

Title	超電導体の応力効果
Author(s)	岡田, 東一
Citation	大阪大学低温センターだより. 20 P.5-P.7
Issue Date	1977-10
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/7965
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

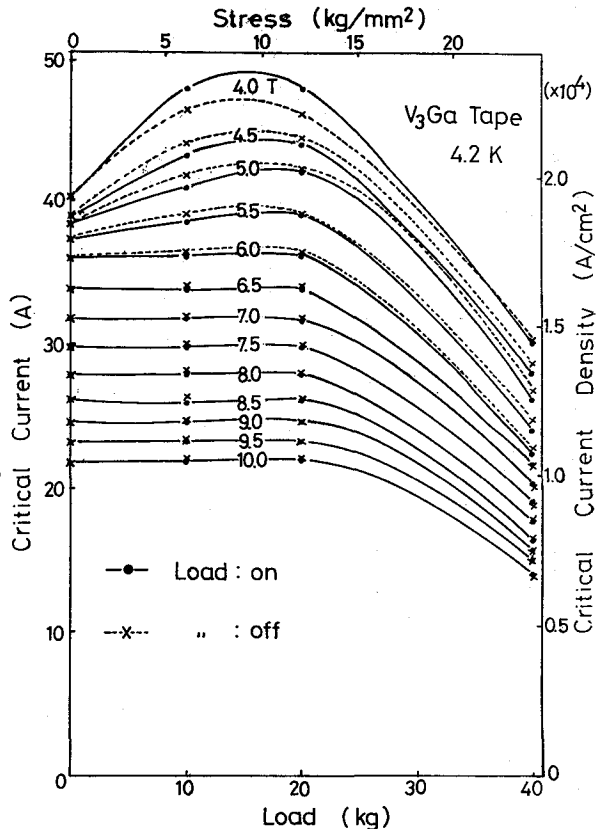
超電導体の応力効果

工学部 岡田東一 (吹田5052)

研究の世界に居ると日頃よく経験することであるが、当面の中心課題に向って心を研ぎすますというか、常に精神的緊張を持續していなければ、その研究の進歩はおぼつかなく、光陰矢の如く、青年老い易く云々と、がい嘆することとなる。この適度の精神的ストレスは、物事の進み具合にプラスの加速度を与えるのだが、他からのノイズに相当する複合ストレスが蓄積し、あるしきい値を越えると、「気苦労は猫をも殺す」とえの通り、研究者はノイローゼ気味となり、研究どころではなくなる。この種の現象は善人（筆者もこれに属すると思われる）というカテゴリーに属する人種に多くみられる。

さて彼の天才ブロッホもさじを投げたといわれるソリッドステートにおける神秘的な超電導現象の世界にも類似の人間臭い現象としてやはりストレス効果なるものが存在する。最も典型的な例は純粋な体系においてよりも、むしろ実用材に多い、複合材においてみられることも又おもしろい。

第1図は最近我々の研究室で測定した V_3Ga テープ材に対する応力効果の1例である[1]。本試験に供した材料は真空冶金製のもので大体次のようにして作られたものである。(I)バナジウムテープをGaの溶液に浸してGaメッキする。(II)これを800℃で加熱し V_3Ga_2 を作る。(III)これを数ミクロンの厚さの銅メッキを施し650℃100時間の第2段熱処理を施すと、 V_3Ga 層が形成されるので。(IV)これに厚さPb—50%のハン



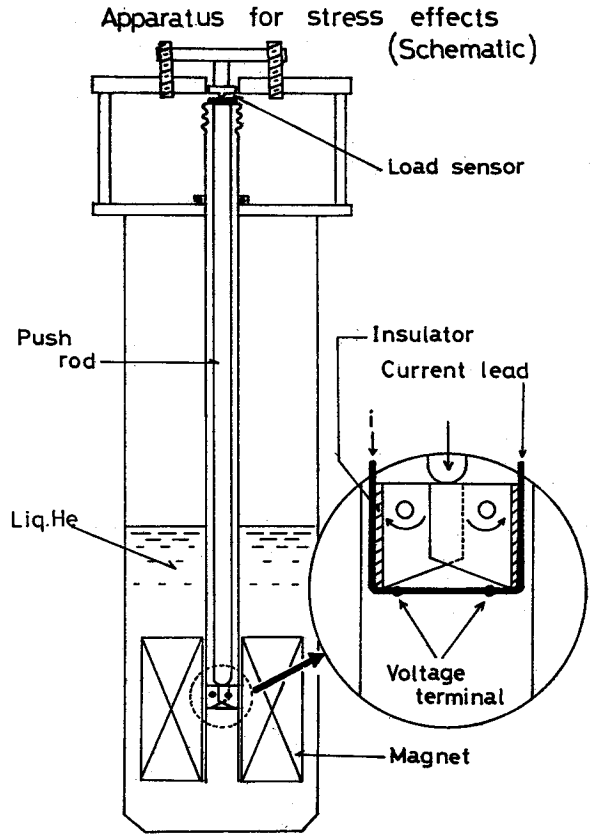
第1図 V_3Ga テープ超電導材料に外部磁場のもとの応力をかけた状態、(実線)と応力を取り除いた状態で測定した臨界電流密度の変化。6.5T以上は応力をかけた状態と取り除いた状態で差がみられないので点線は省いてある。

ダをつけて厚さの0.13mmのテープが出来上る。この試料を幅1.63mm長さ50mmに切り出しU字型に曲げ、第2図に示す装置でもって試料のテープ面及び電流方向に対して垂直磁場のもとで、且つ電流と平行な引張応力のもとで'in situ'応力テストを行うことが出来た。外部磁界(4-10T)を与えるために用いた超電導マグネットは現在大阪大学低温センター吹田分室で共同利用に提供されている真空冶金製分割型NdTi-Nb₃Snハイブリッドコイルである。このマグネットの特性については別に詳しく報告されているのでここでは省略する[2]。

さて第1図の特徴は応力を増して行くとき臨界電流密度(Jc)が最初増加しピークを経て急激に減少していくことである。これは試料を4.2Kに冷却したとき、超電導体(V₃-Ga)と安定化材(Cu)の熱収縮の違いからV₃Gaが圧縮状態にあるところへ張力がかかると'応力ゼロ、状態へ移行し超電導性が最良となり更に応力が増すと再び超電導性が劣化すると考えると定性的に納得出来る。しかしもう一つの特徴として低磁場側でこの応力によるJcの増加が著しく中高磁場(6-10T)側ではこの減少がみられないことは未だ説明がつかない。

このような挙動は他のA-15化合物Nb₃-Snにおいてもみられ例えばCornish[3]は構成と熱処理の異なる種々のNb₃Sn線材についてdegradation through maximumの挙動を発表している。又更に古くBuehlerらも[4] MonelをかぶせたNb₃Snについて同様なピーク現象をIcとTcについて観測している。又Luhmanら[5]はブロンズ中にあるNb₃Snが圧縮状態にあつてTcが劣化していることを見出している。J.W.Ekin[6]はNb₃Sn多芯線について研究している。

この応力効果の問題は1960年頃高磁場-高電流用超電導合金或は化合物が発見されるや急に人々の関心と呼ぶようになったといわれる。初期の頃は静水圧による研究、次いで単結晶に1軸応力を加え、Tcの結晶方位依存性なども調べられた。例えばWegnerら[7]はV₃Si単結晶に、1軸圧縮応力を加え応力



第2図 第1図の測定に用いた応力効果測定用装置の概念図。現状での性能は次の通り。

- 最高磁場 10T.
- 最大電流容量 50A.
- 最大荷重 50kg

尚、本年度中に電流容量を200Aに最大荷重を100kgに増強し、又いくつかの点を改良した2号機を作る予定である。

1000kg/cm²では T_c の変化が〈111〉方向ではゼロ、〈100〉方向で、0.5K 減少することを認めている。

実用的見地からは最近エネルギー蓄積、核融合用など大型マグネットへの応用が活況化するに伴いストレス効果の問題は更に急速にクローズアップされるようになった。例えば内径(R) 1m の円形コイルが最内側磁束密度(B_m) 10T 中で電流密度(J) 5×10⁵ A/cm²を維持しようとするときこの導体にかかる応力は $\sigma = JB_m R = 5 \times 10^8 \text{ N/m}^2 \cong 5 \times 10^7 \text{ kg/m}^2 \cong 50 \text{ kg/mm}^2$ となりコイルが高磁界且つ、大型化するほど問題が重要となることが分る。将来このようなマグネットで主役を演ずると考えられるA-15型化合物超電導体は通常極めてもろく応力(又はひずみ)に対して合金系よりも著しく敏感である。

応力効果の機構を解明しようとする研究活動を見ると、最近米国コロラドで国際シンポジウム[8]が開かれるなど研究者の数も増加しつつあり、(I)マイクロクラック、(II)応力誘起変態などいくつかの説が出ているが決定的なものではなく今後の研究がまたれる。尚現状に関しては最近KochとEaston によって総合報告が書かれている[9]。

参考文献

- [1] 岡田東一：第6回マグネット技術国際会議(MT-6), No.21 Bratislava, 8月29日-9月2日(1977).
- [2] このマグネットは昭和47年度文部省科学研究費(一般研究A)により購入出来たものである。特性については山本純也：応用物理 44, (1975) 198. を参照されたい。
- [3] D. N. Cormisch : MT-6 (1977).
- [4] E. Buehler and H. J. Levinstein : J. Appl. Phys. 36 (1976) 3856.
- [5] T. Luhman and M. Suenaga : Appl. Phys. Letters. 29 (1976) 61.
- [6] J. W. Ekin : Appl. Phys. Letters, 29 (1977) 216.
- [7] M. Wegner, B. G. Siblernagel, and E. S. Greiner, Phys. Rev. Letters 13 (1964) 521.
- [8] "Symposium on Stress Effects in Superconductors"
Third NBS/APRA WORK SHOP, April 5, 1976, VAIL, Colorado.
- [9] C. C. Koch and D. S. Easton : Cryogenics, 17 (1977) 391.