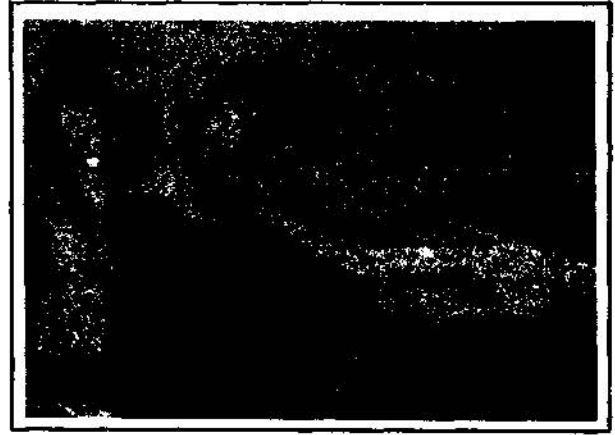


Şekil-1. AT&T'nin süperiletken malzemesi "Meissner etkisi"ni gösteriyor.

Gehring'e göre, yüksek sıcaklık süperiletkenlerden ya-

pılmış elektronik duyaçlar, mikrodalga dedektörleri ve analogdan sayısala çeviriciler gibi aygıtların ticari piyasaya çıkması bir kaç yıl daha alacak. Dünya'nın manyetik alanı 1/10000 Tesla ve çamaşır makinası motorlarının ürettiği manyetik alanlar 1 Tesla iken düşük sıcaklık süperiletkenleri (4Kelvin) kullanılarak yapılan mıknatıslar 10 Tesla civarında manyetik alanlar üretebilmektedir. Süperiletken mıknatısların avantajı elektrik dirençlerinin olmaması ve çok az ısınması nedeniyle enerji tüketimlerinin oldukça düşük olmasıdır.

Varolan süperiletken uygulamalarının, sıvı helyum soğutmasından (4Kelvin) sıvı azot soğutmasına (77Kelvin) geçme işleminden çok yararlanacağı açıktır, çünkü sıvı helyumun litresi 3 pound (6000TL) iken sıvı azotun litresi sadece birkaç peniye (100TL) malolmaktadır. Fiyattaki bu azalma, süperiletken mıknatıslarla çalışan bir tıbbi tarayıcı örneğinde yılda 17000 paund kazanç sağlayacaktır. Şu sıralarda kullanılan nükleer rezonans tarayıcı-



Şekil-2. Bir tıbbi tarayıcıdaki mıknatısların soğutulmasında helyumdan azota geçiş, masraflarda 17000 paundluk kazanç sağlayabilir.

larında giderlerin büyük kısmı soğutma sistemi için harcanmaktadır.

Yüksek sıcaklık süperiletkenlerinden yapılan mıknatıslar bilimin en pahalı gereçlerinden olan parçacık hızlandırıcılarının da imdadına yetişebilirler. ABD, parçacıkları hızlandırmak amacıyla 10000 mıknatısın kullanılacağı bir süper çarpırtıcı için 4.4 milyar dolar harcamaı düşündürmektedir. İyimsen, plancılar yeni malzemelerin kullanılmasıyla maliyetten 160 milyar dolar kazanılacağını ve enerji harcamalarından dörtte bir oranında tasarruf edilebileceğini düşünmektedirler. Fizikçiler ise, bu ucuz mıknatısların hazırlanmasını beklemek veya ilk tasarımlarını uygulamaya devam etmek konusunda kararsız görünüyorlar.

Yüksek sıcaklık süperiletkenlerinden yapılan mıknatısların bir çok alandaki uygulamaları da hazır: Örneğin manyetik maddelerin manyetik olmayanlardan ayrılması. Amerikan maden şirketlerinden Huber, geleneksel süperiletken mıknatısları "China Clay'in rengini donuklaştırarak manyetik buluşıklardan temizlemek amacıyla kullanılmaktadır.

1: SÜPERİLETKENLERİN OLAĞANDIŞI DAVRANIŞLARI VE JOSEPHSON

Süperiletkenlerden yapılan temel elektronik aygıt Josephson tünel eklemeleridir. Bu aygıt ismini 1962' de çalışmasının dayandığı fiziksel etkileri belirleyen Cambridge fizikçisi Josephson'dan almıştır. Bu eklemelerden oluşturulacak gruplarla bilgisayarlar için mantık devreleri, bellek hücreleri ve bir takım duyaçlar yapılabilir.

Genel olarak bir Josephson eklemi iki süperiletken elektrot ile bu elektrotlar arasında sandviçlenmiş 15 atom kalınlığındaki yalıtkan bir oksitten oluşur. Mikro köprüler, noktasal temas cihazları gibi bazı eklemeler ise tamamen süperiletken maddelerden yapılmaktadır. Bu cihazlarda malzeme üzerinde yalıtkan gibi davranan çok dar bir geçit oluşturarak tünelleme sağlanmaktadır.

Konuya klasik fizik açısından yaklaşmış olan Josephson, elektron çiftlerinin geçiş (atlama) sırasında enerjiye ihtiyaçları olmasına rağmen, yalıtkanın içinde tünelleme yaparak eklemde süperakımlar yaratabileceğini göstermiştir. Bu olay eklemin yeteri kadar ince ve sıcaklığın kritik sıcaklıktan düşük olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Tünelleme sırasında akımında kritik akımdan düşük olması gerekmektedir.

Süperiletkenlikte yer alan elektronlar normal şekilde davranmazlar. Cooper çiftleri olarak bilinen durumda eşleşen elektronlar ayrı ayrı taneleklerden çok aynı fazdaki iki dalga olarak düşünülebilirler. Elektron dalgaları yalıtkan içinde de devam etmekte ve belli bir yere kadar yalıtkan maddelerin içine sokulabilmektedir.

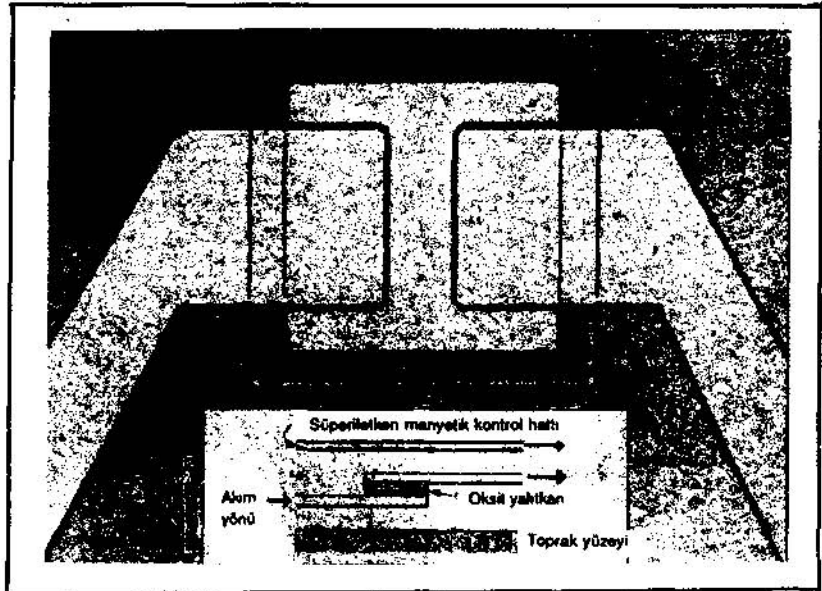
Josephson, eklemelerine "zayıf bağlantılar" (Weak links) adını vermiştir. Çünkü bu eklemelerdeki süperakımı değiştirmek veya durdurmak aynı işlemi süperiletken maddelerde yapmaktan daha kolaydır. Örneğin bir manyetik alan, eklemelerdeki elektron akışını kolayca engelleye-

bilmektedir. Bu da Josephson eklemelerinin can alıcı noktasını oluşturur. Eklemelerden geçmekte olan elektron dalgaları dış manyetik alanlardan konumlarına göre değişik şekillerde etkilenmektedir. Herhangi bir manyetik alanın etkisinde kalan eklemin bazı noktalarında akım ters dönmekte, bazısında durmakta bazı bölümlerde ise akışına devam etmektedir. Bu değişik etkileşimler sinüzoidal bir şekil oluşturmaktadır. Eklemelerden akım geçip geçmeyeceğini bu değişik hareketlerin toplamı belirlemektedir. Uygulanan manyetik alan güçlendikçe oluşan sinüs eğrisinin frekansı artmaktadır. Bu sinüs eğrisi eklem üzerinde tek sayıda döngü yaparsa akım oluşmaktadır, çift sayıda döngü durumunda akım durmaktadır. Manyetik alan artırılınca frekans yükselmekte ve eklem (akım geçirip, geçirmeyerek) açılıp kapanmaktadır.

Josephson ekleminden yapılan "anahtar"da manyetik alan bir kontrol hattı tarafından sağlanır. Bu hat, eklemi mantıksal devre elemanı haline getirmek için gerekli anahtarlamayı yapar. Eklemin yarısı, bir ucu akım kaynağına diğer ucu da bir çeşit çıkışı bağlı olan bir hattan oluşmaktadır. Bir mantık devresinde bir eklemin çıkışı diğer bir ekle-

min kontrol hattı olabilir. Eklemin diğer yarısı da toprakla bağlantılıdır. Manyetik alanın yokluğunda, yani kontrol hattından akım geçmediğinde eklemelerden de akım geçmez ve gelen akım toprağa iletilir. Kontral hattından akım geçtiğinde oluşan manyetik alan, anahtarın açılmasına ve akımın eklem üzerinden çıkışı cihazına geçmesine neden olur.

Gerilim de Josephson eklemesindeki akımı etkiler. Eklem-, süperiletken durumda iken üzerinde gerilim oluşmaz. Fakat akım kritik düzeyi aştığında veya bir manyetik alanın etkisiyle süperiletkenlik ortadan kalktığında bir gerilim gözlenir. Elektrik alanı da manyetik alan gibi süperakımı etkiler. Ancak elektrik alanı uygulandığından eklemdeki akım konuma değil zamana bağlı olarak değişmektedir. Gerilimsiz ortamda akım normal olarak akmakta, sınırlı bir gerilim (elektrik alanı) uygulandığında ise akım yüksek frekansta yön değiştirmektedir, (yüksek frekanslı değişken akım, ac oluşmaktadır.) İmv'luk gerilimler bile 500GHz gibi yüksek frekanslara neden olmaktadır. Eklemin gerilime karşı tepkisi o kadar keskince hassastır ki uluslararası gerilim standartları Josephson eklemeleri kullanılarak belirlenmektedir.



Şekil-3. 25 mikron²'lik bir Josephson ekleminin iç yapısı: Elektrotlara akım uygulandığında elektron çiftleri yalıtkan bir oksit tabakası içinden tünelleme yaparlar. Sıcaklık da yeteri kadar düşükse, elektronlar eklemde süperiletken bir akım yaratırlar.

Süperiletkenliğe en yüksek sıcaklıkta ulaşmak için şirketler arasında oluşan müthiş rekabet de hızla devam ediyor. Japon Elektronik Teknolojisi Genel Araştırma Enstitüsü, 300°K (veya 27°C)'de süperiletkenliğe ulaştığını iddia ediyor. Sumitomo Elektrik, Houston Üniv. ve Yeni Delhi Ulusal Fizik Laboratuvarlarının üçü de, ancak bir kaç günlük bir süre için O'C'nin üzerinde süperiletkenliğe ulaştıklarını söylüyorlar. Araştırmacılar, bazı meslektaşlarının elde ettikleri sonuçları tekrarlayamamaktan şikayet ediyorlar.

Buna karşılık gelişmeler şaşırtıcı bir hızla devam ediyor. 1986 Nisan'ı sonunda, İngiliz teknik yöneticileri olası süperiletken uygulamalarını, bu malzemelerin en fazla 1000 A/sm²'lik akım yoğunluğu taşıyabilecekleri tahminine göre değerlendiriyorlardı ki bu yoğunluk bir çok uygulama için yeterli değildir. Ancak hemen bir kaç hafta içinde IBM, elektronik uygulamalarının çoğunda yeterli olan 10000 A/sm²'lik akım yoğunluğunu taşıyabilecek bir madde ürettiğini duyurdu.

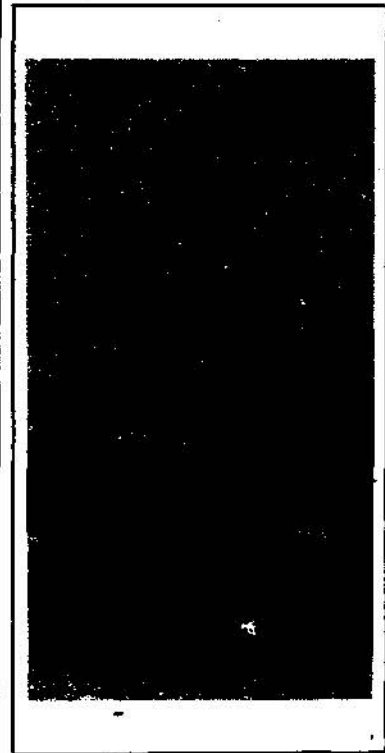
Süperiletken malzemeler, dirençlerinin olmaması nedeniyle elektrik enerjisini veya sinyalleri kayıp olmadan iletilirler. Bu nokta, daha şimdiden helyumla soğutulmuş yeraltı kablolarını deneyen elektrik şirketlerinin gözünden kaçmamıştır. İletilen elektrik enerjisinin % 10'u enerji hatlarının direnci nedeniyle kaybedilmektedir. Leatherhead'daki Merkezi Elektrik Araştırma Laboratu-

varı (CERL) daha 1970'lerde süperiletken kabloları denemiş ve süperiletkenlerin ancak bugün normal hatlarda taşınan yükün bir kaç katı olan 8000 MWatt yük taşımak ve bakır kabloların 20 katına mal olmak şartıyla kullanılabilir olabileceği sonucuna varmıştır.

RADYO DALGALARIYLA İLGİLİ SORUNLAR

Güç mühendisleri, kanal açıp soğutulmuş kablo döşemenin yüksek maliyeti yanında dalgalı akım (ac) taşıyan kablolarındaki doğal güçlüklerle de uğraşmak zorundadırlar. Dalgalı akım, her iletkende koruyucu yalıtkan maddeyi ısıtan radyo dalgaları yaratır. Güç mühendisleri dalgalı akım taşıyan süperiletken kablolarla oluşacak kayıpları telafi etmek için sıcaklığı daha da düşürmek zorunda kalacaklardır. Sadece doğru akım (dc), kayıpsız olarak iletilmektedir. ABD'deki Brookhaven Ulusal Laboratuvarında helyum soğutmalı süperiletkenlerden yapılan 100 metrelik enerji hattı üzerindeki araştırmalar. Merkezi Elektrik Kurumu'nun (CEGB) geleneksel teknikler hakkındaki değerlendirmesini desteklemektedir. Buna karşılık Amerikalılar azot soğutmalı kabloların (enerji hatlarının) 50 güç merkezini kapattırarak kadar kazanç sağlayacağına inanmaktadırlar.

Elektriksel direnç, sinyal kalitesinde düşümlere neden



Şekil-4. Bu SQUID manyetoölçer paleoraanyetik araştırmalar için kayalar örneklerindeki manyetizmayı ölçer. Küçük resim Cryogenic'in ticari amaçla ürettiği RF (radyo frekans) SQUID'

2: DUYARLI SO.UID, MIKNATISLIĞA GÜVENİYOR

Josephson eklemelerinin en yaygın kullanıldığı SQUID (süperiletken kauntum girişim cihazı) denilen aygıtlarda görülmektedir.

Öncelikle manyetik alanların ölçülmesinde kullanılan düşük sıcaklık SQUID'leri çeyrek yüzyıllardır, fazla bir süredir ticari piyasada bulunmaktadır. SQUID'ler çok hassas aletlerdir. Örneğin GEC bu aletleri beyinde oluşan çok zayıf manyetik alanları ölçmek için kullanmaktadır. SQUID'ler bilgisayarların mantık ve bellek geliştirme araştırmalarında deney cihazı olarak kullanılmaktadır. Londra'daki Ulusal Fizik Laboratuvarı gibi kuruluşlar SQUID'leri, lazer ışınları, gerilim ve elektriksel direnç standartları belirlemek yanında, çok düşük sıcaklıkları ölçmek için termometre olarak uzun süredir kullanmaktadır.

SQUID'lerin iki çeşidi vardır. RF veya radyo frekans ve DC veya doğru akım SQUID'leri. RF SQUID içinde tek eklem bulunan süperiletken bir halkadan oluşur. Bu halkanın yanında bir de RF indüksiyon bobini vardır. İçinde akım dolaşan bir halka süperiletken hale gelince

manyetik alanı dışlar. Buna karşılık halkanın ortasında bir miktar akı oluşur. Halkanın ortasındaki manyetik akı da halkadaki akım da kuantize bir şekilde değişir, yani akı ve akım kuantum denilen çok küçük birimler halinde kademe kademe artar ya da azalır. SQUID'in yanında manyetik alan yaratıldığına halkadaki akım artacak ve bu manyetik değişikliğe engel olmaya çalışacaktır. Halka içinde oluşan manyetik akı kuantize bir şekilde artarken, yani bir kuantum seviyesinden daha yükseğine atlarken eklem üzerinden geçen akım da aynı şekilde davranır. Her kuantum seviyesi değişiminde eklemde meydana genel tünelleme nedeniyle akımın sünizoidal dalga formu değişir ve bu değişiklik RF indüksiyon bobini üzerinde gözlenir. Bu bobine bağlı olan oda sıcaklığındaki elektronik donanım da akıdaki kauntum değişikliklerini sayarak manyetik alanın şiddetini belirler.

DC SQUID'de iki eklem vardır. Halka üzerinde her iki eklem kritik akım seviyesi üzerinde bir akım oluşunca, eklemde bir gerilim oluşur

i/o süper akım salınım yapmaya başlar. DC SQUID manyetik akıdaki değişmelerin gerilim üzerindeki etkisini ölçer. DC SQUID'lerin elektronik donanımı RF tiplerine göre daha basittir ve bu SQUID daha doğru okumalar yapmaktadır.

SQUID'ler 10^{-15} weber kadar küçük akı değişikliklerini dahi ölçerler. Araştırmacılar, insan beynindeki bir nöronun hareketiyle oluşan manyetik alanları bile ölçebilen duyarlılıkta düşük sıcaklık SQUID'leri yapmışlardır. Dünya'daki kara kütlelerinin yer değiştirmesiyle ilgili kuramlar da SQUID manyeto ölçer (Magnetometer)'lerle sınanmış ve doğrulanmıştır.

SQUID'ler bilgisayarlarda mantık devreleri ve bellek yapımında kullanılmaktadır. Josephson eklemleri transistör gibi davranmalarına rağmen, anahtarlama hızları boyutlarına bağlıdır. Bilgisayar bilimcileri tek ve büyük eklemler yerine küçük boyutlu ve daha duyarlı olan iki veya üç eklemler SQUID'leri tercih etmektedirler. Bu SQUID'ler elektron dalgalarının eklemlerdeki girişimine bağlı olarak çalışırlar. İki eklemlerli bir SQUID'de yakındaki bir kontrol hattı tarafından halkadaki akımda bir faz farkı yaratılınca, akımın eklemlerdeki dalga şeklini

ya güçlendirici ya da yok edici bir girişim şaçağı oluşur. Bazı manyetik alan seviyelerinde veya akı kuantalarında bu yok edici bir girişim olur ve eklemlerdeki akım durur. Bazı seviyelerde ise girişim akımı kuvvetlendirir ve girişim ölçer sistemin "1" ve "0"larına denk gelecek şekilde manyetik akı seviyeleri veya kuantaları halinde muhafaza eder.

ABD dışında SQUID üretebilen birkaç firmadan biri olan Londra'daki Cryogenic Consultants'da çalışan Michael Dickens'a göre, yüksek sıcaklık süperiletkenleri ilk önce jeofizik, tıp ve savunma alanlarında kullanılacaktır. Yüksek sıcaklık süperiletkenleri, SQUID makinalarının, hastanelerdeki yüksek rezonans tarayıcılarının (NRS) masraflarını azaltacak ve yeni uygulamalara yol açacaktır. Ancak Dickens, duyarlılık söz konusu olunca düşük sıcaklık SQUID'lerinin değerini koruyacağına kesinlikle inanmaktadır. Yüksek sıcaklık süperiletkenleri ekonomik açıdan iyi olabilirler ancak elektronik gürültü bakımından durumları kötüdür. Daha fazla ısı, daha fazla aktif elektron ve SQUID sonuçlarında daha fazla karışıklık demektir.

Şu anda kullanılan düşük sıcaklık SQUID'leri içinde yavaş yavaş buharlaşan helyum bulunan termoslarda soğutulmaktadır. Termoslardaki helyum, uygulamasına göre, 1 günle bir ay arasında bir süre bitmektedir. Yüksek sıcaklık malzemeleri kullanınca bu termoslar soğutucularla da değiştirilebilirler. Bu soğutucularda da soğutucu gaz olarak helyum kullanılabilir. Ancak bunlar, taşınabilir olmalarıyla büyük bir avantaj yaratacaklardır. Taşınabilirlik, SQUID'lerin helyum kaynaklarından uzaklarda kullanılmasını sağlayacak, maden kaynaklarını arayanlara ve düşmanı gözetlemek isteyen askeri güçlere büyük yararları dokunacaktır.

NATO bilim adamları, şimdiden denizaltıların Dünya'nın mekanik akısında meydana getirdikleri değişiklikleri saptayacak SQUID'lerle denemeler yapmaktadırlar. Bu askeri ölçüm aletleri uzun mesafelerde etkili olabilecektir. Yeni malzemelerden yapılacak taşınabilir ve etkili araçlar, NATO'ya, süper güçler tarafından Kuzey Atlantik'te oynanan denizaltı avı oyununda avantaj kazandırabilir. Aynı teknikler yeraltındaki taze maden ve petrol kaynaklarını yeryüzüne çıkarmak için de kullanılabilir.

olmakta ve bu düşüşler haberleşme ağlarında her 3-4 km'de bir tekrarlayıcıların kurulmasını gerektirmektedir. Süperiletken kablolar bu kaybı önleyebilirler. Direncin olmaması bu sinyal kayıplarının neden olduğu gürültüleri önleyerek çok zayıf sinyallerin gönderilmesini mümkün kılacaktır. STC Teknoloji'den Colin Goodman'a göre süperiletken kabloların, fiberoptik bilgi iletiminin büyük kısmını kapladığı veri iletişimi alanında ne kadar başarılı olacağı süperiletken eş eksenli (co-axial) kabloların rekabet gücünün ne olacağı, şüphelidir.

Süperiletkenler, insan konuşmaları için iyi bir iletici olmalarına rağmen elektronik devrelerde meydana gelen sinir bozucu karışıklıklara son verebilirler. Elektriksel ve manyetik alanlar süperiletkenlerin içine girememektedirler. Böylece elektronik devreleri yakın elektrik ve manyetik alanların etkilerinden koruyabilirler: Aynı şekilde, özellikle askeri uygulamalarda süperiletken kalkanlar elektronik devreleri herhangi bir nükleer patlama sırasında yayılan elektromanyetik alanlardan koruyabilirler. Bilgisayarları, telefon şebekelerini ve diğer elektronik cihazları nükleer bombaların bu etkilerinden korumak için günümüze kadar bir çok çalışma yapılmıştır.

IBM, daha geçenlerde, çeşitli devreleri yeni süperiletken

malzemelerle kaplamak için plazma (Sık yükün) Spreylemesi adına yeni bir tekniği uygulamıştır. Şirketin ABD'deki bilim adamları tel, boru ve çeşitli malzemeden yassı yüzeyleri süperiletken tabakalarla kaplamayı başarmışlardır. IBM bu şekilde kaplanan malzemelerin devrelerde manyetik koruyucu olarak veya bilgisayarlarda yongalar arasında süperiletken bağlantı yapımında kullanılabileceğinden emin gözümektedir.

CEGB'nin Drax B güç santralinde üretilen her 600 Mwatt için üreteçlerde (Jenaretörlerde) 8 Mwatt güç kaybı olmaktadır. Bu oranın elektrik üretmek için sıvı yakıt kullanılması nedeniyle kaybedilen yüksek miktarlardaki %57- kayıpların yanında pek önemli görünmemesine rağmen, CEGB bu kaybı önlemek istemektedir. Hiç ısınmayan bobinlerden yapılmış azot soğutmalı bir üreteç bu farkı kapatabilir mi?

CERL şimdiden, 80 tonluk dönen ve 400 tonluk dış miktarları helyumla soğutulan süperiletken miktarlarla değiştirilmiş üreteçlerin fizibilite çalışmalarına başlamıştır. Fakat son gelişmelerin durumda bir değişikliğe neden olup olmayacağı henüz belli değil, CERL üreteç programında çalışan John Steel, hesaplarına göre yeni süperiletkenlerin sıvı helyum tasarımları karşısında çok fazla

kazanç sağlamadığını belirtmektedir. Süperiletkenler büyük olasılıkla tasarruf sağlamakta başarılı olacaklardır, ancak CEGB denenmemiş bir teknolojiyi devreye sokma riskini göze alamamaktadır. Çünkü çalışmayan bir üreteç günde 25000-100.000 Paundluk kayba neden olacaktır.

CERL'nin bu konuda dikkatli olmak için bir çok haklı nedeni var. IBM tarafından geliştirilmiş olan yüksek akım yoğunluğu, üretilen aygıtlarda aynen ortaya çıkmayabilir. Süperiletkenlik, tek parça halinde bulunan süperiletken malzemelerde bile bölümden bölüme değişiklik göstermekte, bazen süperiletkenlik özelliği göstermeyen kısımlar da olabilmektedir. Seramik maddeler kristal yapıdadırlar ve bu yüksek sıcaklık süperiletkenleri, kristal yapıları nedeniyle aralarında boşluklar olan tanecikler oluşturma eğilimindedirler. Elektrik akımı sadece bu taneciklerin (grain) birbirine temas ettikleri bölümlerde akabilmektedir. Bu nedenle dış ortamlarda, laboratuvar da tek kristal kullanılarak alınan sonuçlara ulaşılamamaktadır.

Bileşiklerin atomik yapılarındaki oksijen miktarı ve dağılımı da süperiletkenliği etkilemektedir. Yüksek sıcaklık süperiletkenlerine bu özelliklerini kazandıran yapılarındaki bakıroksittir. Oksijenin bileşik içinde bakıra oranı yaklaşık 7:3'tür. Oksijen miktarı 7'nin altına düşünce süperiletkenlik azalmaktadır. Buradaki problem oksijen dağılımının düzenli olduğu büyük hacimli malzemeler üretilebilmektir. Bu iş, yüksek sıcaklıkta süperiletken olan malzemelerde oksijenin her yönde çok hareketli olması nedeniyle, son üründe ne kadar oksijen bulunduğunun tam bilinmemesiyle daha da karmaşık bir-probleme dönüşmektedir.

Son süperiletkenlerin dış manyetik alanlara karşı ne kadar duyarlı olduğu da zihinlerde soru işaretlerine neden olmaktadır. Dışarıdan uygulanan manyetik alanlar bu malzemelere girip kritik sıcaklıklarını değiştirebilir. Araştırmacıların raporlarına göre yüksek akım yoğunluğu taşıyan malzemelerde 100 Gauss kadar küçük manyetik alanlar bile, ince süperiletken filmlerin kritik sıcaklıklarını büyük miktarda etkilemektedir.

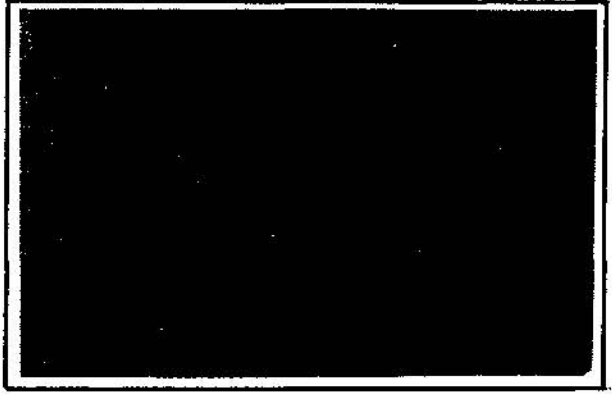
Bu konudaki araştırmalar öncelikle olayın fiziksel yapısının anlaşılması ve seramik bileşiklerden yapılan cihazların fabrikasyonu için tekniklerin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Araştırmacılar¹, elektronik endüstrisinde silikon tabakalarının hazırlanması ve bunların tasarımlara uygun şekilde biçimlendirilmesi için kullanılan metodların çoğunu süperiletken malzemelere uygulamaktadırlar.

İlkönce, bileşiği meydana getiren maddelerin birlikte dövülmesi ve ısıtılmasını içeren maden yapıştırma yöntemiyle yitrium bileşikleri elde edilmiştir, ancak oksitlerden tel, film ve elektronik alet üretilebilmek için daha kumsuz (kesin) yöntemlere ihtiyaç vardır. AT&T ve diğer elektronik firmaları malzemeleri tüplere doldurduktan sonra yapıştırma işleminden geçirerek tel ürettiler. Basic Volume adlı İngiliz firması bu yolla tüp ve boru üretmeyi de başardı. Fakat bu bileşikler biçimlendirebilmek için tortu yöntemiyle tabakaların elde edilmesi gerekmektedir. Cambridge Üniversitesi'nde araştırmacılar bir mik-

rometre uzunluk ve genişliğinde, yongaların bağlanmasında kullanılabilecek boyutlarda tel üretmeyi başardılar.

Araştırmacıların yeni seramiği kullanılır hale getirdikleri söylenebilir, ancak bu malzemenin kesilip biçimlendirilerek yeni cihazların üretimine uygulanması daha zor bir konudur. Yarı iletken malzemelerin yüzeyini kazımak için kullanılan kimyasal yöntemler işe yaramamaktadır, çünkü bu işlem sırasında kullanılan asitler tüm seramiği tahrip etmektedir. Bu nedenle yonga üreticileri tasarımlarını seramik üzerine yerleştirmek için elektron ışınlarını veya elektrik yüklü gazları kullanmak zorunda kalacaklardır. Bunu başarsalar dahi, elektronikte yaygın olarak kullanılan maddelerle, seramikler arasında meydana gelen tepkimeler yeni bir sorun yaratacaktır. Süperiletkenlerin yapılarının başka maddelerin varlığı halinde değiştiği görülmüştür. Araştırmacılar alüminyum bulaşıklığını bu duruma bir örnek olarak belirlemişlerdir.

Seramiğin kırılabilirliği de problem yaratmaktadır, özellikle kablo yapımında önemli bir sorundur. Ancak ABD'deki Argonne Laboratuvarı polimer bağlayıcı (kaplı) bir kablo üreterek seramiği bir arada tutmayı başarmıştır.



Şekil-5. Rutherford Appleton'dan bir kablo, her şeritte 61 niyobiyum titanyum süperiletken telden oluşmuştur.

Açıkça görülen zorluklar ne olursa olsun, şirketler ve hükümetler teknolojiye büyük miktarlarda para harcamaya hazır görünüyorlar. Örneğin Japon hükümeti sadece geçen 5 yıl içinde süperiletken araştırmalarına 5 milyar yen harcamıştır. Bu gayretin sonucu olarak Japon şirketleri süperiletkenlikteki son değişikliklerden en çok faydalanacak konuma gelmişlerdir. Ancak Oxford Instruments'dan Winson'a göre çok miktardaki bu harcamaların karşılığı 10 yıldan önce alınamayacaktır.

Japonya ile karşılaştırıldığında süperiletken araştırmaları için İngiltere tarafından sağlanan destek çok önemsiz kalmaktadır. Hem kuramsal hem de uygulama alanında araştırma yapmak isteyen bilim adamları parasal kaynak sağlamak için uğraşırken, hükümet önceliği endüstriyel alana vermeyi düşünmektedir. Bu endüstriden İngiltere'nin de pay alabilmesi için en az 100 milyon paundluk harcama gerekmektedir. Ne olursa olsun, malzeme bilimcilerinin yeni buluşları kullanılır hale getirmeleri ve bu ilginç özelliklerin ticari malzemeye dönüştürülmesi için bir süre daha beklemek gerekecektir.

Ancak, endüstrinin en çok istediği, soğutmaya çok az ihtiyacı olacak oda sıcaklığındaki süperiletkenlerdir. Yatırımcılar, ki özellikle Japonya'da bu alanda çalışan şirketlerin hisse senetleri iki katına çıkmıştır, en son buluşların süperiletken uygulamaları için hazırlanan planları değiştireceğini umuyorlar. Ancak son bulunan malzemelerin manyetik olarak havalandırılan trenler ve küçük gemi motorlarının yapılmasında büyük bir farklılık getireceği sanılmıyor.

Yüksek sıcaklık süperiletken miknatısın daha soğuk akarabalarına olan üstünlüğünü şu sıralarda sadece ekonomiktir. Fakat araştırmacılar bu yeni malzemelerin önceki niyobiyum alaşımlarına göre daha kuvvetli manyetik alanlar üretebileceklerini ümit etmektedirler. Yeni malzemelerle 50 Tesla'ya kadar manyetik alan üretilmesi düşünülüyor. Geleneksel süperiletkenlerde üretilen manyetik alanlar süperiletkenliğe geçiş sıcaklığını düşürmektedir. Bu durum süperiletken bir miknatısın yaratabileceği manyetik alanı sınırlamaktadır. Yeni seramik malzemelerde geçiş sıcaklığının çevredeki manyetik alanlardan daha az etkilendiği görülmüştür.

Japon Elektrik Laboratuvarı, Fujitsu, Toshiba ve NTT (Japon telefon idaresi)'nin oluşturduğu bir grup Japon şirketi iki yıl içinde ilk süperiletken mikro işlemcileri üretmeyi planlamaktadır. Bunun çok cesur bir karar olduğu açıktır. IBM dört yıl önce Josephson bilgisayar programında çalışan 100 araştırmacısını işten çıkarıp 1960'larda başlamış başka bir projede görevlendirmiştir. IBM grubunu, galyunarsenit ve indiyumfosfat gibi yeni yarıiletkenlerin ortaya çıkmasındaki teknik zorluklar engellemiştir. Bu yeni yarıiletkenler, süper akımlar kullanılarak ulaşılabilen anahtarlama hızına, üstelik ayrıntılı derin soğutma sistemlerine gerek duyulmadan ulaşmayı garanti etmektedir. IBM, yüksek sıcaklık malzemeleri geliştirme alanında yine ön sırada yer almasına rağmen Josephson bilgisayarı konusuyla şu sıralarda pek ilgilenmemektedir.

Buna karşılık Japon grupları yüksek sıcaklık malzemelerle ilgilenirken Josephson teknolojisine de büyük önem vermekteler. Toshiba şimdiden Josephson teknolojiyle "raslantısal erişim bellekleri"ni (RAM) üretmiş durumda. Yüksek sıcaklık malzemelerinin bilgisayar tasarımına iki katlı bir etkisi vardır. İlk olarak bu malzemeler Josephson makinelerinin soğutulması işleminden kazanç sağlayabilirler. İkinci olarak da sinyal iletimini hızlandırarak geleneksel yongalarla çalışan makinaların performansını olumlu yönde etkileyebilirler. Düşük sıcaklıklar, her durumda yarıiletken yongaların çalışmasını düzeltmektedirler. Süperbilgisayarlar üreten ETA şirketi, yeni süperiletken malzemeler kullanıldığında soğutulmuş yarıiletken devrelerde performansın üç kat iyileştiğini iddia etmektedir.

Bir bilgisayarda işlem hızı, veri işlemlerini yöneten merkezi bir saatin vuruşları tarafından belirlenir. Bu saatin hızı da bilgisayarı oluşturan mantık devrelerinin anahtarlama hızına ve bu devreler arasındaki sinyal iletişiminden dolayı meydana gelen gecikmelere bağlıdır. Buradaki sorun, yarıiletken yongalardan yapılmış geleneksel bilgisayarlarda hızlı anahtarlamanın ısınmaya neden olmasıdır. Bu durum da aygıtların çalışmasını etkilemektedir. Yon-

gaların bulunduğu alan seyrekleştirilerek ısınma engellenbilir ancak bu da sinyallerin daha uzun mesafeler kat etmesini gerektireceğinden işlem hızını azaltacaktır.

Buna karşılık Josephson eklemeleri, 1 pikosaniyelik anahtarlama hızıyla yarıiletken benzerlerinden birkaç kat hızlı devreler olmakla kalmayıp, işlem sırasında çok az ısı üretirler. Yapılacak sıfır dirençli bağlantılarla ısı ve güç harcaması en alt düzeye inmektedir. IBM bu tekniği kullanılarak 10x8x8 sm boyutlarında bir bilgisayar yapmayı planlamış durumda, makine gerçekleştirildiği takdirde saniyede 70 milyon komutu değerlendirebilecek.

IBM bu bilgisayarlarda kullanabilecek bir miktar elemanı ve bu elemanların yerleştirebileceği bir kutuyu geliştirdiği halde, proje 1983'te aniden durdurulmuştur. IBM'in Josephson bilgisayarlarının yapımında karşılaştığı problemlerden biri de bellek hücrelerinin düzgün çalışmamasıdır. IBM tarafından tasarılan bellekte Josephson eklemelerindeki akım yoğunluğunun en fazla %1-2 kadar değişmesi öngörülmüştür. Bu sınırın aşılması halinde bellek hücreleri sürekli olarak kapalı ya da açık kalmaktadır. Bu durum karşısında IBM araştırmacıları, içinde 20.000 Josephson eklemi bulunan bir yongada akımın bu sınırlar içinde kalmasını garanti edememektedir. IBM ayrıca, Josephson eklemelerinde kullanılan kurşun alaşımlarının rafa kaldırılması gereğini de bulmuştur. Bu alaşım oda sıcaklığıyla 4 Kelvin arasında defalarca gidip gelmenin şokuna dayanamamaktadır. Araştırmacılar eklem elektrotlarının birine niyobiyum yerleştirerek bu güçlüğü yenmeye çalışmaktadır.

Josephson eklemelerinin ve bu eklemelerden yapılan girişim ölçerlerin davranışları da IBM için sorun olmaktadır. Transistörlerin aksine Josephson eklemelerinin kazancı azdır. Bu aletlerin çıkış akımı anahtarlama yapan giriş akımından pek büyük değildir. Yarıiletkenlerde yüksek kazancın olmaması, Josephson bilgisayarı tasarımcılarını çok iyi akım aralıklarında çalışmaya zorlamaktadır.

Josephson eklemeleri yaygın bir şekilde özellikle manyetik alanların ölçülmesi için SQUID (Süperiletken Kauntum Girişim Cihazı)'lerde kullanılmaktadır. Temel SQUID tasarımlarını geliştirmek için bazı çabalar olmaktadır. Hypres firmasından Sadeg Faris, "quiteron" adlı bir cihaz geliştirmiştir. Bu cihaz üç süperiletken tabakanın elektron enjeksiyonuyla uyarılması ilkesine göre çalışarak yüksek kazanç sağlamak için yapılmıştır. AT&T Bell Laboratuvarı da JAWS (Josephson Atto Weber Anahtarı) adıyla bilinen bir Josephson eklemesini denemektedir. Ancak bunların hiçbiri anahtarlama hızı dışında bir transistörün yerini alabilecek özellikte değildir.

Yüksek sıcaklık süperiletkenliği katarı olanca hızıyla ilerlemektedir. Hükümetler tarafından sağlanan öncelikler, endüstriyel yatırımlar ve hisse senedi piyasasındaki spekülasyonlarla desteklenen araştırmalar hızla gelişmektedir. Malzeme bilimcileri bileşiklerin akım taşıma kapasitesini artırmış ve aygıt üretimi konusunda dev adımlar atılmıştır. Sadece Japon Sumitomo Elektrik şirketi bu alanda 600 patent almıştır. Ancak ticari çevreler piyasaya girmek için halâ bir bekleme içinde bulunuyorlar.