

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24246007

研究課題名(和文)高品位鉄系超伝導薄膜を用いた超伝導接合技術の確立

研究課題名(英文)High quality thin films of iron-based superconductors and the fabrication technology of superconducting junctions

研究代表者

生田 博志(Hiroshi, Ikuta)

名古屋大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30231129

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 35,500,000円

研究成果の概要(和文):近年発見された鉄系超伝導体は、新規高温超伝導材料として注目されている。本研究ではこれらの系の高品位薄膜の成長と、それを用いた様々な接合作製に取り組んだ。その結果、超伝導転移温度(T_c)が最も高いNdFeAs(O,F)では膜質が大幅に向上するとともに、 T_c は少し低いものの結晶性が非常に高いBaFe₂(As,P)₂では幅広い組成の薄膜を実現した。また、CaFe₂(As,P)₂系の薄膜成長にも初めて成功した。一方、これらの薄膜の粒界接合の作製に成功し、その粒界特性を明らかにした。さらに、積層型接合に向けて平坦なCaF₂バリア層を形成する手法を開発するとともに、ヘテロ接合などの作製も行った。

研究成果の概要(英文):The recently discovered iron-based superconductors are attracting the attention of many researchers because they are forming a new family of high temperature superconductors. In this project, we have studied thin film growth of these materials and the fabrication of several superconducting junctions. We have improved significantly the film quality of NdFeAs(O,F), which has the highest transition temperature (T_c) among the iron-based superconductors discovered so far. For BaFe₂(As,P)₂, which has a somewhat lower T_c but very high crystalline quality, we succeeded in the growth of thin films for the whole composition range. Thin films of CaFe₂As₂-based materials were also grown for the first time. Using these thin films, we have fabricated grain boundary junctions, and studied the junction properties. A method to form a smooth CaF₂ barrier for the fabrication of planar type junctions was developed, and we also studied the growth of stacked hetero-junctions based on BaFe₂(As,P)₂.

研究分野：超伝導工学・電子物性

キーワード：超伝導材料 分子線エピタキシー法 鉄系超伝導体 低温物性 エピタキシャル成長

1. 研究開始当初の背景

2008 年以来、鉄砒素系および鉄カルゴゲナイト系の様々な物質で高い超伝導転移温度 (T_c) を有する超伝導体が相次いで発見され、新たな高温超伝導体として期待されている。最高の T_c は、現時点で 55 K を超えており、従来型の金属超伝導体の理論である BCS 理論の予想を優に超えている。そのため、これらの系の超伝導発現機構を明らかにすることで、さらに高い T_c を有する新たな高温超伝導体を発見する手がかりが得られるものと期待されている。また、鉄系超伝導体の T_c は、銅酸化物の高温超伝導体よりも現状ではまだ低いものの、物質化学的に大きく異なる系であることから、銅酸化物超伝導体の抱える材料学的な困難、例えば超伝導接合を形成する時に界面が容易に還元されること、などを回避できる可能性がある。そのため、これら鉄系超伝導体は大きな注目を集めている。

超伝導体には幅広い応用が期待されるが、その重要な分野の一つが超伝導エレクトロニクスである。具体的な応用には様々な素子形態が考えられるが、2 つの超伝導体を、バリア層を介して弱結合したジョセフソン素子が基本となる。また、超伝導体と金属を、バリア層を介して接合した素子を用いてトンネル分光測定を行うことで、超伝導発現機構に直結する情報が得られるものと期待される。このように、超伝導接合を作製する技術の確立は、応用、基礎の両面から、重要である。これらの超伝導接合を形成するには、まずその舞台となる高品位の超伝導薄膜が必要である。本研究開始当初には、既に、世界的に鉄系超伝導体の薄膜成長の研究が展開されていた。我々自身も、鉄系超伝導体の中でも T_c が最も高い、いわゆる 1111 系の NdFeAs(O,F) の超伝導薄膜の成長に、世界で初めて成功していた。しかし、これらの薄膜には、良好な超伝導接合を作製する上でまだ課題も多く残されていた。また、我々は結晶性の非常に高い BaFe₂(As,P)₂ の薄膜成長にも初めて成功していたが、組成はまだ限られていた。一方、超伝導接合の作製は、研究開始当初にも既にいくつかのグループでの試みが報告されていたが、まだ緒に就いたばかりであり、特に薄膜試料上に絶縁層バリアを成膜して超伝導接合を作製する試みは非常に限られていた。

2. 研究の目的

既に述べたように、超伝導接合を作製する技術の確立は、応用、基礎の両面から、非常に重要である。そのためには、これらの接合を形成する舞台となる高品位な超伝導薄膜が必要であり、さらに良好なバリア層の形成、それらの薄膜を微細加工する技術などを確立する必要がある。そこで、本研究では、鉄系超伝導体薄膜の高品位化と、これらを用いた超伝導接合の作製を目的に取り組んだ。薄膜成長では、既に鉄系超伝導体の中でも最も

T_c の高い NdFeAs(O,F) の超伝導薄膜が得られていたが、表面平坦性や結晶性が超伝導接合に十分とは言えないため、これらの向上に取り組んだ。さらに、この系は超伝導発現にはフッ素ドーピングが必要であるが、これまでに開発していた手法では接合作製上制約が大きいため、その改善にも取り組んだ。一方、研究開始当初には BaFe₂(As,P)₂ の薄膜成長にも成功し、NdFeAs(O,F) より T_c が低いものの結晶性に優れていることがわかっていった。しかし、まだ P 組成や、用いた基板が限られていたため、より幅広い条件での薄膜成長に取り組んだ。さらに、高い T_c を持つ可能性が指摘されながら、これまで薄膜試料の得られていなかった CaFe₂As₂ 系についても薄膜成長に取り組んだ。一方、超伝導接合については、双晶基板を利用した粒界接合と、超伝導体/絶縁体/金属もしくは超伝導体の 3 層積層型の接合作製に向けた研究に取り組んだ。接合作製では、超伝導薄膜成長後に真空を破ることなく、その場(in-situ)で必要な積層構造を形成することが理想であるため、それに向けた取組みとして、平坦な絶縁層を in-situ で形成する手法を開発し、その上に対向電極の超伝導層を成膜した。しかし、in-situ 法では形成できる接合形態に制約があるため、より簡便な手法として、超伝導薄膜成長後にこれを真空槽外に取り出し、微細加工を行い、絶縁層や対向電極を形成する手法(ex-situ 法)にも取り組んだ。

3. 研究の方法

薄膜成長には分子線エピタキシー(MBE)法を用いた。NdFeAs(O,F) では主に、NdF₃、Fe、As を原料に、これらを Knudsen cell (K-cell) で供給した。一部の薄膜では、NdF₃ に代わり、Nd 単体も用いた。また、NdF₃ を原料とすると F が供給過剰になるために、Ga を F ゲッターとして用いた。酸素源には、主に Fe₂O₃ を用いたが、一部の薄膜には酸素ガスをを用いた。一方、BaFe₂(As,P)₂ の成膜には、Ba、Fe、As および GaP を原料として K-cell で供給した。このうち、GaP は、Ga と P の蒸気圧が大きく異なることを利用して、Ga をトラップしてほぼ純粋な P の分子線を得た。また、CaFe₂As₂ 系薄膜成長では、母相薄膜に加え、P や Nd をドーピングすることで超伝導薄膜を成長した。これらの成長には、Ba に代わり、Ca および Nd を原料とした。

一方、粒界接合の作製には、主に MgO の双晶基板を用いて、この上に薄膜をエピタキシャル成長した。得られた双晶の薄膜は、フォトリソグラフィおよびイオンミリングにより、幅 10 ~ 40 μm のブリッジ状に加工して粒界接合を作製した。また、in-situ での絶縁層成長には CaF₂ を原料とし、これを K-cell で供給した。さらに、ex-situ での接合作製には、上記の微細加工法に加え、蒸着プロセスを用いて接合を作製した。

4. 研究成果

(1) NdFeAs(O,F)薄膜の高品位化のために、主に、表面平坦性の向上、結晶性の向上、およびフッ化物バッファ層を要しない直接成長法の開発に取り組んだ。この系では、薄膜の表面平坦性が成膜条件に非常に強く依存することが、研究開始当初から判明していた。薄膜の表面平坦性が悪いと、超伝導接合の界面における乱れが大きくなり、良好な特性が得られない恐れがある。そこで、母相のNdFeAsO薄膜を様々な条件で成膜したところ、特に酸素供給量が表面平坦性に大きく影響することがわかった。その最適化を慎重に行った結果、最適な条件でMgO基板上に成膜した時に、二乗平均粗さ(RMS)が0.55 nmの、非常に平坦な薄膜が得られることがわかった。

さらに、NdFeAs(O,F)薄膜の結晶性向上にも取り組んだ。特に、基板加熱部を改造することで、研究開始当初よりも高温の、800程度まで成膜温度を上げることが可能になった。その結果、例えば(003)ロックアップの半値幅が600で成膜した薄膜の5分の1以下にまで改善するなど、結晶性が大きく向上することがわかった。

一方、NdFeAs(O,F)は鉄系超伝導体で T_c が最も高い系であるが、超伝導化するために必須である、フッ素ドーピングが困難という問題がある。これまでの薄膜成長では、まず母相のNdFeAsO薄膜を成長し、この上に、NdOFを成長し、このフッ化物層からフッ素を下地のNdFeAsOに拡散させることで、超伝導体のNdFeAs(O,F)を得ていた。しかし、この方法では、最上層が超伝導組成でないために、これをイオンミリング等で取り除かないと、積層型の超伝導接合を形成することが出来ない。そのため、その場(in-situ)での積層構造の作製が出来ないなど、接合形成上の制約が大きい。そこで、本研究では様々な手法を試みた結果、まず、母相のNdFeAsOをバッファ層とすることで、その上にフッ素ドーピングした薄膜を直接成長できることがわかった。さらに、マイグレーションを上げるなど、成膜条件を再検討した結果、バッファ層を用いずに単相のフッ素ドーピング薄膜を得ることも可能になった。これらの手法で成長した薄膜は最上層まで超伝導相であるため、これにより、積層型超伝導接合の作製が可能になったと言える。

(2) BaFe₂(As,P)₂については、研究開始当初に既に一部の組成の薄膜成長には成功していた。そこで、本研究ではいくつかの基板上に薄膜成長を行い、特に良好な結果を得たLaAlO₃およびMgO基板上に、幅広くP組成を変化させた薄膜を成長した。その結果、全組成範囲で単相c軸配向膜を得た。図1に、これらの薄膜の T_c とP組成の関係を示す。また、同時に単結晶試料について報告されている結果も比較のために示した。この図に示さ

れているように、LaAlO₃基板上に成膜した薄膜の T_c は、単結晶で報告されているものと同様のP組成依存性を示した。しかし、MgO基板上に成膜した薄膜では、相図が系統的にシフトしている。そこで、格子定数との関係を調べたところ、これらの薄膜には面内に伸張歪がかかっていることが分かった。これは、MgOの格子定数がBaFe₂(As,P)₂の面内格子定数よりも大きいため、基板との格子不整合により説明できる。これらの結果から、この系は歪に非常に敏感であり、この歪により電子相図がシフトしたことが明らかになった。さらに、MgO基板上の薄膜の T_c が単結晶試料で報告されている最大値よりも2 K高い、転移幅も鋭い良質な薄膜が得られた。したがって、エピタキシー歪によって T_c の最大値も上昇したものと考えられる。超伝導接合の作製では、異相を積層していくため、界面で超伝導層に歪がかかる可能性がある。本研究で得られた結果は、このような超伝導接合の設計の上で重要な知見を与えるものである。

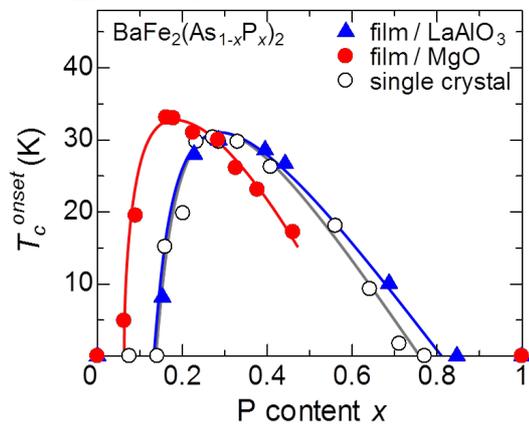


図1: LaAlO₃基板、およびMgO基板上に成膜したBaFe₂(As,P)₂薄膜の T_c のP組成依存性。比較のために文献(S. Kasahara *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 184519 (2010))に報告された単結晶の結果も示した。

(3) 本研究では、CaFe₂As₂系の薄膜成長にも取り組んだ。前項で述べたBaFe₂(As,P)₂は、結晶性が非常に高い系として知られるが、 T_c は最高で一般に31 K、本研究で見出した歪効果を用いても33 Kであり、NdFeAs(O,F)系などに比べるとやや低い。しかし、BaをCaに置換したCaFe₂As₂系では、Caサイトを一部希土類元素に置換した単結晶試料で、40 Kを超える T_c が報告されている。また、LaとPの同時置換を行うことで、体積率が上昇するとの報告もある。しかし、これまでこの系の薄膜成長は、パルスレーザー蒸着法で試みられた報告はあるものの、成功していなかった。これは、Caの蒸気圧が高いことが原因とされている。そこで、MBE法を用いてCaとFeの蒸気圧比を中心に成長条件の最適化を行ったところ、母相のCaFe₂As₂単相薄膜を初めて得ることに成功した。

続いて、様々な基板上に成膜を行ったとこ

る、(La,Sr)(Al,Ta)O₃ (LSAT)基板上に成長した薄膜が最も高い結晶性を有することがわかった。また、面内格子定数が CaFe₂As₂ より大きい基板の薄膜でも、バルク試料に比べて *c* 軸長が長いことを見出した。これは単純なエピタキシャル歪では説明できないため、透過型電子顕微鏡により詳細な構造解析を行った。その結果、基板との格子不整合により 45° ドメインが形成され、これに面内圧縮歪が加わるために *c* 軸長が伸び、さらにドメイン間の結合が強いために、結果として薄膜全体の *c* 軸長が伸びることが、基板との格子不整合性に関わらず *c* 軸長が長い薄膜が成長した理由であることが示唆された。

さらに、P を部分置換した CaFe₂(As,P)₂ の薄膜を LSAT 基板上に成長することにも成功した。得られた薄膜を調べた結果、バルク単結晶で報告されている結果と比べて、超伝導が発現する P の組成領域が異なっていること、全体的に超伝導の組成領域が広がること、これは *c* 軸長の違いでよく整理できること、などを見出した。さらに、Ca を一部 Nd で置換した (Ca,Nd)Fe₂(As,P)₂ についても薄膜成長を行い、超伝導薄膜を得ることに成功した。

(4) MgO 双晶基板上に超伝導薄膜を成長し、粒界接合を作製した。まず、BaFe₂(As,P)₂ 薄膜について成膜を行った。X 線回折で双晶基板上に成膜した薄膜を評価したところ、基板の双晶を反映して、二つのグレインがエピタキシャルに成長していることが確認できた。そこで、この二つの結晶粒にまたがるブリッジ構造を作製した。さらに、比較のために片方の結晶粒内にも同様のブリッジ構造を形成した。その後、このブリッジ構造の抵抗率の温度依存性を測定することで、試料の *T_c* が加工により影響をほとんど受けていないことを確認した。その上で、それぞれのブリッジ構造における電流電圧測定を行った。

図 2 に、*T_c* = 29.5 K の BaFe₂(As,P)₂ 薄膜を用いて作製した粒界角 24° の粒界接合の、様々な温度で測定した電流電圧特性を示す。これらの電流電圧特性を解析した結果、ジョセフソン接合で期待される RSJ モデルと、磁束フロアモデルの和でよく記述できることがわかった。また、接合抵抗は小さく、ヒステリシスが観測されないため、結晶粒界が金属的であることがわかった。一方、4 K での臨界電流密度(*J_c*)は、24° という比較的大きな粒界角にも関わらず、 1.0×10^6 A/cm² に達することがわかった。一方、単一粒内に形成したブリッジ構造の *J_c* は 7.3×10^6 A/cm² であった。このことは、BaFe₂(As,P)₂ の粒界角度依存性が銅酸化物高温超伝導体に比べて小さいことを示している。銅酸化物高温超伝導体では、*J_c* の粒界角度依存性が非常に強いために、実用的な線材を得るには高い面内配向を必要とすることが応用を難しくしている一因となっている。これに対して、BaFe₂(As,P)₂ では粒界角 24° でも高い *J_c* を有するため、この

問題がかなり緩和され、応用上有利であることがわかった。

さらに、上記の粒内 *J_c* はそれまで報告されていた他の鉄系超伝導体に比べてもかなり高いため、様々な BaFe₂(As,P)₂ 薄膜の磁化測定を行い *J_c* を求めたところ、最高で 1.2×10^7 A/cm² という非常に高い値を持つことがわかった。特に、*J_c* と試料中の鉄の過剰組成の間に相関があることがわかった。したがって、鉄、もしくは鉄を含むナノ粒子、あるいはこれによって生じる結晶歪が磁束ピン止めに寄与しているものと考えられる。

一方、NdFeAs(O,F)についても粒界接合を作製した。当初は MgO 双晶基板上に成膜した薄膜へのフッ素ドーピングの際に、フッ素が粒界に沿って優先的に拡散し、粒界近傍の結晶性が低下する問題が見られた。しかし、膜厚を厚くし、ドライエッチングにより不要部分を除去することでこの問題を回避できることがわかった。このようにして作製した粒界接合の電流電圧特性を測定し解析したところ、BaFe₂(As,P)₂ 同様、RSJ モデルと磁束フロアモデルの和でよく記述できることがわかった。また、粒界が BaFe₂(As,P)₂ 同様に金属的であることもわかった。一方、*J_c* の粒界角度依存性は、BaFe₂(As,P)₂ よりはやや強いものの、やはり銅酸化物高温超伝導体と比べると緩やかであることがわかった。既に報告例のある Ba(Fe,Co)₂As₂ も同様に銅酸化物高温超伝導体よりも粒界角依存性が弱いため、この振る舞いはこれらの鉄系超伝導体に共通していると考えられる。これは、銅酸化物高温超伝導体とは超伝導対称性が異なるためだと考えられる。

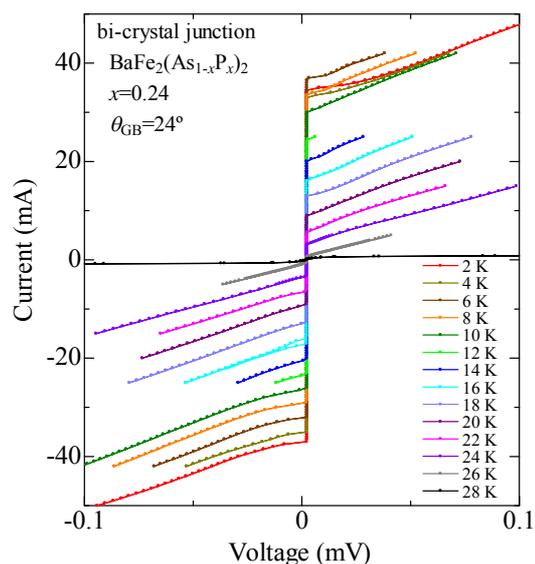


図 2: MgO 双晶基板上に作製した粒界角 24° の BaFe₂(As,P)₂ 粒界接合の、様々な温度における電流電圧特性。

(5) 積層型超伝導接合の in-situ 成長に向けた取り組みとしては、主に CaF₂ 絶縁体層の平坦化や、122 構造のヘテロ接合の作製などに取

り組んだ。前項で述べた粒界接合では、フラックスフロー電流に重畳してジョセフソン電流が観測されたが、接合抵抗が小さいため、ジョセフソン素子としての性能を上げるには、より絶縁体的なバリア層を用いることが望ましいことがわかった。この絶縁層として有望な材料として、 CaF_2 が考えられる。これは、 CaF_2 は良好な絶縁体であるうえ、 CaF_2 を基板としたときに特に良好な $\text{NdFeAs}(\text{O},\text{F})$ 薄膜が得られているためである。そこで、 NdFeAsO 薄膜上に CaF_2 層を成長した。ところが、当初成長した CaF_2 層は、図 3(a) に示すように、表面が非常に粗いことがわかった。これは、 CaF_2 の成長速度の異方性のために、 NdFeAsO 上に(100)配向して成長させると {111} 面が優先的に形成されるためだと考えられる。そこで、様々な条件で CaF_2 層を成膜したところ、比較的低温で成長後に高温アニールすると、表面が平坦化することがわかった。これは、最初から高温で成長すると NdFeAsO を十分に覆う前に粒成長が進むのに対し、低温成膜で NdFeAsO を十分に覆った後に高温アニールを行うことで表面での再配列が生じて平坦化するためだと考えられる。そこで、成長温度やアニール温度を最適化して、表面粗さが最小となる条件を調べた。また、高温アニール後に CaF_2 表面にピットの形成が見られたため、成膜レートを下げたところ、ピット形成が抑制された。この結果、図 3(b) に示すように、 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ で RMS が 0.91 nm の非常に平坦な CaF_2 層が得られた。さらに、この平坦化した CaF_2 層上に NdFeAsO 層を積層したところ、第 3 層が二次元成長していることも確認できた。

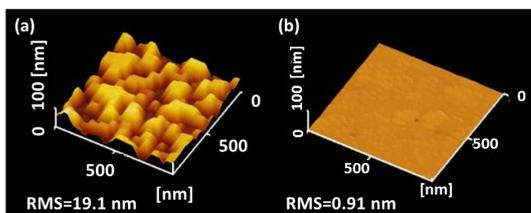


図 3 NdFeAsO 薄膜上に作製した CaF_2 層の原子間力顕微鏡(AFM)像。(a) 800 で成膜した CaF_2 層、(b) 400 で低速成膜後に 800 でアニールした CaF_2 層。

一方、超伝導組成の $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ 上に同一結晶構造のバリア層を in-situ で積層させたヘテロ接合の作製も行った。 $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ などのいわゆる 122 構造を有する化合物は多数知られているが、これらには様々な物性を示す系が含まれている。そこで、バリア材として適当な物性を有する系を選べば、結晶構造が共通であるため、界面における乱れが小さい、ヘテロ構造を形成できる可能性がある。本研究では、このモデルケースとして、良好な金属的な振る舞いを示す BaFe_2P_2 を超伝導組成の $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ 上に積層し、さらにその上に $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ を第三層として積層する、超伝導/金属/超伝導(SNS)構造を作製した。その結

果、第三層までエピタキシャルに成長することを確認することが出来た。一方で、用いた成膜条件では成膜温度が高いために、界面での相互拡散がやや大きいことも分かり、今後はこの相互拡散を抑制することが重要であることも明らかになった。

(6) 本研究では、既に述べたように、ex-situ 法にも取り組んだ。超伝導接合の作製には、真空を破らずに各層を積層する in-situ 法が理想であるが、超伝導薄膜を成長後に真空槽から取り出すことなく全ての積層を行う必要があるため、作製できる接合形態に制約がある。そこで、本研究では一部、 $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ 薄膜を用いた ex-situ での接合作製にも取り組んだ。まず、フォトリソグラフィ等による微細加工の条件出しを行ない、これらの薄膜を目的形状に微細加工する手法を確立した。その上で、 CaF_2 絶縁層および対向電極を蒸着して接合を作製した。様々な条件を変えて接合を作製・評価した結果、特に絶縁層膜厚を変えることで、一部にアンドレーエフ反射が重畳した電流電圧特性を得ることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

F. Kurth, C. Tarantini, V. Grinenko, J. Hänisch, J. Jaroszynski, E. Reich, Y. Mori, A. Sakagami, T. Kawaguchi, J. Engelmann, L. Schultz, B. Holzapfel, H. Ikuta, R. Hühne and K. Iida, Unusually high critical current of clean P-doped BaFe_2As_2 single crystalline thin film, *Appl. Phys. Lett.* 査読有、vol. **106**, 2015, 072602 (5 pages)
DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4908257>

K. Iida, F. Kurth, M. Chihara, N. Sumiya, V. Grinenko, A. Ichinose, I. Tsukada, J. Hänisch, V. Matias, T. Hatano, B. Holzapfel and H. Ikuta, Highly textured oxypnictide superconducting thin films on metal substrates, *Appl. Phys. Lett.* 査読有、vol. **105**, 2014, 172602 (4 pages)
DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4900931>

N. Sumiya, T. Kawaguchi, M. Chihara, M. Tabuchi, T. Ujihara, A. Ichinose, I. Tsukada and H. Ikuta, Growth of a smooth CaF_2 layer on NdFeAsO thin film, *J. Phys. Conf. Ser.* 査読有、vol. **507**, 2014, 012047 (4 pages)
DOI: [10.1088/1742-6596/507/1/012047](http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/507/1/012047)

T. Kawaguchi, A. Sakagami, Y. Mori, M. Tabuchi, T. Ujihara, Y. Takeda and H. Ikuta, The strain effect on the superconducting properties of $\text{BaFe}_2(\text{As},\text{P})_2$ thin films grown by molecular beam epitaxy, *Supercond. Sci. Technol.* 査読有、

vol. 27, 2014, 065005 (6 pages),
DOI: 10.1088/0953-2048/27/6/065005

A. Sakagami, T. Kawaguchi, M. Tabuchi, T. Ujihara, Y. Takeda and H. Ikuta, Critical current density and grain boundary property of $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ thin films, Physica C 査読有、vol. 494, 2013, pp. 181-184,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.physc.2013.04.047>

〔学会発表〕(計 39 件)

M. Chihara, N. Sumiya, K. Arai, T. Hatano and H. Ikuta, "MBE growth of superconducting $\text{NdFeAs}(\text{O,F})$ thin film without a fluoride top layer", 27th International Symposium on Superconductivity (ISS2014)、平成 26 年 11 月 27 日、タワーホール船橋(東京)

角谷直紀、千原真志、荒井健太、畑野敬史、生田博志、「成長阻害要因の解明とその改善による $\text{NdFeAs}(\text{O,F})$ 超伝導薄膜の作製」、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会、平成 26 年 9 月 19 日、北海道大学(札幌)

F. Kurth, C. Tarantini, T. Kawaguchi, E. Reich, A. Sakagami, J. Jaroszynski, J. Hänisch, Y. Mori, F. Kametani, L. Schultz, B. Holzapfel, H. Ikuta, K. Iida, "High-field transport properties of isovalently P-doped BaFe_2As_2 epitaxial thin films", Materials Research Society Spring Meeting 2014、平成 26 年 4 月 24 日、San Francisco (USA)

藤本亮祐、森康博、生田博志、「 $\text{CaFe}_2(\text{As,P})_2$ 超伝導薄膜の分子線エピタキシー成長」、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、平成 26 年 3 月 19 日、青山学院大学(相模原市)

N. Sumiya, T. Kawaguchi, M. Chihara, M. Tabuchi, T. Ujihara, A. Ichinose, I. Tsukada, H. Ikuta, "Growth of a smooth insulator layer on NdFeAsO and junction fabrication", 26th International Symposium on Superconductivity (ISS2013)、平成 25 年 11 月 19 日、タワーホール船橋(東京)

N. Sumiya, M. Chihara, T. Kawaguchi, M. Tabuchi, T. Ujihara, A. Ichinose, I. Tsukada, H. Ikuta, "Growth of a smooth CaF_2 layer on NdFeAsO thin film", 11th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2013)、平成 25 年 9 月 16 日、Genova (Italy)

A. Sakagami, T. Kawaguchi, Y. Mori, M. Tabuchi, T. Ujihara, H. Ikuta, " J_c and Grain Boundary Properties of $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ Thin Films", 25th International Symposium on Superconductivity (ISS2012)、平成 24 年 12 月 4 日、タワーホール船橋(東京)

森 康博、坂上彰啓、川口昂彦、田淵雅夫、宇治原徹、竹田美和、生田博志、「 $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ 超伝導薄膜の MBE 成長と粒界特性の評価」、2012 年秋季第 73 回応用物理学会学術講演会、平成 24 年 9 月 12 日、愛媛大学(松山市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

生田 博志 (IKUTA, Hiroshi)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：30231129

(2)研究分担者

田仲 由喜夫 (TANAKA, Yukio)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：40212039

田淵 雅夫 (TABUCHI, Masao)
名古屋大学・シンクロトロン光研究センター・特任教授
研究者番号：90222124