

SÜPERİLETKENLER: "ISINDIKÇA ISINIYORLAR"!

M.Serhat ÖZYAR

Uluslararası bilim çevreleri, şubat ayından bu yana, dünyanın dört bir yanındaki araştırma laboratuvarlarında peşpeşe, yüksek sıcaklıklarda süperiletkenlik elde edilmesiyle dikkatlerini bu alana çevirmiş bulunuyor. Süperiletkenler alanında 75 yıldır varolan düzeyin dört-beş katına son aylarda ulaşılması bu alandaki deneysel çalışmalarını tüm araştırma/geliştirme kurumlarının gündemine getirdi.

Süperiletkenliğin İki Belirleyici Özelliği(*)

Maddenin içinde elektrik akışının sembolik ifadesi olan akımın ilerleyişi, o maddenin oylumunu oluşturan iyon

örgüleriyle çarpışması sonucu engellenir. Bunun kuramsal düzlemde tanımı maddelerin "direnci"dir. Böyle bir iletken madde, süperiletken durumuna geldiğinde, bu direnç çarpıcı biçimde sıfıra iner. Bu konumda maddenin örgüsü elektronları engellemek yerine onların birlikte hareketine destek olur. Bunun uygulamadaki anlamı ise süperiletken bir devrede elektrik akımının ilke olarak kayıpsız akacağıdır.

Süperiletkenlerin "sıfır direnç" göstermelerinin yanı sıra, yakınlarında bulunan herhangi bir manyetik alanı dışlamaları da ayırdedici bir özellikleridir.

Sanayi devleri süper iletkenin peşinde

SÜPER iletkenlerin bilim dünyasında yarattığı heyecan devam ediyor. Daha ekonomik »artlarda »öper iletken elde etmek için İki tür O yarış var. Biri Amerika ve Japonya gibi sanayi devleri arasında Diğeri de boyOk Amerikan şirketlerinin kendi aralarında.

Şimdiki durumda liderlik Amerikan IBM firmasında bulunuyor, sistem mutlaksoğuk olan — (eksi) 273 C dereceye yakın Soğukluk kazandırılan porselen gibi bazı maddelerin elektrik akımını hiç direnç göstermeden geçirmesi esasına dayanıyor. Direnç sıfıra indiğinden, IBM araştırmacıları Pravin ÇavdaH'nın önderliğinde 1 santimetrekarelik bir kristalden 100

● Süper iletkenin bulunması, dev bilgisayarları bir ayakkabı boyuna indirmeye olanak sağladı. Süper iletkenlerden yararlanmak için Japon ve Amerikan firmaları yarışıyor

bin amperlik elektrik akımı geçirmeyi basardılar. Bu sayı, normalden 1000 kat daha fazladır.

Böyleyi sıfır direnç ne anlama geliyor? Yani koçOçuk alanlardan çok büyük akım geçirebilmek sanayide ne gibi ufuklar açabilir? Bu, oda büyüklüğündeki dev bilgisayarları pabuç boyutuna indirmeye imkân verecek. Ayrıca, büyük elektrik akımı küçük küçük mıknatıs parçalarıyla elektromanyetik dalga yayı-

f IBM araştırmacıları bir santimetrekarelik bir kristalden 100 amperlik elektrik akımı geçirmeyi basardılar BU sayı normalden bin icat daha fazla

mim artıracığından, tıbbi ve Jeolojik araştırmalarda MyOk avantajlar sağlanacak.

Süper iletkenler İlk dönemde — (eksi) 265 C'de helyum gazı soğukunda çalışırken, şimdi — (eksi) 196 C'deki nitrojen gazıyla çalıştırılabilir. Bu daha ekonomik. Çünkü helyum gazını sıvılaştırma, nitrojenden 50 kat daha pahalıya geliyor.

Örneğin bir mıknatıs, kritik sıcaklığın (süperiletkenliğe geçiş sıcaklığının) altında bulunan bir süperiletkeni sanki ters kutuplu bir mıknatısın gibi iter. Ancak kritik sıcaklığının üstünde, aynı süperiletken madde herhangi (mıknatıs-olmayan) bir iletken gibi davranır. Yani mıknatısın süperiletken üzerinde bir etkisi gözlenmez.

Süperiletkenlerin bu özelliği, bulucusunun adıyla, "Meissner etkisi" olarak adlandırılır.

76 Yılda Nereden Nereye?

Süperiletkenlik ilk olarak 1911 yılında Hollandalı fizikçi H. Onnes tarafından sıvı azotun mutlak sıfır (0°K) sıcaklığı civarına soğutulduğunda elektrik akımına direnç göstermediğini gözlemesiyle keşfedilmişti. Onnes soğutma işlemini sıvı helyum banyosuyla gerçekleştirmişti. Sadece 4°K'in (0°K = -273°C) altındaki sıcaklıklarda varolabilen sıvı helyum mutlak sıfır sıcaklığı dolayındaki soğutmalar için oldukça uygundu.

1911'den 1986'ya dek iki düzineden fazla kimyasal element ve yüzlerce bileşiğin mutlak sıfır sıcaklığı civarında süperiletken oldukları bulunmuştu.

DeneySEL olarak gerçekliği 1911'de kanıtlanan süperiletkenlerin kuramsal temellerinin tam olarak atılabilmesi için 1957'e kadar bekleniyordu. Üç kuramcısının soyadlarının baş harflerinin bir araya gelmesiyle "BCS kuramı" olarak anılan kuram Bardeen, Cooper ve Schrieffer'e 1972 Nobel Fizik Ödülü'nü getiriyordu.

Son gelişmelere kadar süperiletkenlerden teknolojinin çok kısıtlı alanlarında yararlanılabiliyor, 75 yıldır bu büyük buluş bir türlü günlük yaşamımıza giremiyordu. Bunun nedenlerinden biri, soğutucu olarak kullanılan helyumun çok nadir bulunan ve sıvılaştırılması oldukça pahalı bir element olmasıydı. Bakımı çok pahalı olan süperiletken mıknatıslar ancak kazandırdıkları maliyetinden fazla olan büyük hızlandırıcılar (accelerator) ya da seksenli yıllarda geliştirilen tıbbi görüntüleme sistemlerinden NMR (Nükleer Manyetik Rezonans) aygıtları için kullanılıyordu.

Olayın boyutlarını daha iyi kavramak için burada bir parantez açalım ve süperiletken mıknatıs elde etmek için sıvı helyum banyosu kullanan, ABD'deki Fermi Laboratuvarları'nda bulunan ve "Tevatron" adıyla bilinen, dünyanın en güçlü hızlandırıcısına biraz daha yakından bakalım:

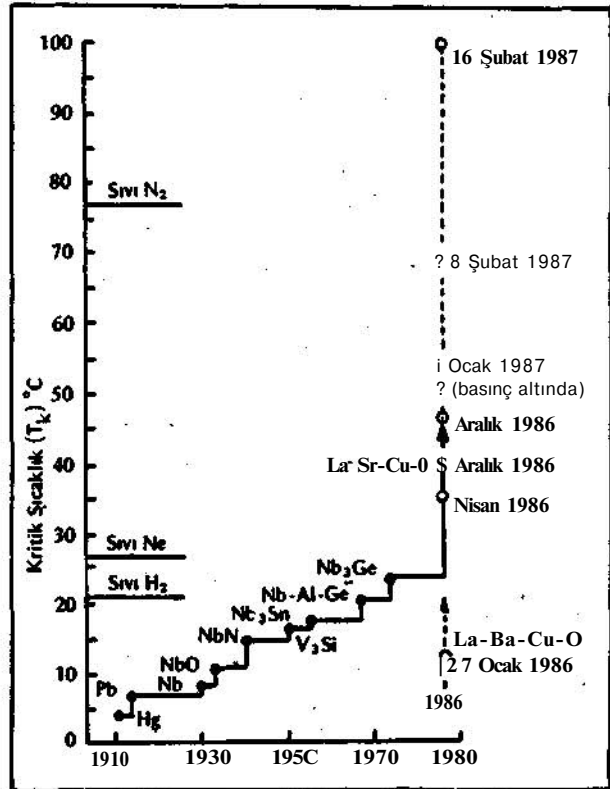
Bu Tevatron 1000'den fazla süperiletken mıknatıs kullanılmaktadır ve bunların yıllık maliyeti 5 milyon dolardır. Ne varki mıknatısların verimliliği, Fermi Laboratuvarları'nın yıllık elektrik enerjisi harcamalarında yaklaşık 195 milyon dolar tasarruf sağlamaktadır. Ote yandan ABD Devlet Başkanı Reagan, çevresi 64 km (yarıçapı 14 km)'lik dev bir hızlandırıcı olan "süperiletken süper çarpıştırıcı"nın (süper -collider) 1990larda tamamlanması için maliyeti 4-6 milyar dolar arasında olan

projeyi geçtiğimiz şubat ayında imzalamış bulunuyor. Yaklaşık 10.000 süperiletken mıknatısın kullanılacağı bu proje sayesinde 600 milyon dolar tasarruf edilmesi planlanmaktadır.

Uygulamaların birçoğunda ise sıvı helyumun maliyeti süperiletken teknolojinin getirdiklerinden daha fazla tutuyordu. Bundan ötürü, bilim adamları uzun süreden beri daha yüksek sıcaklıklarda süperiletken olacak bir bileşik arayışı içindeydiler. Özellikle 77°C civarında süperiletecek bir bileşik birçok sorunu birden çözecekti. Çünkü bu sıcaklık, doğada bol miktarda var olan azotun sıvılaştığı sıcaklıktı. Böylece sıvı helyum kullanma zorunluluğunun getirdiği dezavantajlar da ortadan kalkacaktı. Sıvı azotun elde edilmesi ve korunması ise "biradan bile" daha ucuzdu!

İlk "Isımına" İşaretleri:

1970'lerin başında araştırmacılar 23°K'de sıfır dirence ulaşan bir niyobyum ve germanyum alaşımını buldular. Geçen yıl nisan ayında ise IBM Zürih Laboratuvarları'ndaki bir grup 35°K'de süperiletkenliğe geçmeye başlayan bir bileşik geliştirdiklerini açıklıyorlardı.



SEKİLİ. 1987'ye kadar süperiletkenlik

Bileşiği keşfeden A. Müller ve G. Bednorz Zürih'teki laboratuvarlarında üç yıl boyunca esas olarak oksitlerden oluşan yüzlerce yeni bileşik denemişlerdi. Ancak bir türlü sıcaklığı düşürmeyi başaramıyorlardı. Dr. Bednorz bir gün, bir Fransız dergisinde baryum, lantan,

bakır ve oksijenin (La-Ba-Cu-O) karıştırılmasıyla elde edilen yeni bir oksitin geliştirilmesi üzerine yayımlanmış makaleyi okudu. Bileşiği keşfeden Fransız bilim adamları kimya disiplininin oldukları için, bileşiğin süperiletken olup olmadığını hiçbir zaman test etmemişlerdi. Bulduklarının süperiletken olarak değerini ise Bednorz ve Müller'in yayımlarından öğreniyorlardı.

Bednorz ve Müller üç yıllık uğraşlarının sonucunda birdenbire 30°K üzerinde süperiletkenlik gözleyince, gözlemlerinin doğru olduğuna önce inanamadılar. İnkna oluncaya dek deneyi haftalarca yinelediler. Sonucun da yinelenmediğini tekrar tekrar gözlemler. Ama yine de bulgularını yayımlamakta acele etmediler. Çünkü özellikle 70'li yıllar yüksek sıcaklıklarda süperiletken bileşik keşfettiklerini iddia eden, fakat bu iddialarına yol açan deneylerini bir türlü yineleyemeyen "şanssız bilim adamları"nın bol olduğu yıllardı. İyice emin olmadıkça buluşlarını kimseye açıklamamaya kararlıydılar. Bu nedenle ilk makalelerini İngilizce yayımlanan ve bilim çevrelerinde ciddi olarak izlenen Physical Review Letters, Science, Nature gibi dergiler yerine Almanca olarak yayımlanan "Zeitschrift für Physik" dergisine gönderdiler. Makale gönderildiği nisan ayından itibaren 5 ay yayım sırasını bekledi. Bednorz ve Müller bu süre boyunca bulgularından kendi çalışma arkadaşlarını bile haberdar etmediler ve makale yayımlanmaya dek deneyleri yinelemeyi sürdürdüler. Olabildiği kadar çok "emin olmak" istiyorlardı...

Yarış Başlıyor...

Deney sonuçlarının bilim çevrelerine ulaşmasıyla birlikte Japonya, Çin ve ABD'deki konuyla ilgili gruplar hareket geçiyorlardı. Yaptıkları ilk iş deneyleri kendileri de "emin olana" kadar yinelemektir. Sonrası ise aynı bileşiği kullanarak ya da ondan yola çıkarak değişik bileşiklerle daha yüksek sıcaklıklar elde etmektir.

1987 başında birçok büyük araştırma laboratuvarında araştırmacılar süperiletkenleri biraz daha "ısıtılmak" için bir yarışa girmişlerdi. 16 Şubat'ta ABD'de Houston Üniversitesi'nden Chu ve ekibiyle Alabama Üniversitesi'nden öğrencisi Wu ve arkadaşları 93°K'de süperiletkenliğe geçiş yapan bir bileşik bulduklarını duyuyorlardı. Sadece 8 gün sonra ise, bu kez Çin'deki Academia Sinica'nın Fizik Enstitüsü'nden Zhao Zhangxian ve ekibi, Pekin'de bir basın toplantısı düzenleyerek 98°K'de süperiletken duruma geçen bileşik bulduklarını bildiriyordu. Chu'nun açıklamadığı bu bileşiğin formülünü ABD'deki gruptan bağımsız olarak bulan Zhangxian açıklıyordu: Zürih'teki grubun bileşiğindeki lantanın yerine yitrium kullanmışlardı. (Y-Ba-Cu-O). Aradan bir hafta geçmeden bu kez Tokyo'daki Japon Bilim ve Teknoloji Ajansı'nın Metaller Ulusal Birimi 100°K'de süperiletkenliğe başlayan ve 93°K'de sıfır dirence geçişi tamamlayan bir Y-Ba-Cu-O bileşiği hazırladıklarını açıklıyordu. "Sıcaklık" neredey-



ŞEKİL 2. Wu (sağda) ve ekibi, Huntsville'de buldukları bileşiği test ediyorlar.

se günlük olarak yükseliyordu! iki hafta içerisinde Tokyo Üniversitesi'nden Shoji Tanaka ve ekibinin yanı sıra Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nden Stacy, Cohen ve Zettl de gösteriye katılıyorlardı. Aynı bileşik kullanılarak kritik sıcaklık 100°K sınırını aşmıştı. AT & T Bell Laboratuvarları'ndaki grup da gelişmelerin sıcak takipçisiydi. İngiltere'de Birmingham Üniversitesi ve Oxford'daki Clarendon Laboratuvarları'nda kimyacı ve fizikçilerden oluşan ekipler almaya geçmiş, yitrium içeren yeni bileşik örnekleri hazırlıyorlardı. ABD'den Çin'e, Kanada'dan Hindistan'a tüm resmi ve özel laboratuvarlarda, süperiletkenlik deneyleri için disiplinlerarası özel birimler oluşturulup fonlar yaratılırken, uluslararası tekel olan elektrik/elektronik şirketlerinin araştırma/geliştirme birimleri de -bağımsız ya da üniversitelerdeki araştırmaları destekleyerek işbirliği içinde-yoğun olarak bu alana giriyor, buluşları üretimde kullanmaya yönelik çalışmalar yapıyorlardı.

1986'dan önce süperiletkenlik konusunda araştırma yapan gruplar parmakla sayılacak kadar azken, bugün bu sayı yüzleri aşmış bulunuyor ve bu alana hergün yeni gruplar eklenmekte. ABD ve Japonya'dan sonra bu alana en çok yatırım yapan ve yeni araştırma gruplarını hızla oluşturmaya çalışan İngiltere ise araştırmalar için fon yaratma sıkıntısı içinde.

Şubat ayında 100°K etrafında süperiletkenliğin açıklanmasıyla birlikte yataklarını sırtlayıp laboratuvarlara giren ve öncelikle gerçekleştirilmiş olan deneyleri emin olana

kadar yineleyen araştırmacılar sa kolayca tanınabiliyor artık: Laboratuvarların koridorlarında göz kapakları kapanmak üzere, donuk bakışlı insanlar türemişti birdenbire!

18 Mart'ta Amerikan Fizik Topluluğu'nun New York City'de düzenlediği "Yüksek-Sıcaklık Süperiletkenliği" konulu panele 3 binin üzerinde bilim adamı katılıyordu. Panelin geręekleřtirildięi otelin salonu dolup koridorlara taşmış, biręok araştırmacı da tartişmaları dışarıya kurulu video-ekranından izlemek zorunda kalmiştı. Yanı sıra uluslararası iletişimin sıcak tutulması için tele-konferanslar yapılıyor, 12 Haziran'da Washington'da düzenlenen toplantıya Türkiye'den de bilim adamları uyu aracılığıyla katılabiliyordu.

Başdöndürücü Yeni Sonuğlar

Sıcaklık 100°K'in üzerinde birer, ikişer artırılırken, geğtiğimiz ay içinde ABD'de iki ayrı grup 200°K'in üzerinde süperiletken geliştirdiklerini açıkladılar.

Wayne State Üniversitesi'nden Chen, Wenger ve Logothetis 240°K'de süperiletkenlik gözlediklerini bildirmişlerdi. Bileşiklerin tam olarak açıklamayan Wayne State grubu, süperiletken Y-Ba-Cu-O ailesinden, daha önce 90°K kritik sıcaklığının gözleendiği bir oksit-seramik olduğunu belirtmekle yetindiler.

Wenger ve arkadaşları bileşiklerinde "Josephson etkisi"nin tersi bir olgu gözlediklerini özellikle belirtiyorlar. Josephson etkisi kabaca, "Josephson eklemi" (ince bir yalıtkan tabakayla birbirinden ayrılan iki süperiletken) adıyla bilinen bir aygıtta de gerilim uygulanması sonucu ac akım elde edilmesi olayıdır. Wenger ise tam tersini, yani kendi örneklerinden geğirdikleri bir rf elektrik akımının de gerilim üretmesini gözlediklerini açıkladı. Ne ac Josephson etkisi ne de Wayne State grubunun gözlediği tersi olgu bir süperiletkenden başka birşey de gözlenemeyeceğine göre, sıfır direnç özelliği gözlenmemiş olsa bile, bileşiğin süperiletken olduğu iddia edilebilirdi.

Ote yandan, Houston'da 93°K'le ilk yüksek-sıcaklık bileşiğini bulan Chu ve ekibi ikinci bombasını patlatıyor ve 225°K'de süperiletkenliğe geçen yeni bir bileşik geliştirdiklerini açıklıyordu. Bileşiğin formülünü henüz açıklamayan Houston grubu, yeni bileşiklerinin direnç özelliklerini Lockheed'e ait Palo Alto Araştırma Laboratuvarı'nda, manyetik özelliklerini ise Massachusetts'de MIT'nin bünyesindeki Ulusal Mıknatıs Laboratuvarı'nda ölçtürüyorlardı.

225°K (-49°C) henüz oda sıcaklığına çok uzaktı, ancak dünya üzerinde kaydedilen en düşük sıcaklıktan da (1983'te Sovyetler Birliği'nin Vostok istasyonu tarafından Antartika'da kaydedilen -89.2°C) oldukça yüksekti.

şimdi tüm gruplar bir taraftan kendi çalışmalarını sürdürürlerken bir yandan da yeni bileşiklerin açıklanaca-

ęı anı bekliyorlar. Yeni elemanlar, yeni fonlar, yeni "uykusuz günler, geceler" bekliyordu bilim çevrelerini...

Kuram Yine Arkadan mı Gelecek?

1911'de Onnes'in düşük sıcaklıklarda gözlediği süperiletkenliğe ancak 1957'de BCS kuramıyla açıklama getirilebiliyordu. Bugünkü aşamada deneysel olarak defalarca kanıtlanmış yüksek-sıcaklık süperiletkenlerine kuramsal açıklama henüz getirilememişti. Düşük sıcaklıklar için geliştirilen BCS kuramı ise -en azından şu anki haliyle- "sıcak" süperiletkenleri açıklamakta yetersiz kalıyordu.

Deneysel çalışmalar sürerken, kuramsal düzeyde de bilim adamları ya BCS kuramını geliştirmeye çalışarak, ya da daha özgün katkılar koyarak yüksek-sıcaklık süperiletkenliği açıklayacak kuramı oluşturmaya çalışıyorlar. Gelişmeler, kuramın 1957'deki gibi 46 yıl sonra olmasa bile deneysel gelişmelerden sonra oluşturulacağını gösteriyordu.

Deneylerin, herhangi bir lise laboratuvarının düzenekleriyle bile geręekleřtirilecek kadar basit ve kolay olması, deneysel çalışın araştırmacıların sayısının her geçen gün katlanarak artmasına yol açıyordu. Kuramsal çalışın alanının ise "dünyanın her yanında yüzlerce araştırmacı" gibi bir avantajı yoktu. Deneysel sonuğlar bir kez daha "kuramı" beklemeden birbiri ardına geliyordu.

Uluslararası Tekeller ve Teknolojik Yanış

Tokyo Üniversitesi'ndeki grubun lideri Tanaka yitrium yerine erbiyum ya da holmiyum gibi toprak elementlerinin kullanılmasıyla daha yüksek kritik akımlara sahip seramiklerin elde edilebileceği görüşünde. Böylece süperiletken mıknatıslar, enerji depolayan aygıtlar, süperiletken bilgisayarlar ve ucuz manyetik alan sayesinde havada gidebilen (sürtünmenin en aza indirildiği) trenler gibi kullanım alanlarında, yüksek akımlara ulaşıldığında çok önemli teknolojik gelişmeler sağlanabilecekti. Bu doğrultuda deneysel amaçlı bir tren geliştirecek olan Japon Ulusal Demiryolları, bu prototipin maliyetini 10 milyon dolar olarak açıklıyordu. Ote yandan Japon Araştırma ve Geliştirme Anonim şirketi/Tokyo Üniversitesi'nden Prof. Goto'ya bir süperiletken manyetik akı bilgisayarını geliştirmesi için 5 yıllığına 10 milyon dolarlık bir destek sağlıyordu. Enerji-depolayan aygıtların geliştirilmesiyle geręekleřtirilecek olan projeler arasında enerji tasarrufu yapan Moonlight (Ay ışığı) projesi de yer alıyordu. Enerjinin kayıpsız olarak taşınmasında kullanılmak üzere süperiletken kabloların üretilesinin önünde ise hâlâ engeller var. şu aha kadar yapılan maddelerin akım taşıma kapasiteleri 1 A/mm²'yi geğmiyor. Bu da kullanılmakta olan güç kablolarından oldukça düşük. Daha çok cama benzeyen süperiletken seramiklerin geliştirilmesiyle yüksek akım yoğunluğu elde edilebilecek. Bir diğer sorun da kabloların bükülebilir olması gerekliliği.

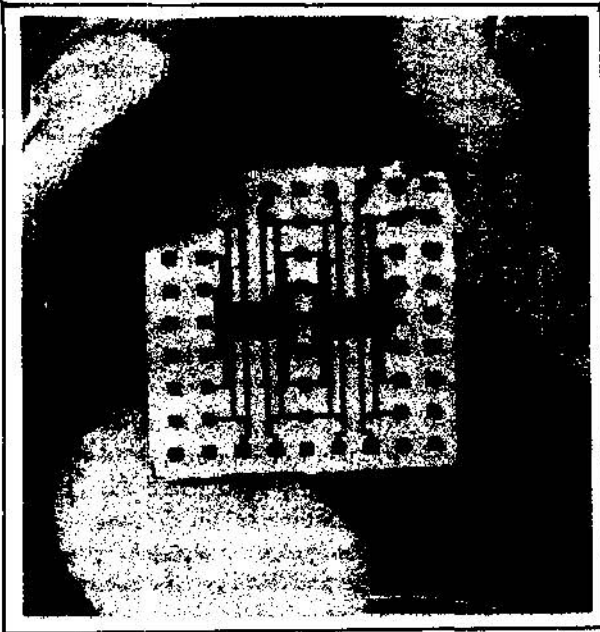
Toshiba firması mart ayında yaptığı açıklamada ilk "sü-



ŞEKİL 3. Toshiba ve Matsushita şirketlerinin ürettikleri ilk süperiletken "kablolar".

periletken kablo"yu ürettiğini duyurdu. Y-Ba-Cu-O bileşiğinden geliştirilen kablo 94°K'de sıfır dirence ulaşıyordu. 0,6 mm çaplı çubuklar halinde üretilenlerin kritik sıcaklığı ise 87°K'di ABD'de Argonne Ulusal Laboratuvarları da 0,2 mm çaplı teller üretmişti. Bu tellerin yüksek-alan mıknatısları için uygulama olanağı vardı, ancak süperiletkenliğin kaybolduğu düşük akımlarda oldukça kullanışsızdı. Akım yoğunluğu sınırı Toshiba için 6 A/sm², Argonne'da üretilen içinse 5 A/sm² idi-bu yoğunluklar pratik kullanım için standartların çok altındaydı.

Yüksek-hızda mikrodevreler içinse ince süperiletken filmler, tel ve şeritlerden daha uygundu. Bu arada Yorktown'daki IBM La bora tu varı Y-Ba-Cu-O bileşiği kullanılarak 400·nanometre kalınlığında süperiletken film ürettiğini duyuruyordu. Japon Matsushita firmasına ait Merkezi Araştırma Laboratuvarı ise büyük-ölçek baskılı devre (LSI) uygulamalarında kullanılmak üzere bir lantan-strontiyum-bakır bileşiğinden üretilen süperiletken monokristal seramik film ürettiğini açıklıyordu.



ŞEKİL 4. IBM'in Yorktown Height Laboratuvarları'nda "sprey boyama" yöntemiyle gerçekleştirilmiş olan bir Y - Ba - Cu - O süperiletken baskı devresi.

Öte yandan şu anda üretilen NMR görüntüleme aygıtının teknolojisinde, büyük tasarruf sağlaması nedeniyle tamamen süperiletken mıknatıslar kullanılmakta ve bu alanın araştırmacıları da gelişmeleri yakından izlemektedirler.



ŞEKİL 5. Siemens firmasının ürettiği NMR görüntüleme aygıtında kullanılan dev süperiletken mıknatıs.

Teknolojide "İkinci Elektronik Devrimi"ne Doğru

"Isı"sı her geçen gün yükselen bu yeni buluşun (buluşlar dizisinin) yaşamın her alanına girmesi oda sıcaklığında (yaklaşık 300°K) süperiletkenlerin geliştirilmesine bağlı. Bilim çevrelerinde yaygın olan kanı dünya üzerinde görülmemiş kadar çok grubun bu konu üzerinde böylesine yoğun ve hızlı çalışmaya devam etmesi durumunda 1990'lı yıllarda çağımızın -elektriğin bulunuşu kadar önemli olabilecek-en önemli bilimsel/teknolojik devrimlerinden birinin gerçekleşmesinin hiç de şaşırtıcı olmayacağıdır.

Berkeley'den fizikçi Cohen'in deyişiyle "sokağınızın köşesindeki elektrikçi dükkanına gidip de elektrik kablosu istediğinizde, size 'ne tip istersiniz; normal ya da süperiletken?' diye sordukları an dünyanın çehresinin değişmeye başladığı an olacaktır!"

Yazın sıcak günleri, süperiletkenlerin oda sıcaklığına yaklaşmasına yardım edecek mi dersiniz?

(*) Bu konuda ayrıntılı bilgi edinmek için Sayın Metin DURGUT'un, dergimizin 323. (1987/5) sayısında yayımlanmış olan "Oda Sıcaklığı Süperiletkenliğine doğru" başlıklı yazısı okunabilir. Biz yazımızın bütünlüğü açısından, süperiletkenliğin fiziksel özelliklerini kısa olarak yinelemekte yarar görüyoruz.