



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105839056 B

(45)授权公告日 2018.08.31

(21)申请号 201610186647.7

审查员 刘德全

(22)申请日 2016.03.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105839056 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(73)专利权人 中国科学院电工研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村北二条6号

(72)发明人 徐中堂 马衍伟 原蒲升

(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司 11251

代理人 关玲

(51)Int.Cl.

G23C 14/28(2006.01)

G23C 14/06(2006.01)

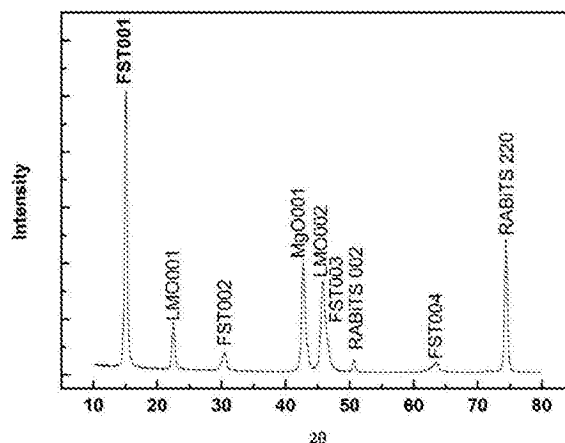
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种铁基化合物超导薄膜的制备方法

(57)摘要

一种铁基化合物超导薄膜的制备方法。把铁基超导化合物靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,在真空度低于 9×10^{-5} Pa的环境下,以脉冲激光熔融铁基超导化合物靶材,并在加热的金属基带上沉积成膜。沉积过程中靶材和金属基带保持有距离;靶材和金属基带两者均保持自转。沉积完成后,降温至环境温度,形成铁基化合物超导薄膜。所述的金属基带为IBAD或RABiTS;金属基带的加热温度为 $350^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$,沉积时间为 $50 \sim 200$ 分钟,真空度低于 9×10^{-5} Pa,激光能量密度为每脉冲 $100\text{mJ} \sim 350\text{mJ}$,靶材与金属基带之间的距离为 $3.5\text{cm} \sim 5.5\text{cm}$ 。所述的铁基超导化合物靶材为 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x, 0.1 < x < 0.9$ 或 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2, 0.05 < x < 0.9$ 或 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2, 0.1 < x < 0.9$ 。



1. 一种铁基化合物超导薄膜的制备方法,其特征在于所述的制备方法步骤如下:

把铁基超导化合物靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,在真空度低于 9×10^{-5} Pa的环境下,以脉冲激光熔融铁基超导化合物靶材,在加热的金属基带上沉积成膜;沉积过程中靶材和金属基带保持有距离;靶材和金属基带两者均保持自转;沉积完成后,降温至环境温度,形成铁基化合物超导薄膜;

所述的金属基带为IBAD或RABiTS;

金属基带的加热温度为 $350^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$,沉积时间为 $50 \sim 200$ 分钟,真空度低于 9×10^{-5} Pa,激光能量密度为每脉冲 $100\text{mJ} \sim 350\text{mJ}$,靶材与金属基带之间的距离为 $3.5\text{cm} \sim 5.5\text{cm}$;

所述的铁基超导化合物靶材为 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$, $0.1 < x < 0.9$ 或 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$, $0.05 < x < 0.9$ 或 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$, $0.1 < x < 0.9$ 。

2. 根据权利要求1所述的铁基化合物超导薄膜的制备方法,其特征在于:在沉积过程中,所述金属基带的自转速度为每分钟 $5^{\circ} \sim 40^{\circ}$,铁基超导化合物靶材的自转速度为每分钟 $5^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

一种铁基化合物超导薄膜的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种铁基化合物超导薄膜的制备方法。

背景技术

[0002] 铁基超导材料是日本东京工业大学Hosono教授研究组于2008年首先在La $[O_{1-x}F_x]$ FeAs ($x=0.05-0.12$)材料[Iron-based layered superconductor La $O_{1-x}F_x$ FeAs ($x=0.05-0.12$) with $T_c=26K$. J. Am. Chem. Soc. 130, 3296-3297 (2008)]中报道的,具有26K的超导转变温度。目前已在至少7中典型铁基材料结构中发现了超导电性,分别为“11”(FeSe及其掺杂),“111”(LiFeAs, NaFeAs),“122”((Ba, Sr, Ca)Fe $_2$ As $_2$),“1111”(REFeAsO, RE=稀土元素),“32522”(Sr $_3$ Sc $_2$ O $_5$ Fe $_2$ As $_2$),“42622”(Sr $_4$ V $_2$ O $_6$ Fe $_2$ As $_2$)和“43822”(Ca $_4$ Mg $_3$ O $_8$ Fe $_2$ As $_2$)等。铁基超导材料是继铜氧化物高温超导材料发现之后,又一次高温超导材料的发现,对高温超导的物理机制问题和应用领域产生了巨大影响。研究表明铁基超导材料具有非常高的上临界场、不可逆场以及较小的各向异性,因此可以预期铁基超导材料在强电和弱电领域具有非常好的应用前景。

[0003] 高质量超导薄膜是超导器件应用及长线制备的基础。目前高质量铁基超导薄膜制备方法以分子束外延方法为主,该方法在超高真空条件下,通过加热不同元素形成蒸气,在单晶基底上沉积成膜。但分子束外延技术制备超导薄膜需要高质量单晶作为生长基底,而单晶材料成本昂贵、生长工艺复杂,不适合大规模批量化生产及应用,且分子束外延设备成本昂贵难以推广。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术的缺点,提出一种铁基化合物超导薄膜的制备方法。

[0005] 本发明采用成本低廉的金属基带代替成本昂贵的单晶基底来生长铁基超导薄膜,并克服了金属基带结晶性、取向性差的缺点,可以在金属基带上制备出高质量的铁基化合物超导薄膜。本发明以脉冲激光外延沉积铁基化合物超导薄膜,激光脉冲外延以脉冲激光熔融铁基超导化合物靶材,在激光作用下,将铁基超导化合物靶材溅射出余辉,余辉在金属基带上沉积成膜。本发明所制备的铁基超导薄膜能够实现实用化千米量级铁基化合物超导长线带材的制备,以及基于铁基超导长线带材线圈的制备,所制备的薄膜具有非常高的临界电流密度,可以满足 $10^5 A/cm^2$ 的实用化要求,具有非常好的结构特征,面内面外取向显著。

[0006] 本发明工艺步骤如下:

[0007] 把制备好的铁基超导化合物靶材放入脉冲激光外延沉积系统中;在真空度低于 $9 \times 10^{-5} Pa$ 的环境下,以脉冲激光熔融铁基超导化合物靶材,并在加热的金属基带上沉积成膜。沉积过程中靶材和金属基带保持有距离;靶材和金属基带两者均保持自转;沉积完成后,降温至环境温度,形成铁基化合物超导薄膜。

[0008] 所述的金属基带为IBAD或RABiTS。

[0009] 所述的金属基带的加热温度为350℃~950℃,沉积时间为50~200分钟,真空度低于 9×10^{-5} Pa,激光能量密度为每脉冲100mJ~350mJ,靶材与金属基带之间的距离为3.5cm~5.5cm。

[0010] 所述的金属基带的自转速度为每分钟 5° ~ 40° ,靶材的自转速度为每分钟 5° ~ 45° 。

[0011] 所述的铁基超导化合物靶材为 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$, $0.1 < x < 0.9$ 或 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$, $0.05 < x < 0.9$ 或 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{Px})_2$, $0.1 < x < 0.9$ 。

附图说明

[0012] 图1为实施例1所制备的铁基化合物超导薄膜的X射线衍射图谱;

[0013] 图2为实施例5所制备的铁基化合物超导薄膜的电阻-温度曲线。

具体实施方式

[0014] 实施例1

[0015] 将 $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 5×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为400℃,激光能量设定为每脉冲320mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 15° 的自转速率,RABiTS保持每分钟 25° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积180分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0016] 本实施例制备的 $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ 铁基化合物超导薄膜的X射线衍射图谱如图1所示。如图1所示,本实施例制备的 $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ 铁基化合物超导薄膜没有其他杂相,说明面外取向性好。

[0017] 实施例2

[0018] 将 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05})_2\text{As}_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 2×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为750℃,激光能量设定为每脉冲350mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 25° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 30° 的自转速率,靶材与RABiTS之间距离保持在4.5cm。沉积120分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 10°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0019] 实施例3

[0020] 将 $\text{FeSe}_{0.1}\text{Te}_{0.9}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延系统抽真空至 7×10^{-6} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为450℃,激光能量设定为每脉冲300mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 10° 的自转速率,IBAD保持每分钟 20° 的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间距离保持在5cm。沉积150分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 15°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0021] 实施例4

[0022] 将Ba(Fe_{0.9}Co_{0.1})₂As₂铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 1×10^{-6} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为750℃,激光能量设定为每脉冲330mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在IBAD金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟20°的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟40°的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间距离保持在3.5cm。沉积160分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0023] 实施例5

[0024] 将FeSe_{0.5}Te_{0.5}铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 8×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为420℃,激光能量设定为每脉冲300mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟25°的自转速率,RABiTS每分钟保持35°的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积200分钟后,沉积完毕,然后以5℃每分钟的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0025] 本实施例制备的FeSe_{0.5}Te_{0.5}铁基化合物超导薄膜的电阻-温度曲线如图2所示。如图2所示,本实施例所制备的FeSe_{0.5}Te_{0.5}铁基化合物超导薄膜具有较高的转变温度,能够达到17.2K。

[0026] 实施例6

[0027] 将BaFe₂(As_{0.7}P_{0.3})₂铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 1×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为700℃,激光能量设定为每脉冲320mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟5°的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟10°的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间距离保持在4cm。沉积170分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0028] 实施例7

[0029] 将FeSe_{0.9}Te_{0.1}铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 2×10^{-7} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为350℃,激光能量设定为每脉冲300mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟10°的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟15°的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在3.5cm。沉积100分钟后,沉积完毕,然后以每分钟15℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0030] 实施例8

[0031] 将Ba(Fe_{0.925}Co_{0.075})₂As₂铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 3×10^{-6} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为725℃,激光能量设定为每脉冲340mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在IBAD金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟20°的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟40°的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在3.5cm。沉积160

分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0032] 实施例9

[0033] 将 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.1}\text{P}_{0.9})_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 4×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为800℃,激光能量设定为每脉冲350mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟30°的自转速率,RABiTS保持每分钟25°的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在5.5cm。沉积50分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0034] 实施例10

[0035] 将 $\text{FeSe}_{0.1}\text{Te}_{0.9}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 5×10^{-7} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为375℃,激光能量设定为每脉冲200mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟45°的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟45°的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在5cm。沉积50分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0036] 实施例11

[0037] 将 $\text{FeSe}_{0.6}\text{Te}_{0.4}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 6×10^{-7} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为400℃,激光能量设定为每脉冲250mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟30°的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟5°的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在3.5cm。沉积120分钟后,沉积完毕,然后以每分钟5℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0038] 实施例12

[0039] 将 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.6}\text{P}_{0.4})_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 7×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为850℃,激光能量设定为每脉冲350mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟5°的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟40°的自转速率,靶材与RABiTS之间的距离保持在5.5cm。沉积150分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0040] 实施例13

[0041] 将 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.9}\text{Co}_{0.1})_2\text{As}_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 8×10^{-6} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为900℃,激光能量设定为每脉冲275mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在IBAD金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟15°的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟30°的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在4cm。沉积200分钟后,沉积完毕,然后以每分钟10℃的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超

导薄膜。

[0042] 实施例14

[0043] 将 $\text{FeSe}_{0.8}\text{Te}_{0.2}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 8×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 450°C ,激光能量设定为每脉冲330mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 20° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 40° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积170分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0044] 实施例15

[0045] 将 $\text{FeSe}_{0.8}\text{Te}_{0.2}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 9×10^{-7} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为 425°C ,激光能量设定为每脉冲275mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 30° 的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟 45° 的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在5.5cm。沉积180分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0046] 实施例16

[0047] 将 $\text{FeSe}_{0.3}\text{Te}_{0.7}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 9×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 375°C ,激光能量设定为每脉冲320mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 25° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 30° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积190分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0048] 实施例17

[0049] 将 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9})_2\text{As}_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 3×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 950°C ,激光能量设定为每脉冲300mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 20° 的自转速率,RABiTS金属基带保持 15° 每分钟的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积140分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0050] 实施例18

[0051] 将 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.6}\text{P}_{0.4})_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 4×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 900°C ,激光能量设定为每脉冲340mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 30° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 20° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积150分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 10°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备

得到铁基化合物超导薄膜。

[0052] 实施例19

[0053] 将 $\text{FeSe}_{0.7}\text{Te}_{0.3}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 $9 \times 10^{-7}\text{Pa}$,RABiTS金属基带加热温度设定为 400°C ,激光能量设定为每脉冲 310mJ 。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 25° 的自转速率,RABiTS保持每分钟 10° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在 4cm 。沉积160分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0054] 实施例20

[0055] 将 $\text{FeSe}_{0.8}\text{Te}_{0.2}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 $6 \times 10^{-6}\text{Pa}$,IBAD金属基带加热温度设定为 410°C ,激光能量设定为每脉冲 280mJ 。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 5° 的自转速率,IBAD金属基带保持 15° 每分钟的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在 5cm 。沉积170分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0056] 实施例21

[0057] 将 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_2\text{As}_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 $7 \times 10^{-6}\text{Pa}$,IBAD金属基带加热温度设定为 925°C ,激光能量设定为每脉冲 350mJ 。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在IBAD金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 10° 的自转速率,IBAD保持每分钟 5° 的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在 4.5cm 。沉积60分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0058] 实施例22

[0059] 将 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.5}\text{P}_{0.5})_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 $8 \times 10^{-6}\text{Pa}$,IBAD金属基带加热温度设定为 875°C ,激光能量设定为每脉冲 340mJ 。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在IBAD金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 15° 的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟 40° 的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在 4cm 。沉积80分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0060] 实施例23

[0061] 将 $\text{FeSe}_{0.2}\text{Te}_{0.8}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 $9 \times 10^{-6}\text{Pa}$,IBAD金属基带加热温度设定为 350°C ,激光能量设定为每脉冲 100mJ 。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 15° 的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟 45° 的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在 4cm 。沉积200分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 每分钟的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0062] 实施例24

[0063] 将 $\text{FeSe}_{0.6}\text{Te}_{0.4}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 2×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 425°C ,激光能量设定为每脉冲150mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 20° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 40° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在3.5cm。沉积170分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0064] 实施例25

[0065] 将 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_2\text{As}_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 1×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 750°C ,激光能量设定为每脉冲350mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 25° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 15° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在5cm。沉积90分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0066] 实施例26

[0067] 将 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.1}\text{P}_{0.9})_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 9×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 800°C ,激光能量设定为每脉冲330mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 10° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 30° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在3.5cm。沉积100分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 10°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0068] 实施例27

[0069] 将 $\text{FeSe}_{0.2}\text{Te}_{0.8}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 8×10^{-7} Pa,IBAD金属基带加热温度设定为 380°C ,激光能量设定为每脉冲200mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至IBAD金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 30° 的自转速率,IBAD金属基带保持每分钟 10° 的自转速率,靶材与IBAD金属基带之间的距离保持在4cm。沉积110分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0070] 实施例28

[0071] 将 $\text{FeSe}_{0.3}\text{Te}_{0.7}$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 7×10^{-6} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 390°C ,激光能量设定为每脉冲225mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 25° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 15° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积120分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0072] 实施例29

[0073] 将 $\text{BaFe}_2(\text{As}_{0.9}\text{P}_{0.1})_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 6×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 825°C ,激光能量设定为每脉冲330mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 5° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 35° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积140分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 10°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

[0074] 实施例30

[0075] 将 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05})_2\text{As}_2$ 铁基化合物超导靶材放入脉冲激光外延沉积系统中,将脉冲激光外延沉积系统抽真空至 5×10^{-7} Pa,RABiTS金属基带加热温度设定为 875°C ,激光能量设定为每脉冲320mJ。用脉冲激光熔融靶材,溅射出的余辉扩散至RABiTS金属基带上,在RABiTS金属基带上沉积成铁基化合物超导薄膜。溅射过程中靶材保持每分钟 15° 的自转速率,RABiTS金属基带保持每分钟 20° 的自转速率,靶材与RABiTS金属基带之间的距离保持在4cm。沉积150分钟后,沉积完毕,然后以每分钟 5°C 的降温速率降温至环境温度,最终制备得到铁基化合物超导薄膜。

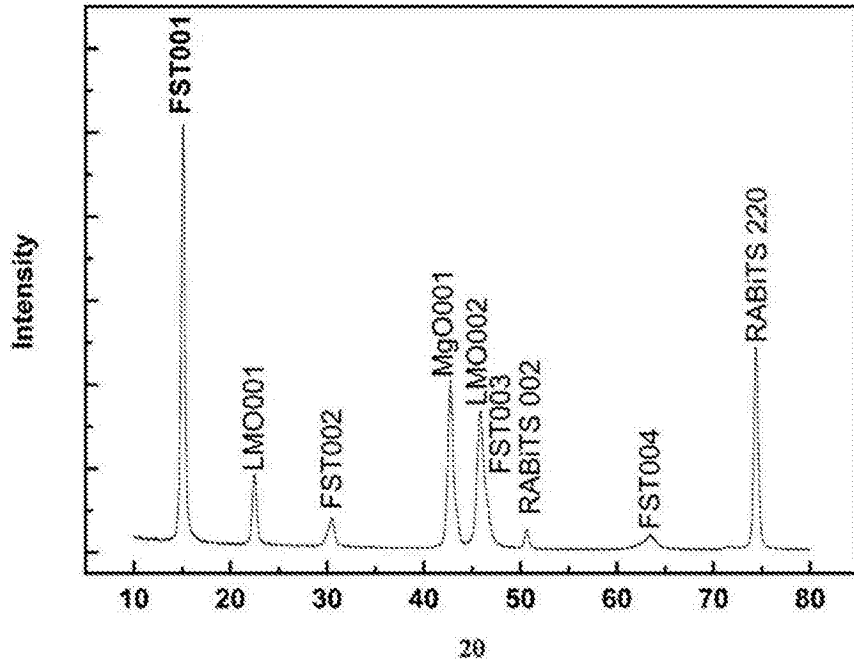


图1

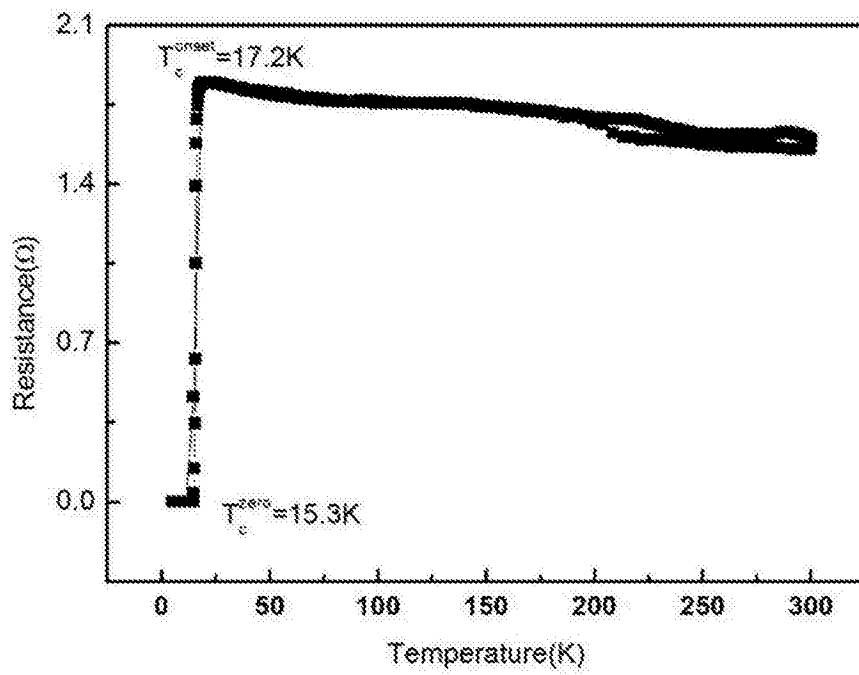


图2