

# Phase transitions studied by ultra-low-temperature X-ray diffraction

著者	Yun Xue
著者別名	薛, 芸
journal or publication title	博士学位論文要旨 論文内容の要旨および論文審査 結果の要旨 / 金沢大学大学院自然科学研究科
volume	平成18年1月
page range	25-27
year	2006-01-01
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/16699">http://hdl.handle.net/2297/16699</a>

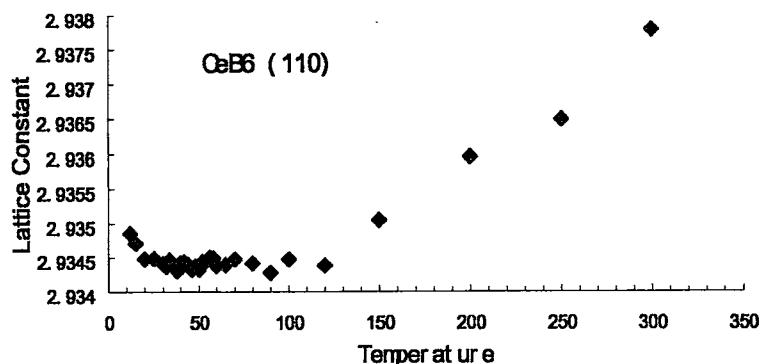
氏名	薛 芸
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第677号
学位授与の日付	平成16年9月30日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	Phase transitions studied by Ultra-low-temperature X-ray diffraction (超低温 X 線回折装置を用いた相転移の研究)
論文審査委員(主査)	鈴木 治彦(自然科学研究科・教授)
論文審査委員(副査)	樋渡 保秋(自然科学研究科・教授), 藤下 豪志(自然科学研究科・教授), 松本 宏一(自然科学研究科・助教授), 阿部 聡(自然科学研究科・講師)

## 学 位 論 文 要 旨

Abstract: In these past ten years, many interesting materials have appeared which show the phase transitions at low temperatures below 1K. The crystal structure may be the most essential information to understand the new phase below the transition temperature. In order to investigate these phase transitions and the ground states of these materials, we developed an x-ray diffraction measurement system for powder samples below 1K. We studied the phase transition of PrPtBi、 $Ce_{0.7}La_{0.3}B_6$ ,  $CeB_6$ ,  $MgB_2$ , Nb,  $Fe_3O_4$  and Potassium metal by measuring the temperature dependence of the lattice constant, the intensity and full width at half-maximum of the reflection peak by our low temperature x-ray diffractometer between 0.28K and room temperature.

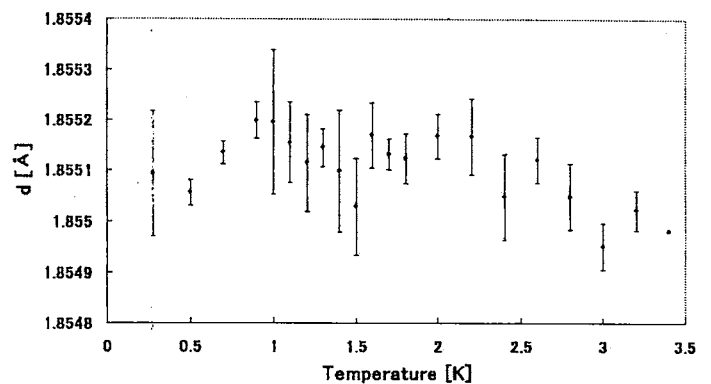
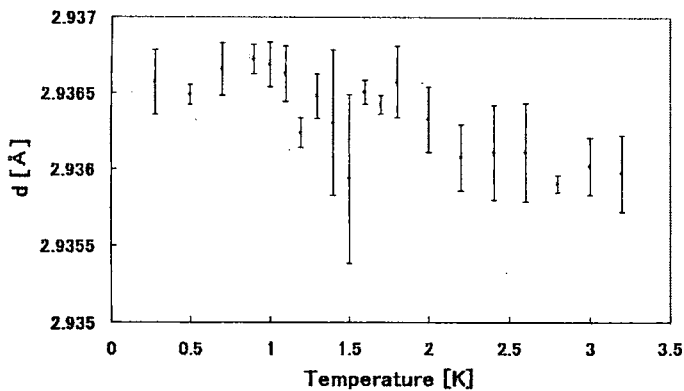
$CeB_6$  with a cubic  $CaB_6$ -type structure has a localized 4f-electron with a ground state of  $\Gamma_8$  quartet and excited  $\Gamma_7$  doublet. And it is the typical anti-ferro quadrupole ordering substance. By using the x-ray diffractometer with a dilution refrigerator, which we developed recently, we studied the phase transition of  $CeB_6$  by measuring the temperature dependence of the lattice constant, the intensity and full width at half-maximum of the reflection peak between 0.20K and room temperature. We observed the anomaly

of the reflection integrated intensity around the anti-ferro quadrupole orbital ordering phase transition temperature 3.3K.



Substitution of Ce atom by La atom in  $Ce_xLa_{1-x}B_6$  makes appreciable modification to the magnetic phase diagram. In the case of  $x=0.70$  phase IV below  $T_c=1.4K$  is stable down to  $T=20mK$ . So the specimen with  $x=0.70$  is quite suitable to be investigated the properties of phase IV. By using the x-ray diffractometer with a dilution refrigerator measuring system, which we developed recently, we have investigated the phase transitions of  $Ce_{0.7}La_{0.3}B_6$  ( $T_c=1.5K$ ) between 0.28K and room temperature. At 0.28K, the lowest temperature in the present experimental run, the (330) reflection peak was slightly split. From this splitting, the crystal distortion  $\Delta l/l$  was estimated to be  $2.6 \times 10^{-4}$ . Temperature dependences of the lattice spacing measured for (110) and (210) reflections quickly dropped at 1.5K as shown in the figures. We found that not only the temperature dependence of the lattice constant, but also the temperature dependence of the integrated

intensity and the full width at half maximum (FWHM) of the diffraction spectrum gives important information about the phase transition. The  $Ce_{0.7}La_{0.3}B_6$  compound shows the phase transition at about 1.5K and the phase IV in  $Ce_{0.7}La_{0.3}B_6$  is ferro-quadrupole ordered state.



The temperature dependence of the lattice spacing  $d$  obtained from (110) reflection

The temperature dependence of the lattice spacing  $d$  obtained from (210) reflection

We have studied varied material such as  $MgB_2$ , Nb, PrPtBi and  $Ce_xLa_{1-x}B_6$ .

We found the negative thermal expansion at the low temperature was rather common phenomena no matter what kind of phase transition is in it.

## 学位論文審査結果の要旨

8月3日に学位論文審査会を開催した。

薛芸さんの論文は研究室で開発し、一緒に開発に参加した超低温X線回折装置を用いて種々の物質で相転移の研究を行ったものである。即ち  $CeB_6$  の 3.3K と 2.3K の間の電子軌道反強四重極秩序相の研究、 $CeLaB_6$  の 1.6K 以下の未知な第4相の研究、最近また活発に研究されているマグネタイト ( $Fe_3O_4$ ) の 120K における Verwey 転移以下の温度の結晶型が未だきちんと決定されていない、その相転移の研究。青山学院秋光教授のグループで発見された高温超伝導  $MgB_2$  の研究などである。特に秋光教授から提供を受けた  $MgB_2$  の研究では、X線反射強度の温度変化が超伝導転移温度付近でピークを作ることを見いだした。これはデバイーウオラー因子によりフォノンの振動数が変化していることを示している。即ち転移点上ではハードニング、転移点以下ではソフトニングが起きることを示している。更に格子定数の温度変化から結晶のa軸方向もc軸方向も低温で負の熱膨張係数を与えることを観測した。そしてこの負の熱膨張は三沢のフェルミ流体理論を用いた熱膨張係数の理論で説明できることを示した。これらの結果は  $MgB_2$  の超伝導がフェルミ流体で説明できる強相関電子とフォノンの相互作用によることを示している。

本論文は以上のように新しい知見を含む興味有る研究成果であり審査員全員一致してこの論文が博士論文に値するものと判定し合格と認定した。