Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (1998)

Heft: 1

Artikel: La superconduttività

Autor: Teruzzi, Tizano

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-131387

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La superconduttività

Tizano Teruzzi

1

Le proprietà fondamentali della superconduttività

Il fenomeno della superconduttività venne inaspettatamente scoperto nel 1911 da un fisico olandese di nome Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926, premio Nobel per la fisica nel 1913).

Questi, nell'ambito di uno studio delle proprietà elettriche dei metalli a basse temperature, osservò che il mercurio, se raffreddato a temperature inferiori ai 4,16 Kelvin (i Kelvin sono gradi centigradi al di sopra dello zero assoluto della temperatura, che è situato a -273,16 gradi centigradi), cessa improvvisamente di opporre qualsiasi resistenza al passaggio di corrente elettrica: la sua resistenza elettrica diventa nulla.

Successivamente si è potuto accertare che questo fenomeno non è limitato al mercurio, ma esiste una lunga serie di altri elementi o sostanze composte che, se raffreddati al di sotto di una determinata temperatura critica, come viene denominata la temperatura alla quale il fenomeno della superconduttività si innesca, permettono il trasporto di corrente elettrica senza la benché minima perdita di energia. Fra gli elementi a noi più familiari figurano l'alluminio, con una temperatura critica di 1,19 Kelvin, o il piombo, che diventa superconduttore a 7,2 Kelvin. Sul fronte delle sostanze composte vale la pena citare, per la sua ampia utilizzazione in applicazioni commerciali, il niobio-titanio, una lega metallica che diventa superconduttrice a circa 9 Kelvin.

Abbastanza interessante e curioso, come vedremo ancora in seguito, è il fatto che il rame, l'oro e l'argento, ossia quei materiali che a temperatura ambiente figurano fra i migliori conduttori elettrici, a basse temperature non diventano superconduttori. Non esiste una regola semplice che permette di stabilire a priori quali materiali diventino superconduttori a temperature sufficientemente basse.

I seguenti punti, basati su osservazioni empiriche, meritano comunque di essere citati: 1) solamente metalli o composti metallici diventano superconduttori, 2) tutte le temperature critiche sono inferiori ai 23 Kelvin (l'esistenza dei superconduttori ad alta temperatura critica viene qui intenzionalmente trascurata per rispettare l'evoluzione storica della superconduttività: di essi si parlerà più avanti), 3) i metalli nobili e 4) i metalli magnetici non diventano superconduttori.

1 — Levitazione magnetica di una pastiglia di materiale superconduttore (fotografia: J. T. McDevitt, Università del Texas, Austin)

L'assenza di resistenza elettrica non è però l'unica caratteristica fondamentale dei superconduttori. Esiste infatti una seconda non meno spettacolare proprietà che un superconduttore deve manifestare affinché esso possa essere considerato tale: si tratta dell'effetto di Meissner, così chiamato in onore dello scienziato che lo scoprì nel 1933. L'effetto consiste nella proprietà del materiale superconduttore di escludere dal suo interno qualsiasi campo magnetico. In termini specialistici si dice che il superconduttore si comporta come un diamagnete ideale. Senza questa proprietà un materiale privo di resistenza elettrica non è un superconduttore, esso è "semplicemente" un conduttore ideale. È grazie a questa proprietà che il fenomeno della superconduttività può essere considerato un vero e proprio stato di fase della materia, uno stato di equilibrio termodinamico che si contrappone alla fase cosiddetta normale, quella cioè in cui il trasporto della corrente elettrica è un fenomeno dissipativo.

Il meccanismo attraverso il quale un superconduttore è in grado di escludere o di espellere dal suo interno un campo magnetico esterno è relativamente semplice e, in considerazione della sua importanza per alcune affascinanti applicazioni tecniche che vedremo in seguito, merita di essere brevemente illustrato. Generalmente un campo magnetico è, o può essere, associato ad un flusso di corrente elettrica. In un elettromagnete, ad esempio, il campo magnetico è generato dalla corrente che scorre nelle sue spire. Analogamente, i superconduttori reagiscono a campi magnetici esterni mettendo spontaneamente in moto nel loro interno un flusso di corrente elettrica tale che il campo magnetico ad esso associato annulli internamente il campo magnetico nel quale essi sono immersi. I superconduttori, quindi, escludono dal loro interno i campi magnetici magnetizzandosi. Questo particolare comportamento può essere messo in evidenza sperimentalmente avvicinando un superconduttore ad un magnete permanente e registrando la forza repulsiva che si instaura tra di essi a causa della loro diversa polarità magnetica. L'effetto che si osserva è del tutto simile a quello che tutti abbiamo probabilmente già sperimentato tentando di avvicinare i poli opposti di due magneti. La repulsione tra superconduttori e magneti è alla base dello spettacolare esperimento di levitazione illustrato in figura 1. L'immagine, realizzata presso l'università del Texas, mostra una "pastiglia" di materiale superconduttore che fluttua a mezz'aria sopra la superficie di un magnete. Il principio alla base di questo esperimento è lo stesso di quello che viene impiegato ad esempio in Giappone nei prototipi di treni a levitazione magnetica (Maglev).

Come abbiamo visto, l'assenza di resistenza elettrica ed il diamagnetismo ideale sono le due proprietà fondamentali caratterizzanti il fenomeno della superconduttività. Nelle prossime due sezioni si cercherà di chiarire la natura della superconduttività e di illustrare altri importanti fenomeni legati allo stato superconduttivo della materia.

La natura della superconduttività

Gran parte della fisica dei superconduttori può essere spiegata facendo capo ad argomentazioni di carattere fenomenologico. Di questo tipo di argomentazioni ne abbiamo fatto uso in precedenza relativamente all'effetto Meissner e ne faremo ancora uso nella prossima sezione. In ultima analisi, però, esse sono basate su di un modello teorico microscopico del fenomeno, sono cioè strettamente legate alla natura della superconduttività. Prima di affrontare la non facile spiegazione del meccanismo che dà origine al fenomeno della superconduttività, conviene spendere qualche parola per capire il comportamento microscopico degli elettroni in un metallo normale. In prima approssimazione le principali caratteristiche di un metallo possono essere ricavate trattando gli elettroni di conduzione come un insieme di particelle libere, cioè come un insieme di particelle isolate. In questo modello il conduttore può essere paragonato ad un contenitore contenente un gas di elettroni. Se al conduttore viene applicata una differenza di potenziale, collegandolo ad esempio ai due poli di una pila elettrica, gli elettroni si mettono in movimento e danno origine ad una corrente elettrica. Durante la loro trasferta verso il polo caratterizzato dal potenziale elettrico minore, gli elettroni trovano sul loro cammino gli atomi che formano il reticolo cristallino del conduttore, contro i quali essi inevitabilmente vanno a collidere. Le collisioni contro i pesantissimi atomi non sono prive di conseguenze per gli elettroni. Essi infatti, rimbalzando contro gli atomi, vengono deviati dalla loro traiettoria e perdono parte della loro energia a favore degli atomi stessi.

Questo trasferimento di energia, che si manifesta attraverso un riscaldamento del conduttore, è la causa dell'attrito che si oppone al movimento degli elettroni e quindi della resistenza elettrica del metallo normale.
Il modello teorico in grado di rendere conto delle principali caratteristiche microscopiche del fenomeno della superconduttività venne messo a punto nel 1957 da tre ricercatori statunitensi, John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer. L'ingrediente fondamentale di questo modello teorico, al quale si fa generalmente riferimento con l'abbreviazione BCS, è rappresentato da un'interazione attrattiva tra gli elettroni. L'effetto dell'interazione su due elettroni isolati è quello di unirli in una coppia, denominata coppia di Cooper. In considerazione del fatto che a causa della loro carica elettrica gli elettroni tendono a respingersi, affinché la forza risultante tra di essi sia attrattiva, è dunque necessaria l'azione di una seconda forza: una forza in grado di dominare, a basse temperature, la forza elettrica repulsiva. Per poter agire, questa seconda forza necessita dell'intervento di uno o più intermediari. Questi sono i fononi, come vengono chiamate le oscillazioni del reticolo cristallino.
Per capire quale è il ruolo che giocano i fononi, è utile analizzare qualitativamente cosa succede quando un elettrone si muove all'interno del reticolo. A causa della sua carica elettrica negativa, l'elettrone attrae verso di sé gli atomi caricati positivamente che si trovano nelle vicinanze della sua traiettoria. In questo modo l'elettrone, al suo passaggio, lascia temporaneamente dietro di sé una scia di cariche positive che, a sua volta, funge da zona di attrazione per altri elettroni che si trovano a transitare nelle sue vicinanze. Il risultato di questo complesso meccanismo è dunque quello di generare indirettamente un'effettiva interazione attrattiva tra gli elettroni. In termini scientificamente più corretti si direbbe che essa è il risultato di uno scambio di un fonone tra due elettroni. Ma come è possibile che il semplice accoppiamento degli elettroni sia in grado di modificare radicalmente il comportamento di un conduttore, di permettere cioè ai portatori di carica, contrariamente a quanto succede per gli elettroni liberi in un metallo normale, di muoversi senza attrito? Il punto è che quando uno degli elettroni di una coppia "urta" un atomo o un difetto del reticolo cristallino, esso non può venir deviato dalla sua traiettoria in modo arbitrario a causa della presenza del suo compagno, che reagisce prontamente all'urto "trattenendolo". In questa situazione gli elettroni che formano la coppia di Cooper modificano la loro direzione del moto ma non modificano la loro energia. Grazie alla forza che unisce i due elettroni di una coppia di Cooper, il trasferimento di energia agli atomi del reticolo cristallino, che in un metallo normale è all'origine della resistenza elettrica, in un superconduttore non avviene.
Come abbiamo appena visto, il fenomeno della superconduttività nasce da un delicato e complesso predominio di una forza attrattiva, che promuove un accoppiamento degli elettroni, nei confronti di una forza elettrica che li induce a respingersi l'un l'altro. Questo fragile predominio può facilmente venir annullato da influssi esterni come la temperatura, l'intensità del campo magnetico nel quale il materiale superconduttore è immerso o come l'intensità della corrente elettrica che esso trasporta.

La fenomenologia della superconduttività

Temperatura, intensità del campo magnetico e intensità della corrente elettrica sono dunque i tre parametri critici che discriminano tra stato superconduttore e stato normale di un materiale e che ne condizionano il comportamento. È inoltre in funzione di questi tre parametri che gli specialisti del ramo costruiscono i cosiddetti diagrammi di fase dei materiali superconduttori e stabiliscono se un materiale è interessante per le applicazioni pratiche. Il legame che unisce gli elettroni in coppie non è indissolubile, anzi, esso è piuttosto fragile. L'energia necessaria alla sua rottura risulta quindi essere relativamente ridotta. Per tentare di spiegare quale è l'effetto della temperatura sulla superconduttività, si può immaginare che la coppia di Cooper venga costantemente scossa da quelle che in termini scientifici vengono chiamate eccitazioni termiche. Queste sono tanto più violente quanto più alta è la temperatura del materiale superconduttore, e cioè l'energia con la quale le coppie vengono scosse aumenta con l'aumentare della temperatura. Esiste quindi un valore della temperatura per il quale quest'energia è sufficiente per separare gli elettroni di una coppia, distruggendo in questo modo lo stato supercon-

duttore. La temperatura alla quale questo succede viene chiamata temperatura critica. Come abbiamo visto in precedenza, le temperature critiche dei superconduttori classici non superano i 23 Kelvin (-250 gradi centigradi).
Nei confronti dei campi magnetici abbiamo visto che i superconduttori reagiscono mettendo in moto spontaneamente una corrente elettrica, il cui scopo è quello di schermare il loro interno (effetto Meissner). Affinché l'intensità del campo magnetico all'interno del materiale possa essere mantenuta nulla quando l'intensità del campo magnetico esterno cresce, anche la corrente elettrica di schermatura deve aumentare. Questo aumento della corrente viene realizzato dal superconduttore facendo circolare le coppie di Cooper più velocemente. Esiste però una velocità limite che alle coppie di elettroni non è concesso di oltrepassare, pena la loro dissoluzione e quindi la distruzione della superconduttività. Di conseguenza esiste un valore massimo dell'intensità del campo magnetico che può essere schermato, al quale si fa generalmente riferimento con il nome di campo critico. Quando questo valore limite viene oltrepassato il superconduttore viene istantaneamente invaso dal campo magnetico esterno e lo stato normale ripristinato. Il comportamento appena descritto è caratterizzante della classe di superconduttori detta di primo tipo.
Nei superconduttori di secondo tipo, invece, l'invasione da parte del campo magnetico esterno avviene in maniera più graduale. Essa, infatti, inizia quando l'intensità del campo magnetico esterno supera un primo valore limite, detto campo critico inferiore, e si completa con la distruzione della superconduttività quando l'intensità raggiunge un secondo valore limite denominato campo critico superiore. Per valori intermedi, il campo magnetico penetra nel materiale sotto forma di linee di flusso magnetico dirette parallelamente al campo esterno: queste consistono di un nucleo composto da materiale normale, nel quale è confinato il campo magnetico che è riuscito a penetrare, circondato da una zona mantello nella quale circola una corrente elettrica che ha il compito di schermare il resto del materiale rimasto superconduttore. Per la loro struttura le linee di flusso vengono anche chiamate vortici. Appena penetrati nel materiale i vortici si ordinano in modo da formare una struttura regolare simile a quella di un nido d'api chiamata reticolo di Abrikosov (vedi figura 2).
Per quanto riguarda il comportamento dei materiali superconduttori nei confronti della corrente elettrica trasportata, si può dire che esso è intimamente legato a quello nei confronti del campo magnetico appena analizzato. Infatti, la corrente di trasporto genera alla superficie del conduttore un campo magnetico che viene considerato dal materiale alla stregua di un campo magnetico esterno. Così, quando l'intensità della corrente che attraversa un superconduttore di primo tipo è tale da generare alla sua superficie un campo magnetico di intensità uguale al campo critico, lo stato normale viene prontamente ripristinato. Il valore limite della corrente viene chiamato corrente critica.
Nei superconduttori di secondo tipo il meccanismo che porta il materiale alla perdita delle sue caratteristiche superconduttive è però un altro e dipende dall'interazione della corrente di trasporto con le linee di flusso in esso presenti. In questo caso la corrente elettrica esercita sulle linee di flusso una forza che tende a metterle in movimento. Per intensità di corrente non troppo elevate il movimento delle linee di flusso è però ostacolato dai difetti strutturali che inevitabilmente sono sempre presenti in qualsiasi materiale e ai quali le linee si ancorano. Quando l'intensità di corrente è tale che la forza che agisce sulle linee di flusso è in grado di strapparle dai centri di ancoraggio, allora si manifestano degli effetti dissipativi che portano il materiale alla perdita della sua proprietà di trasportare corrente elettrica senza opporre resistenza. Tipicamente un superconduttore può sostenere una corrente elettrica superconduttiva di alcune migliaia di Ampère per millimetro quadrato. Per apprezzare questo valore e comprendere l'enorme potenziale dei materiali superconduttori per le applicazioni tecniche basta fare un confronto con la capacità di trasporto di corrente di un qualsiasi filo convenzionale (ad esempio di rame). Per evitarne la fusione a causa del surriscaldamento, la corrente che li percorre non deve infatti superare il limite di 1-2 Ampère per millimetro quadrato!
Se da un lato i superconduttori classici manifestano delle fenomenali capacità di trasporto, dimostrandosi estremamente adatti per tutte quelle applicazioni dove è coinvolta la corrente elettrica,

dall'altro le temperature alle quali questa capacità è disponibile sono raggiungibili solo con tecniche di raffreddamento complesse e quindi da un punto di vista prettamente economico difficilmente sostenibili. Per questo motivo i materiali superconduttori, fatta eccezione per alcuni pochi casi in cui essi si sono rivelati decisamente più efficienti, non sono mai veramente riusciti a fare concorrenza ai conduttori convenzionali. Nel 1986 però qualcosa è cambiato.

Superconduttività ad alta temperatura

Dopo gli anni sessanta e fino al 1986 la comunità scientifica si era ormai generalmente rassegnata ad accettare che la superconduttività fosse un fenomeno limitato a temperature inferiori ai 23 K. Questa opinione era sostenuta dal fatto che gli sforzi profusi per incrementare le temperature critiche dei materiali avevano dato dei risultati insignificanti. Inoltre, la comunità scientifica era consenziente sul fatto che il modello teorico relativo alla natura della superconduttività non fosse in grado di predire temperature critiche sensibilmente maggiori di quelle che aveva fino ad allora predetto.

Nel 1986, però, si verificò un evento inaspettato: nei laboratori dell'IBM a Zurigo-Rüschlikon, Alex Müller e Georg Bednorz scoprirono i cosiddetti superconduttori ad alta temperatura, scoperta per la quale i due scienziati furono insigniti del premio Nobel. L'importanza della scoperta si manifestò in tutta la sua pienezza appena si capì che oltre da temperature critiche decisamente più alte (il materiale che attualmente detiene il record diventa superconduttore già ad una temperatura di circa 133 Kelvin, ossia circa -140 gradi centigradi), essi sono anche caratterizzati da una resistenza ai campi magnetici e da una capacità di trasporto sensibilmente superiori a quelle dei materiali fino ad allora conosciuti, materiali che oggi vengono chiamati superconduttori a bassa temperatura.

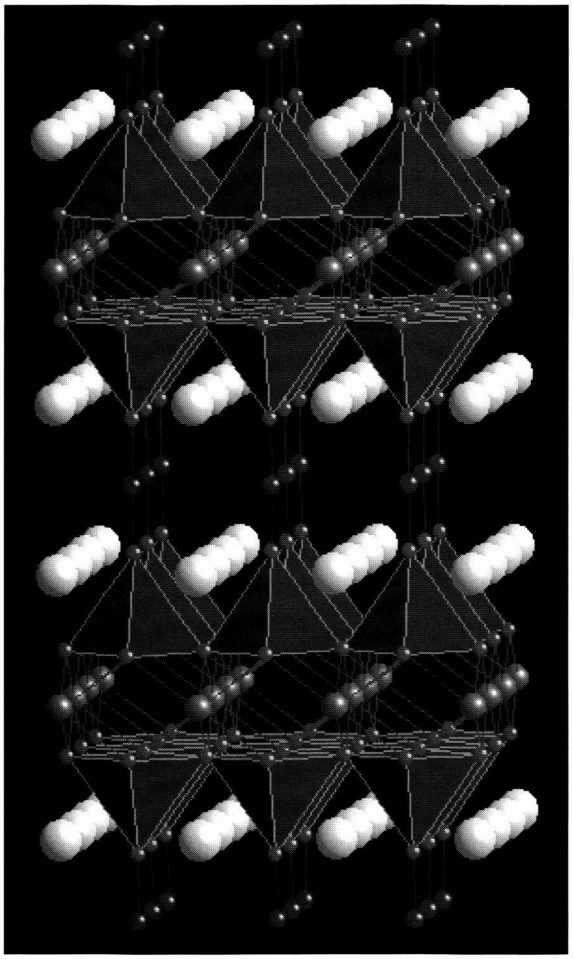
In considerazione della loro particolare struttura, del fatto che, nonostante essi manifestino proprietà metalliche, non siano metalli bensì degli isolanti e del fatto che essi manifestino un ordinamento magnetico, si capì anche relativamente presto che alla base della superconduttività di questi nuovi materiali ci dovesse essere un meccanismo totalmente nuovo. Dal 1986 ad oggi il grande entusiasmo iniziale per la scoperta si è leggermente mitigato a causa di alcune loro proprietà che frenano e ritardano il loro utilizzo in applicazioni tecniche su larga scala. Il loro potenziale è però a tutt'oggi immutato.

Il materiale di base di questi nuovi superconduttori è sempre un isolante costituito da strati di ossido di rame, il quale, per mezzo di un drogaggio chimico, viene trasformato in un metallo (per drogaggio chimico si intende l'aggiunta controllata nel reticolo cristallino di imperfezioni o di atomi estranei). La struttura è formata intercalando strati di ossido di rame elettricamente conduttori con strati isolanti composti da altri ossidi (vedi figura 3). Si tratta dunque di una struttura fortemente bidimensionale, dunque fortemente anisotropa, che si distingue decisamente dalla struttura generalmente isotropa dei superconduttori convenzionali.

La forte anisotropia è uno dei fattori principali che attualmente ostacola l'ingegnerizzazione dei superconduttori ad alta temperatura. Il suo effetto, combinato con le alte temperature, è infatti quello di rendere il reticolo delle linee di flusso, che nei materiali classici è una struttura relativamente rigida e statica, molto dinamico e mobile. Abbiamo visto in precedenza che la mobilità delle linee di flusso compromette la proprietà del materiale di trasportare corrente elettrica senza dissipazione di energia.

L'altro fattore che, unitamente all'anisotropia, ostacola l'utilizzo dei nuovi materiali per applicazioni tecniche è rappresentato dalle loro particolari proprietà meccaniche. Queste, infatti, sono molto simili a quelle dei materiali ceramici, che in generale sono estremamente fragili e poco duttili. Il risultato consiste in un'estrema difficoltà di lavorazione, difficoltà che attualmente impediscono, ad esempio, la fabbricazioni di cavi superconduttori di lunghezza superiore al chilometro.

L'intensa attività di ricerca e sviluppo condotta nel campo delle scienze dei materiali ha già comunque fornito delle utili indicazioni su come è possibile aggirare o sormontare le difficoltà sopraccitate, che comunque, al pari delle difficoltà associate alle temperature critiche dei materiali superconduttori classici estremamente basse, non hanno impedito la commercializzazione di alcuni prodotti interessanti e lo sviluppo di nuovi prototipi.



2

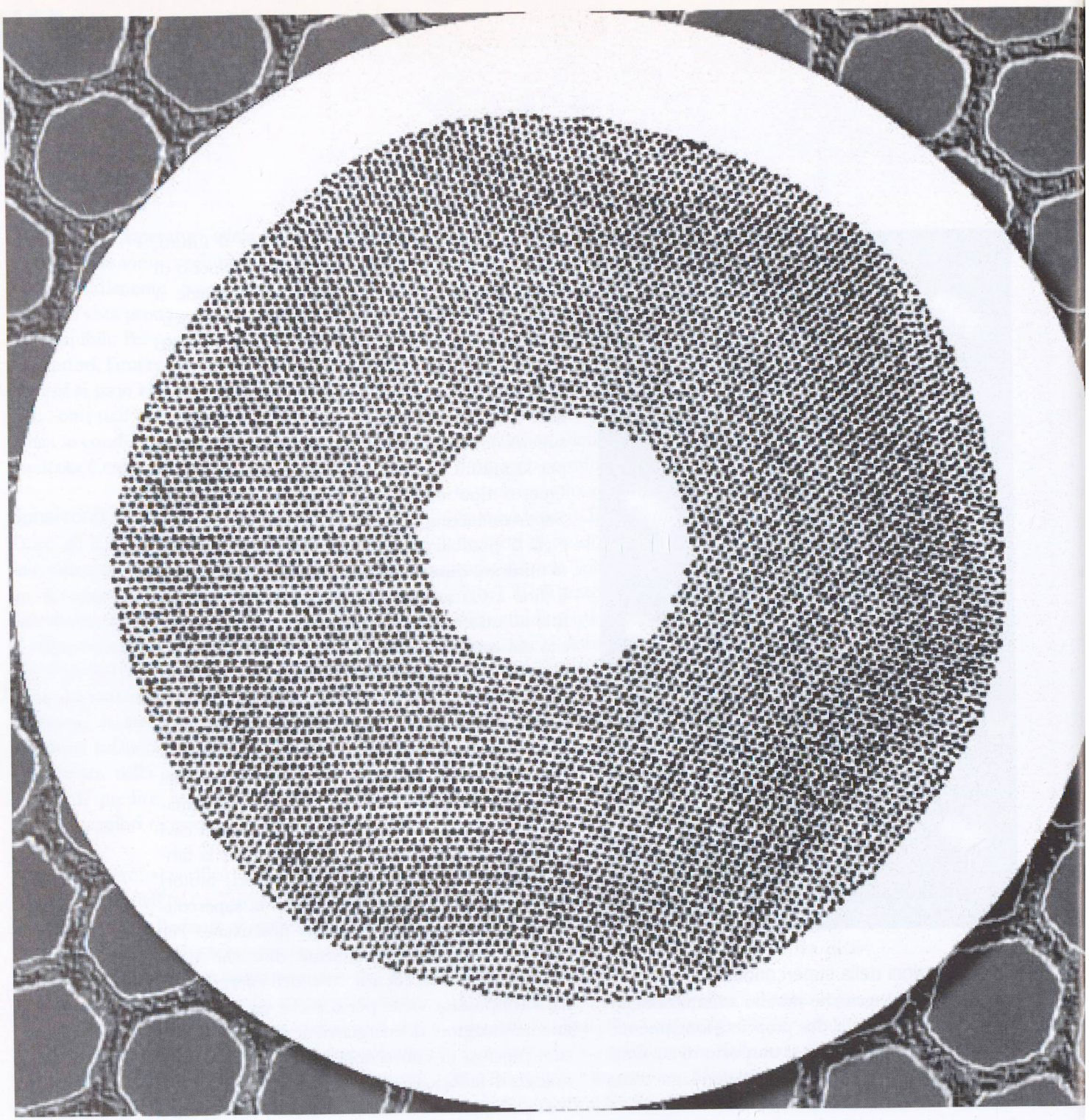
Le applicazioni della superconduttività

Le applicazioni tecniche mirano sostanzialmente allo sfruttamento delle due proprietà fondamentali della superconduttività: il trasporto di corrente elettrica senza dissipazione e il diamagnetismo ideale.

I progressi maggiori, finora, sono stati fatti nel campo della microelettronica e della sensorica, o più generalmente nella crioelettronica, cioè nell'elettronica alle basse temperature. Questo campo ha potuto beneficiare enormemente delle tecnologie di processo e fabbricazione sviluppate per i materiali semiconduttori. In particolare si è riusciti a realizzare con dei materiali superconduttori ad alta temperatura componenti estremamente complesse per la tecnica delle microonde, come ad esempio filtri, antenne o miscelatori di frequenza, componenti che potrebbero a breve termine rivoluzionare il campo della telefonia mobile. Anche il campo dell'informatica potrebbe a medio termine subire l'influsso della tecnologia dei superconduttori. Nelle visioni per il futuro, infatti, si parla già di calcolatori superveloci o di supercalcolatori, che funzionerebbero grazie a componenti digitali superconduttive estremamente rapide. Un prototipo di registro a scorrimento superconduttore funzionante a 120 GHz è ad esempio già esistente. In fase notevolmente avanzata è anche lo sviluppo, sulla base di materiali superconduttori ad alta temperatura, di sensori per la misura di campi magnetici (vedi figura 4). Questo tipo di sensori, chiamati SQUIDs (da Superconducting Quantum Interference Devices) e già disponibili commercialmente, sono in grado di misurare campi magnetici estremamente deboli (fino a 0,5 milionesimi di Oersted, ossia livelli fino ad un milione di volte più piccoli dell'intensità del campo magnetico terrestre), come quelli generati ad esempio dalle correnti elettriche associate all'attività cerebrale dell'uomo.

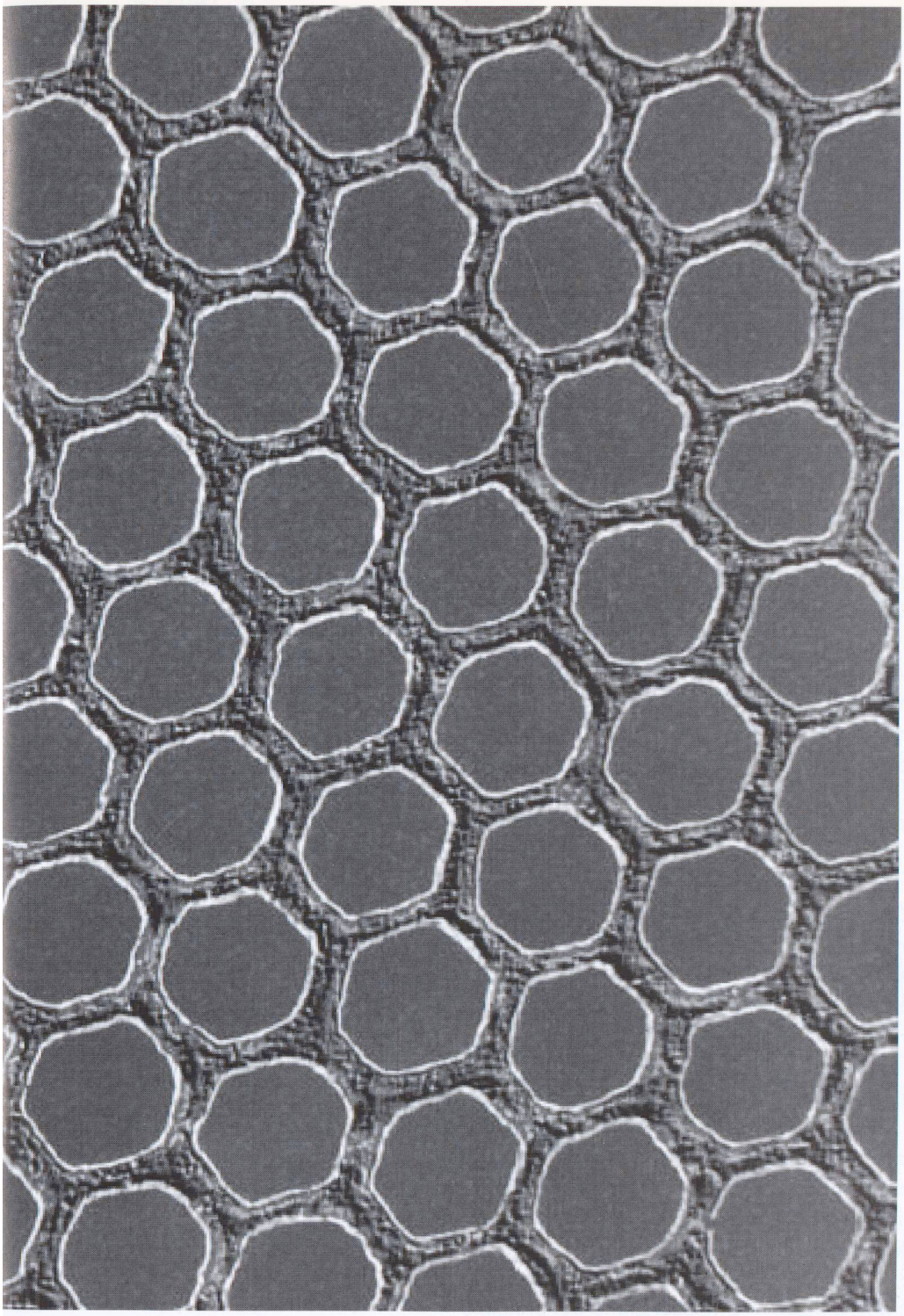
Interessanti e numerose applicazioni tecniche della superconduttività sono state realizzate, o sono in via di realizzazione, anche nel campo del trasporto, della conversione e dell'immagazzinamento di energia. Si pensi in particolare ai cavi per il trasporto di corrente elettrica o per la fabbricazione di trasformatori, generatori, motori elettrici. È questo un campo in cui la superconduttività possiede un immenso potenziale. Per capirne il motivo è sufficiente dire che nelle attuali linee aeree circa il 10% dell'energia elettrica trasportata viene persa e che una quantità ancora maggiore di energia viene persa durante i suoi processi di conversione. Nonostante la tecnologia di fabbricazione di cavi superconduttori a bassa temperatura abbia già da tempo raggiunto un alto grado di maturazione (vedi figura 5), e fatta eccezione per alcune applicazioni nel campo della medicina diagnostica (nelle apparecchiature utilizzate per la risonanza magnetica nucleare) o della ricerca scientifica (acceleratori di particelle), le applicazioni sopraccitate sono ancora poco diffuse, essendo esse da un punto di vista economico non ancora sufficientemente interessanti. La causa risiede nel fatto che gli investimenti e le spese necessarie al raffreddamento dei superconduttori sono ampiamente superiori ai benefici che si possono trarre a livello, ad esempio, di risparmio energetico e guadagni di efficienza. Le proporzioni appena descritte potrebbero però rapidamente capovolgersi nel

2 — Struttura cristallina di un superconduttore ad alta temperatura a base di ittrio (disegno: J. T. McDevitt, Università del Texas, Austin)



momento in cui si riuscirà a produrre cavi superconduttori ad alta temperatura di lunghezza e qualità sufficienti da soddisfare le esigenze dell'industria.

Evidentemente si potrebbero citare ancora molte altre possibili applicazioni della superconduttività, ma ci vorrebbero sicuramente ancora molte altre pagine per passarle tutte in rassegna. Le poche citate, comunque, riescono già da sole a rendere l'idea dell'enorme potenziale tecnologico che l'umanità ha a portata di mano ma che, forse solo per poco, ancora gli sfugge; e degli influssi che esso, una volta afferrato, potrebbe avere sulla nostra vita quotidiana, sul modo di esercitare le nostre attività, sul nostro modo di comunicare e di viaggiare. Sulla superconduttività molto è già stato scoperto. Ma molto rimane ancora da scoprire. È dunque difficile e forse ancora un poco prematuro disegnare scenari e fare pronostici precisi per il futuro. Una cosa la si può comunque affermare senza correre il rischio di essere clamorosamente smentiti: quella dei superconduttori è una tecnologia chiave, una tecnologia che nel prossimo secolo contribuirà parecchio a modellare il nostro futuro.



3 — Sezione di un cavo superconduttore a bassa temperatura composta da una lega di niobio e titanio
Sullo sfondo è rappresentato un ingrandimento della struttura filamentare del cavo

Summary

The phenomenon of superconductivity was unexpectedly discovered in 1911 by a Dutch physicist, Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926), who was awarded the Nobel Prize for Physics in 1913.

Temperature, intensity of the magnetic field and intensity of the electrical current are the three critical parameters that differentiate the normal state of a material from the superconductor state and condition the material's behaviour.

After the 1960s and up to 1986, the scientific community was generally resigned to accepting the idea that superconductivity was a phenomenon limited to temperatures lower than 23 degrees Kelvin.

In 1986, however, an unexpected event occurred: in the IBM laboratories of Zurich-Rueschlikon, Alex Mueller and Georg Bednorz discovered the so-called high-temperature superconductors. The importance of the discovery became fully clear as soon as it was understood that over definitely higher critical temperatures superconductors are characterized by resistance to magnetic fields and by a capacity for carrying electrical current that is very much superior to that of materials known up to that time.

Technical applications basically aim at taking advantage of the two fundamental properties of superconductors: the transportation of electrical current without any loss and ideal diamagnetism.

A lot has been discovered about superconductivity, but a lot more remains to be discovered. In the next century this new technology will certainly contribute a great deal towards shaping our future.