

C-15 结构 $(\text{Hf}, \text{Zr}, \text{Ta})\text{V}_2$ 和 $(\text{Hf}, \text{Zr}, \text{Nb})\text{V}_2$ 合金超导转变的压力效应研究

熊光成 尹道乐

(北京大学物理系)

1981年10月9日收到

提 要

本文研究了 C-15 结构化合物 $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ ($x \leq 0.2$) 和 $(\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5-x}\text{Nb}_x)\text{V}_2$ ($x \leq 0.2$) 的超导转变温度 T_c 及其压力效应 $\partial T_c / \partial P$ 。报道了实验方法与结果。与 $(\text{Hf}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ 和 $(\text{Zr}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ 的情况不同,在 $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ 中 Ta 的引入使常压下的 T_c 下降,然而 $\partial T_c / \partial P$ 却大为提高。因此高压下 $\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.45}\text{Ta}_{0.05}\text{V}_2$ 的 T_c 反而比 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 更高。导出了一个基于角动量分波表象能带论方法的描述压力效应的新关系式。它指出导带电子波函数中的高角动量成分变化对 T_c 的压力效应影响比较重要。这个公式有助于理解上述复杂的实验现象,并能合理地解释某些元素(如 Cs, Ba, La 等)的 T_c 随压力剧增的事实。

一、引 言

高压能改变材料的晶格常数,能引起、增强或抑制相变。与之相关,材料的电子结构与物理性质在高压下也会发生相应的变化。因此高压实验无论对于物理研究还是材料制备都是一种十分有效的手段。为了揭示超导转变的物理实质,人们在高压对超导电性的影响方面做了很多工作。Boughton, Olsen 和 Palmy^[1] 对 70 年以前的工作做了回顾,从 BCS 理论的 T_c 公式出发讨论了 T_c 的压力效应。Garland 和 Bennemann^[2] 用紧束缚近似讨论了压力对 T_c 的影响。Chu^[3] 从超导转变的压力效应及其它一些物理现象出发,评述了高 T_c 和晶格不稳定性之间的内在联系,解释了 V_3Si 和 Nb_3Sn 的超导转变压力效应。

以 $(\text{Hf}, \text{Zr})\text{V}_2$ 为基础的 C-15 结构化合物是引起人们很大兴趣的一类超导材料。它们具有较好的超导性能^[4]和较好的加工性。而且它们在快中子辐照下超导性的衰退远比 Nb_3Sn 等 A-15 材料缓和,因此是一种有希望得到实用的超导材料。C-15 结构的 $(\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x)\text{V}_2$ 与一些 A-15 材料类似,在低温也经历一次结构相变,由对称性较高的高温相变到对称性较低的低温相^[5]。这些合金随成分与所受外界压强的不同在超导转变温度、比热及磁化率上也显示出不少变化,所以近年来受到不少研究者的注意^[6-8]。

在本文中我们把对 $(\text{Hf}, \text{Zr})\text{V}_2$ 超导转变的压力效应与合金化效应结合起来进行研究。测量了 $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ ($x \leq 0.2$) 及 $(\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5-x}\text{Nb}_x)\text{V}_2$ ($x \leq 0.2$) 合金的超导转变温度及压力对一些样品 T_c 的影响。我们发现在 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 中加入少量 Ta 的合金

行为用目前已有的关于电子-声子耦合的压力效应理论公式难于解释。为了有助于理解上述实验现象,我们导出了一个基于角动量分波能带论方法的描述超导转变压力效应的新关系式。这个关系式指出导带电子波函数的高角动量成分变化对于 T_c 的压力效应比较重要。由这个关系式能合理地解释某些元素(如 Cs, Ba, La 等) T_c 随压力剧增的事

二、实验方法

为了在低温能获得高压条件,我们设计制做了铍青铜的汽缸-活塞型高压盒。图 1 是高压盒截面图。缸体是由经过热处理的铍青铜制成,为加工方便及提高汽缸内孔的硬度、加工精度与光洁度还采用了冷拔工艺。为了降低对加工精度的要求,在汽缸内设计安置了两个弹性铍青铜涨圈。汽缸内还有聚四氟乙烯制成的样品室。电测量引线由置于样品室端部的铍青铜盖子上引出。为在低温高压下密封电引线,使用了添加氧化铝粉的低温环氧树脂与锥形铍青铜顶尖。样品室的高压是室温使用油压机加上的,由于螺栓的锁定使得退去油压机后在充满液体压力介质的样品室内仍得以维持高压。低温时样品室内的压强由铅超导压力计读出^[9]。高速钢活塞的该装置室温使用过的最高压强为 20kbar,相应低温获得 17.6kbar。

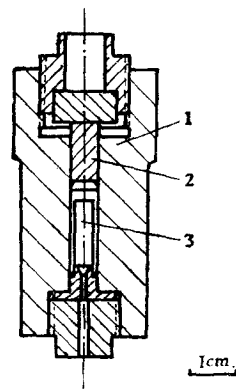


图 1 高压盒截面图
1 为缸体; 2 为活塞; 3 为样品室

使用的 $(\text{Hf}, \text{Zr}, \text{Ta})\text{V}_2$ 和 $(\text{Hf}, \text{Zr}, \text{Nb})\text{V}_2$ 样品由冶金工业部有色金属研究总院提供。样品由充氩保护电弧炉熔炼六次并经真空 1200°C 及 920°C 退火处理。经 X 射线分析鉴定样品是 C-15 相且单相性较好。

使用四端引线电阻法及互感法两种方法判断样品的超导转变。为测量样品的 T_c 使用了低温恒温器、自动控温仪和锗电阻温度计。锗电阻温度计分度精度为 $\pm 0.01\text{K}$; T_c 的测量误差小于 $\pm 0.03\text{K}$ 。

三、实验结果

在表 1 中给出了常压下不同成分样品的 T_c 数值。为了更突出地表现出合金元素添加对 T_c 的影响,我们在图 2 中标出了这些样品的 T_c 数值和它们的变化趋势。图 2(a)说明添加 Ta 对 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 和 HfV_2 的 T_c 的影响,图 2(b)说明添加 Nb 的影响。

由图 2(a)可以看出 $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ 随 Ta 成分的增加 T_c 下降,而 $\text{Hf}_{0.95}\text{Ta}_{0.05}\text{V}_2$ 的 T_c 要高于 HfV_2 的 T_c 值。在 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 和 HfV_2 中添加少量 Nb 改变合金成分都使样品的 T_c 升高,然而 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.45}\text{Nb}_{0.05}\text{V}_2$ 的 T_c 升高的幅度比 $\text{Hf}_{0.95}\text{Nb}_{0.05}\text{V}_2$ 的 T_c 升高的幅度小得多(见图 2(b))。

五种不同成分样品的 $\partial T_c / \partial p$ 数值由表 2 给出,除 $\text{Hf}_{0.95}\text{Ta}_{0.05}\text{V}_2$ 使用互感法测量结果外其余样品只使用电阻法测量数据。图 3 画出了高压对 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 与 $\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.45}\text{Ta}_{0.05}\text{V}_2$

表 1 常压下不同成分样品的 T_c 数值

样 品 成 分	$T_c(K)$	样 品 成 分	$T_c(K)$
$Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$	10.04	$Hf_{0.45}Zr_{0.5}Nb_{0.05}V_2$	10.16
$Zr_{0.5}Hf_{0.45}Ta_{0.05}V_2$	9.96	$Hf_{0.5}Zr_{0.45}Nb_{0.05}V_2$	10.24
$Zr_{0.5}Hf_{0.40}Ta_{0.10}V_2$	9.87	$Hf_{0.5}Zr_{0.40}Nb_{0.10}V_2$	10.17
$Zr_{0.5}Hf_{0.35}Ta_{0.15}V_2$	9.64	$Hf_{0.5}Zr_{0.35}Nb_{0.15}V_2$	10.21
$Zr_{0.5}Hf_{0.30}Ta_{0.20}V_2$	9.66	$Hf_{0.5}Zr_{0.30}Nb_{0.20}V_2$	10.18
HfV_2	9.25		
$Hf_{0.95}Ta_{0.05}V_2^*$	9.57	$Hf_{0.95}Nb_{0.05}V_2$	9.72

除有*样品使用互感法测量结果外,其余样品均只采用电阻法测量数据。

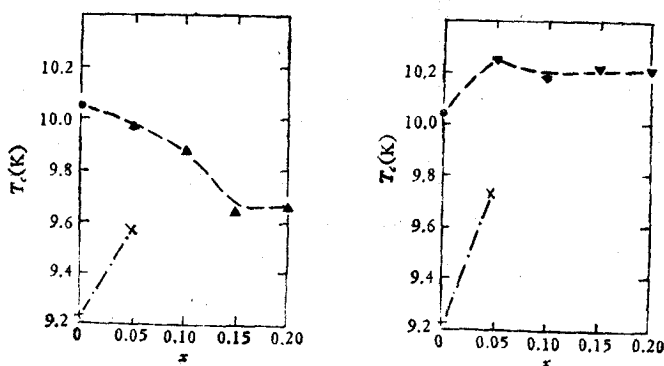


图 2

- (a) $(Zr_{0.5}Hf_{0.5-x}Ta_x)V_2$ ($\blacktriangle$) 的超导转变温度随 x 值的变化
及 HfV_2 (+), $Hf_{0.95}Ta_{0.05}V_2$ ($\times$) 的 T_c
- (b) $(Hf_{0.5}Zr_{0.45-x}Nb_x)V_2$ ($\blacktriangledown$) 的超导转变温度随 x 值的变化
及 HfV_2 (+), $Hf_{0.95}Nb_{0.05}V_2$ ($\times$) 的 T_c

表 2 几种成分样品的 $\partial T_c / \partial P$ 数值

样 品 成 分	$T_c(K)$	$\partial T_c / \partial P$ ($10^{-5}K/bar$)
$Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$	10.04	2.7
$Zr_{0.5}Hf_{0.45}Ta_{0.05}V_2$	9.96	4.7
$Zr_{0.5}Hf_{0.40}Ta_{0.10}V_2$	9.87	3.9
$Hf_{0.45}Zr_{0.5}Nb_{0.05}V_2$	10.16	3.1
$Hf_{0.95}Ta_{0.05}V_2$	9.57*	3.5*

* 标记互感法测量数据。

超导转变温度的影响。从图 3 中可以看到在常压下 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$ 的 T_c 值比较高,但是在高压下 $Zr_{0.5}Hf_{0.45}Ta_{0.05}V_2$ 的 T_c 数值却比 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$ 的 T_c 值高。

在已知的二元 C-15 结构化合物中, HfV_2 的 T_c 最高 (9.25K), ZrV_2 的 T_c 次之。

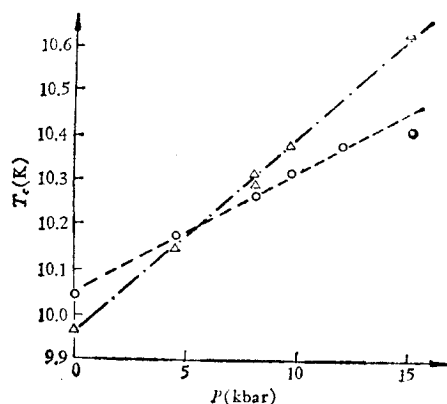


图 3

实线为 $Zr_{0.5}Hf_{0.45}Ta_{0.05}V_2$; 虚线为 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$

HfV₂ 与 ZrV₂ 能形成连续固溶体. 在 $(Hf_{1-x}Zr_x)V_2$ 系列中大约在 $x \sim 0.4$ 处出现 T_c 高峰, $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$ 的 T_c 值为 10.04K. 在我们的这组实验中, 由于合金元素的添加及低温高压实验更突出地显示出了 HfV₂ 与 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$ 在超导电性方面的不同.

四、分析与讨论

Ta 和 Nb 加入 HfV₂ 中, 替代 Hf 原子提高了价电子数, 同时样品的 T_c 也升高了. 这和有着 Matthias 价电子规律的 A-15 材料超导转变温度变化相似. 然而, 为什么在 $(Zr_{0.5}Hf_{0.5-x}Ta_x)V_2$ 的情况 Ta 的引入使常压下的 T_c 下降呢? 为什么在高压作用下 T_c 又有迅速回升呢? 这些都是简单的价电子规律不能解释的.

目前已有的有关超导转变压力效应的理论都比较着重于讨论 McMillan-Hopfield 参量 $\eta = N(0)\langle I^2 \rangle$ 在压力下的变化. η 是一个反映电子-声子相互作用来自电子结构方面的因子, 深入了解 η 的性质对理解超导转变的压力效应十分重要. 为了解释过渡金属 T_c 随压力的变化 Boughton 等人^[1]用 Baryakhtar 的模型得到 η 在压力下变化的关系式

$$\frac{\partial \ln \eta}{\partial \ln V} = -\frac{2}{3} - \frac{\partial \ln N(0)}{\partial \ln V}, \quad (1)$$

其中 $N(0)$ 为费密面处的态密度. Garland 等人^[2]从紧束缚近似出发得到另一个关系式

$$\frac{\partial \ln \eta}{\partial \ln V} = -\frac{4}{3} + 2 \frac{\partial \ln W_d}{\partial \ln V}, \quad (2)$$

其中 W_d 是导带中的 d 带宽度. 这些公式把 η 随体积 V (由于压力 P) 的变化归因于只通过一个电子态密度 $N(0)$ 或 d 带宽 W_d 的变化, 这仍然很难解释上述实验中所发现的 Ta 对 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$ 超导转变及其压力效应的复杂影响. 只根据导带宽度或态密度很难看出 $Hf_{0.5}Zr_{0.5}V_2$ 与 HfV₂ 有什么原则区别, 为了更好地分析实验观察到的 $\partial \ln \eta / \partial \ln V$ 多样性的变化需要进一步深入探讨.

近年用角动量分波表象的能带论方法来分析电子-声子相互作用, 得出了用导带杂化

程度统一描述 η 的关系式^[10], 对于导带只含两分波的近似情况有

$$\eta \simeq \frac{(2l+1)^2(2l+3)^2}{6\pi^2 S^4} \int_{F_S} (S\hat{k})^2 f_{l,l} f_{l+1,l} d\hat{k}, \quad (3)$$

其中

$$f_l, f_{l+1} \geq 0; f_l + f_{l+1} = 1. \quad (4)$$

(3)式说明大角动量分波的杂化对 η 的贡献权重较大. 注意到原子球体积

$$\Omega = \frac{4}{3} \pi S^3 = V/N$$

则有

$$\frac{\partial \ln \eta}{\partial \ln V} \simeq -\frac{4}{3} + \frac{\partial \ln \langle f_l f_{l+1} \rangle}{\partial \ln V}. \quad (5)$$

考虑到(4)式我们知道, 当 f_l 或 f_{l+1} 中有一个特别小时, $\ln \langle f_l f_{l+1} \rangle$ 随 f_l 的变化将特别剧烈. 对于导带中同时含有多个不同角动量分波的情况有

$$\eta = \sum_{l=0}^{\infty} \eta_{l,l+1} \simeq \Omega^{-4/3} \sum_{l=0}^{\infty} C_{l,l+1} \langle f_l f_{l+1} \rangle, \quad (6)$$

于是

$$\frac{\partial \ln \eta}{\partial \ln V} \simeq -\frac{4}{3} + \sum_{l=0}^{\infty} \frac{\eta_{l,l+1}}{\eta} \frac{\partial \ln \langle f_l f_{l+1} \rangle}{\partial \ln V}. \quad (7)$$

因为一般情况 f_l 随角动量 l 增大很快地趋于零, 所以对于大的角动量 l 常有 $f_{l+1} \ll f_l$, 这样 $\ln \langle f_l f_{l+1} \rangle$ 变化就会比较剧烈. 因此(7)式告诉我们, 在压力改变导带杂化的情况下, 大角动量小分波的变化对 $\partial \ln \eta / \partial \ln V$ 的影响比较重要.

为什么 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 与 HfV_2 相比会有原则差异呢? 近年来表面物理的研究发现, 处于样品表面的原子与位于体内的原子由于配位数不同及周围价电子分布不同而引起壳层电子的束缚能级产生偏移^[11]. 这说明导带状态对内壳层电子有作用. 同样也可以合理地预期壳层电子对导带状态也会有反作用, 影响导带电子的运动状态包括其角动量杂化情况, 在某些情况下可能增强导带的杂化从而提高 T_c . 从壳层电子可能影响导带杂化状态的观点出发可以理解 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 与 HfV_2 的原则差异.

Hf 原子与 Zr 原子虽同属 IV B 族, 外层电子状态极其相似, 其原子体积也很相近, 但是 Hf 原子内有一个 Zr 所没有的封闭的 4f 电子壳层. 由于在同一个原子球内电子波函数正交化的要求, Hf 的 4f 封闭壳层对 Hf 原子球中的 5d 传导电子的 d-f 杂化作用是很小的, 但是它却有可能增强邻近的 Zr 原子球内的 4d 传导电子的 4d-4f 杂化. 我们认为这正是 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 区别于 HfV_2 的一个根本特点. 可以合理地推想 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 的 T_c 高于 HfV_2 或 ZrV_2 的部分原因正是来自 Hf-Zr 相邻对导带杂化的贡献. 用 Ta 部分取代 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 中的 Hf 时, 这种相邻原子间可能的 4d-4f 杂化将受到影响. 因为 Ta 原子与 Hf 原子的区别除价电子数不同外还在于 Ta 的核电荷数大于 Hf 的, 因此 Ta 的 4f 壳层缩得更小更紧, 所以其 4f 壳层与邻近的 Zr 原子中的 4d 电子作用也就相应小一些, 这样相应削弱了杂化降低了 T_c . 如果这种解释正确, 那么在高压情况下外界的高压条件使原子间距缩小, 相应弥补了 Ta 的 4f 壳层较小的缺点, 将使 Ta 的价电子较多的这一长处可

以显示出来,使 Ta 的添加处于有利于 T_c 升高的地位. 我们的实验正是观察到了这个现象.

近年来有些第六周期的元素由于在超导电性方面十分特殊,引起了人们广泛的兴趣.

Cs 是唯一在低温高压下显示出具有超导电性的碱金属元素. 在 125kbar 下 Cs V 相的 $T_c \sim 1.5\text{K}$ ^[12]. 与之对照的情况是该族第五周期元素 Rb 直至 140kbar 温度降至 0.045 K 仍未发现超导转变^[13]. 人们猜测 Cs 显示超导电性可能是由于在高压下 Cs 的传导电子显示出 $4f$ ^[13] 或 $5d$ ^[14] 的特征.

Ba 也是在高压下才变成超导体的元素^[12], 并且有正压力效应. 在 85kbar 时 $T_c \sim 1.5\text{K}$. 有人认为 Ba 在高压下显示出的超导电性来之于 $4f$ 杂化^[12], 也有人认为是 $p-d$ 杂化增强的结果^[15].

La 是高压下超导转变温度最高的纯元素, 在 220kbar 下, $T_c \sim 13\text{K}$ ^[16]. 从 La 的能带计算结果可以读出在高压下费密面处 f 分波成分有所增加^[17].

从上面的几个例子可以看到比较少见的 T_c 随压强变化剧烈的情况似乎都是与高压使导带中原来含量很小的某种高角动量成分 (Cs, Ba 是 $4f$ 或 $5d$; La 是 $4f$ 成分) 增强有关, 这与我们提出的(7)式是一致的. 由于(7)式中所包含的各项物理量都可以从能带计算中得到, 因此它也提供了一个把实验测得的压力效应数据与能带计算结果联系起来的途径, 这也是我们着手做的工作.

五、结 论

由于各向同性的流体静压强对样品的作用比较单纯, 所以对压力效应的观察是揭示固体物理问题本质的一个有效手段. 把超导转变的压力效应与合金化效应结合起来研究有助于深入认识合金超导电性的实质.

Ta 加入 $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{V}_2$ 使常压下的 T_c 下降(与 Ta 加入 HfV_2 的情况正好相反), 却使高压下加 Ta 样品的 T_c 高于不加 Ta 的样品. 这个现象可以用 $4f$ 电子封闭壳层对相邻原子导带的相互作用和高压影响导带杂化进而影响 T_c 的观点加以解释.

本文提出一个用导带杂化情况来统一描述 $\eta \equiv N(0)\langle I^2 \rangle$ 随压力变化规律的关系式. 这个关系式明显地反映出导带中含量不多的高角动量成分对 $\partial \ln \eta / \partial \ln V$ 可能有较大贡献. 这能合理地解释近年来发现的一些元素(如 Cs, Ba, La 等) T_c 随压力剧增的现象.

由杂化能带理论得到的描述 η 的公式得到的 T_c 压力效应关系式, 能较好地解释很多实验结果, 这说明上述描述 η 的公式确实反映了一些本质问题, 从而预示提高超导 T_c 有可能通过提高导带杂化的途径来实现.

本实验使用的 C-15 样品为冶金工业部有色金属研究总院郑志涛、陆凌孚、徐云辉所提供; 美国 Houston 大学朱经武教授对高压实验给予了指导; 低温高压实验工作曾与中国科学院物理研究所朱元贞、邵岫渝进行过有益的讨论, 特此表示感谢.

参 考 文 献

- [1] R. I. Boughton, J. L. Olsen, C. Palmy, *Progress in Low Temperature Physics*, **6**(1970), 199.
- [2] J. W. Garland, K. H. Bennemann, *Superconductivity in d- and f- Band Metals*, (1972), p. 255.
- [3] C. W. Chu, *High-Pressure and Low-Temperature Physics*, (1978), p. 359.
- [4] K. Inoue *et al.*, *IEEE, Mag-15*(1979), 635.
- [5] A. C. Lawson, *Phys. Rev. B*, **17**(1978), 1136.
- [6] T. F. Smith *et al.*, *J. Phys. F*, **3**(1973), 2157.
- [7] J. W. Hafstrom *et al.*, *Phys. Rev. B*, **17**(1978), 2892.
- [8] B. A. Марченко, B. M. Половово, *Ж.Э.Т.Ф.*, **78**(1980), 1062.
- [9] M. J. Clark *et al.*, *J. Low Temp. Phys.*, **32**(1978), 495.
- [10] 尹道乐等, *物理学报*, **28**, (1979), 841.
- [11] A. Rosengren *et al.*, *Phys. Rev. B*, **22**(1980), 3706.
- [12] J. Willing, *Phys. Rev. Lett.*, **24**(1970), 812.
- [13] K. Ullrich *et al.*, *Pro. Conf. of Low. Temp.* **15**, C6-463.
- [14] G. M. Stocks *et al.*, *J. Phys. F*, **2**(1972), L 123.
- [15] J. C. Duthie *et al.*, *Solid State Commun.*, **27**(1978), 613.
- [16] H. Balster *et al.*, *J. Low Temp. Phys.*, **21**(1975), 382.
- [17] D. Glotzel *et al.*, *Phys. Stat. Sol. (b)*, **88**(1978), 639.

STUDY ON PRESSURE DEPENDENCE OF SUPERCONDUCTIVITY OF C-15 LAVES PHASE ALLOYS: (Hf, Zr, Ta)V₂ AND (Hf, Zr, Nb)V₂ SYSTEM

XIONG GUANG-CHENG YIN DAO-LE

(Department of Physics, Peking University)

ABSTRACT

The superconducting transition temperatures, T_c , and their pressure dependences $\partial T_c / \partial P$ of some C-15 Laves phase compounds, $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ ($x \leq 0.2$) and $(\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5-x}\text{Nb}_x)\text{V}_2$ ($x \leq 0.2$) system, have been studied. A description of the experimental apparatus and results is given. Unlike the cases of $(\text{Hf}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ and $(\text{Zr}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$, introduction of Ta in $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5-x}\text{Ta}_x)\text{V}_2$ depresses T_c but causes a remarkable higher $\partial T_c / \partial P$. So the superconducting transition temperature T_c of $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.45}\text{Ta}_{0.05})\text{V}_2$ is higher than that of $(\text{Zr}_{0.5}\text{Hf}_{0.5})\text{V}_2$ at high pressure. In view of the band theory method with angular momentum representation, a new relation for the pressure dependence of electron-phonon coupling (i.e. $\partial \ln \eta / \partial \ln V$) is derived. It emphasized the relative importance of high angular-momentum-partials variation of the conduction band electron wave function on $\partial \ln \eta / \partial \ln V$. This formulation is helpful in understanding the above-mentioned experimental results and also gives a reasonable explanation to the facts that T_c of some elements, e. g. Cs, Ba and La, are substantially enhanced by pressure.