

CeB_{1-x}Tex と SmB₆ の中性子散乱実験 東北大理 遠藤康夫

§1 序

以前より我々の身近な所で行われていた興味深い研究が、この荷教授動を示す稀土類磁性の問題です。我々がとりあげた題材は次の点で中性子散乱研究として興味があります。

CeB₂, CeSb は強い p-f 混成の影響で、異常に異方性の強い系でその上近藤効果のからんだ複雑な性質を示す：とよく知られております。さて中性子散乱研究の題材としては特に CeSb に見られる温度-磁場面上に展開される奇妙な磁気相図があります。CeB₂ の方がもっと単純ですが、この違いも微妙な結晶場の違いで説明されておりますが、それ程説得力が乏しい。磁場をかけた時に見られる Incommensurate 相も、いろいろ模型が出されておりますが、その成因について実際には模型程簡単ではないうと考えられる。さて CeB_{1-x}Tex は今 Grenoble に滞在中の世良君の学位論文の研究成果の一部でとりあげられたものです。p-f 混成の影響が Fermi 面に出るホール数に大きく依存するという理論的予測との関連で B₂ に Te を混ぜることにより、ホールを埋めていく効果と実験的に丁度いいくらい研究で大変興味深い。世良君が中性子回折研究には要するほどの単結晶を作って呉れ、こので去年夏に Start しました。まだ実験としては、研究の標準を決める為の予備実験の域を出ませんが、どのような点と目標にしているか又はどんなことが出来るかについて紹介してみたいと思います。

SmB₆ は以前横谷先生が Wigner 結晶の存在を示唆されて以来ずっと興味が持っています。一次元金属（二次元）では起り易い“電子超格子”が構造的に異方性の高い SmB₆ でも明らかに電子超格子があれば大変なことでは我々を驚かせることになる。ところで Sm も B も中性子散乱研究にとっては困りもの元素でとてもこの点では中性子散乱実験は出来ない。より吸収の小さい同位元素を使わなければなりません。非常に高価な同位元素から成る極めて純度の単結晶を成長させるということが可能になって始めて出来る研究です。そこで Oak Ridge National Laboratory の Moon, Smith 両氏と横谷先生、国井氏と協力して予定よりも小さいがこれに極めて純度の ¹⁵⁴SmB₆ の単結晶をつくらることが出来ました。直径 5mm の紫色に輝く“宝石”というべき。世間とあんな驚かせるような結果は出ていませんが、この2倍の直径の単結晶が出来れば、極めて興味深い仕事が出来るという自信が持てましたので、今迄に行なって来た仕事を報告して、何故2倍の直径の“宝石”が出来るかを述べることにします。

§2 CeB_{1-x}Tex (x = 0.05, 0.075, 0.1)

中性子回折実験は、電気抵抗 ρ, 歪率 Δε/ε, 磁化 M の実験を基にして決められた磁気相図から、x = 0.05, 0.075, 0.1 について磁気秩序相の決

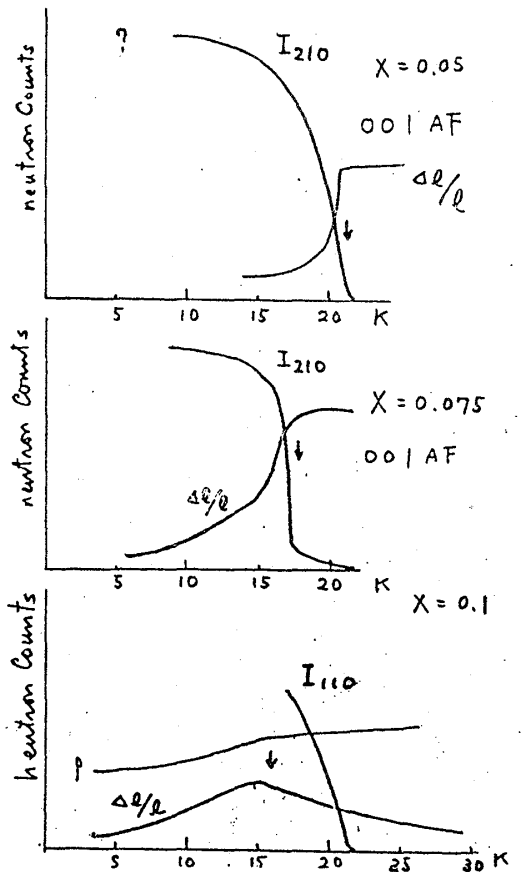
定と目的にて、居り零磁場の測定を行つた。

実験を始める前の予測では T_N の増加を経て、ホール数が減つて、調子 $\uparrow \downarrow$ (001) 交強磁性相が低温側にシフトし、磁気モーメントの多い局を含む複雑な磁気相 ($\uparrow \downarrow 0$, 交強磁性・パラ相) の出現の期待があった。

$X = 0.05, 0.075$ の 2 試料は共に $\uparrow \downarrow$ 交強磁性の相が見つけれ、各々 T_N は 21.5 K と 17.5 K にあり、これらのネール点、静電物性測定の結果とよく一致するが、最初の予測とは違つて単純な (001) 交強磁性秩序相が広い温度範囲で安定化している。

ところが $X = 0.1$ の試料では T_N が約 23 K まで上昇する、この温度付近には電気抵抗、歪測定の結果も著しく異常は見られる。したがって $X = 0.1$ ではこれらの静電物性の温度変化は $X < 0.1$ の試料とはかなり違つて、低温での変化量は小さい。磁気秩序も今のところ不完全であるが (001) 交強磁性相の相模出されてゐる。

これだけの結果から先と見違ふのは少々冒險ではあるが、いわゆる T_N が CeB_{12} に對して perturbation 的に振舞う濃度というのが 10% 以内であると考へてよいと思われる。即ち Ce ioni の廻りの $Pnictide$ の $14d$ と $15d$ の B 原子間の T_N の遷移に、状態ではかなり局所的にも電子構造が変化してゐる新しい「構造」と基にとつて考へざるを得ないのではなからうか。最近世田る手紙からもこのことを予想される実験結果が出版ことを知らせてくれた。従つて我々は典型的な CeB_{12} の延長として考へられる $X = 0.05$ 、新しい系として考へられる $X = 0.1$ の焦点をこぼつて、磁場 ($H \leq 50 \text{ koe}$) 中の相図の研究を続ける予定である。



中性子回折による交強磁性・外強磁性の温度変化。

$X = 0.05, 0.075$ の試料の $\Delta\rho/\rho$ の測定から推測した T_N と一致する。対し $X = 0.1$ の T_N は推測より非常に高い。

§ 3. SmB_6

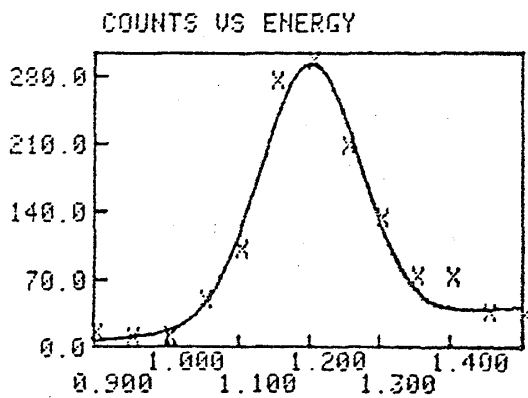
$^{154}SmB_6$ の単結晶 (5 mm 中) の非弾性散乱を行つて、低温におけるバンドギャップを導くと思われてゐる数々の特性 (電気抵抗、比熱、NMR) の異常の直接的検証を目的としてゐる。

非弾性散乱の測定には充分形状の大きな (棒状) 単結晶が必要であるが、 ^{154}Sm の同位

元素の価格と考ふと限界がある。そこで我々は
今回成長が可能となった単結晶で - すべてだけ
のことが出来る。又定量的中性子散乱研究を可
する為、どれだけの量が必要かを推測する為の予
備的な実験を行なった。

実験は ORNL に一週間滞在した間に
Acoustic phonon の測定を室温に於て行
なされた。

右の写真は ジニメーターにセットされた
 $^{154}\text{Sm}^{11}\text{B}_6$ の単結晶で 散乱面が (011) 面
に於けるような配向にてゐる。下の図は 室温に
おける非弾性スペクトルの一例である。

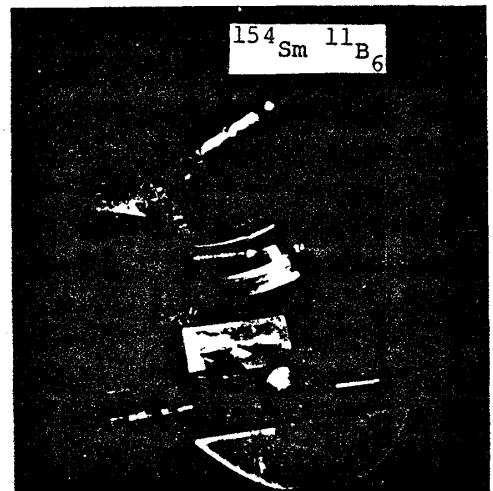


[4, 0.15, 0] の Q-一定の
スペクトル, 単位は THz
1 THz ~ 4.2 meV.

ビームの collimation を例えれば今の 60' と 20' にすると強度の減少は

$$\left(\sqrt{\frac{20}{60}}\right)^4 = \frac{1}{9}, \quad 10' \text{ にすると } \left(\sqrt{\frac{10}{60}}\right)^4 = \frac{1}{36}$$

と見られる。従つて低温でこの実験を
全位置の散乱強度を定量的に分解能で得
る為には 20倍から 70倍程度の増
幅の試料が必要とされる。もし直径 10 mm,
長さ 20 mm 程度の単結晶が得られれば、
この要求は満たされる。右の図は 室温の
音響モードの格子振動の分散曲線
LaB₆ のそれと比べても、室温でソフ
トに曲線がとらえられてゐる。



$^{154}\text{Sm}^{11}\text{B}_6$ 単結晶の写真

(gonio meter の失印)

の方位, 垂直軸は (110)

方向に平行にしてゐる)

この結果から低温におけるフォノンの実験に
は要する量と推定すると次のようになる。

$$n_{4K}/n_{295K} = \frac{1 + e^{x_{295K}}}{1 + e^{x_{4K}}} \sim \frac{1}{2.2}$$

又今分解能は ~ 60' で測定してゐるが
電子の帯利バンドの幅がフォノン散乱の
線中の測定は分解能は ~ 10' であり
20' の幅は必要であり、全ての中心は

