

Title	ARTIFICIAL CONSTRUCTION OF HIGH T CUPRATES BY LASER MOLECULAR BEAM EPITAXY AND THEIR TWO-DIMENSIONAL SUPERCONDUCTIVITY
Author(s)	金井, 真樹
Citation	
Issue Date	
oaire:version	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3060117
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	かな い まさ き 金 井 真 樹
博士の専攻 分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 0 1 1 8 号
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科 無機及び物理化学専攻
学位論文名	Artificial Construction of High-Tc Cuprates by Laser Molecular Beam Epitaxy and Their Two-Dimensional Superconductivity. (レーザー分子線エピタキシー法による高 Tc 銅酸化物超伝導体人工格子の成長とその 2 次元的超伝導)
論文審査委員	(主査) 教 授 河 合 七 雄 (副査) 教 授 菅 宏 教 授 海 崎 純 男 教 授 金 丸 文 一

論 文 内 容 の 要 旨

レーザー光を固体に照射した時に生じるレーザーアブレーション現象を利用し、銅酸化物高温超伝導体の人工格子を成長させた。まず酸化物や金属にパルスレーザーを照射した時に生成する化学種とその速度分布を調べ、レーザーアブレーションにより固体表面層が原子オーダーまで分解される事を明らかにした。さらに、生成した原子・イオンは比較的高い運動エネルギーを持ち、電子的に励起された状態にあることがわかった。本研究で用いた紫外パルスレーザーを用いたアブレーション法は新しい薄膜作製法で、その成長過程は不明であった。本研究を通して、パルスレーザーアブレーション法は薄膜結晶作製法として確立され、その利点やアブレーションメカニズム、薄膜成長過程が明らかになった。

このアブレーション現象を利用し、主に $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4}$ 超伝導体薄膜結晶を成長させた。本物質が層状結晶構造を持つ事に注目し、構造に従って原子層や分子層を積層して薄膜を成長させ、構造の制御を試みた。また成長途中の結晶表面を in-situ 電子分光で調べ、薄膜の成長機構を明らかにした。その結果、本系の薄膜結晶が Layer-by-layer 成長し得ること、この方法で結晶構造を原子層単位で制御できる事を明らかにした。これを応用して従来では得られない人工的な周期構造をもつ超伝導体/半導体超格子構造を構築し、あるいは準安定相結晶を成長させた。原子相を積み上げて結晶を成長させ、構造を制御する手法は、従来は単純な構造を持つ一部の半導体 (GaAs など) に対してのみ用いられてきた。本研究により同様の方法がさらに発展され、複雑な構造を持つ多元系酸化物結晶に対しても適応でき、原子層単位での構造制御が可能であることが明らかにされた。

得られた超格子、準安定相物質の薄膜結晶の物性を特に超伝導の異方性という観点から調べ Bi-Sr-Ca-Cu-O 系の超伝導に対して新しい知見を得た。本系は c 軸方向のコヒーレンス長が極端に短く

(約0.2nm), 強い2次元性を有している。またマードルングエネルギーを計算し安定なキャリアー分布を求め、本系の2次元性が偏ったキャリアー分布に起因する事を示した。

本実験で用いた Layer-by-layer の成長方法は、任意の結晶構造を設計し、原子オーダーでそれを合成するという“究極の物質合成方法”の第一歩となり得るものである。従来ごく一部の物質でのみ使われてきたこの手法と指導原理が、複雑な構造を持つ多元系酸化物の合成、構造制御に有効であることを明らかにした本研究は、他の酸化物やそれ以外の物質に対しても、Layer-by-layer の設計、合成、制御の可能性を開いたと言え、大きな意味を持つと考える。

論文審査の結果の要旨

レーザーMBE法を用いて、原子層制御により酸化物超伝導体薄膜、関連の新物質および酸化物超伝導体を含む人工超格子の作製を行い、その物性を検討した。

エキシマレーザーアブレーションを用いたMBE法は物質作製の新しい方法であるため、先ずアブレーションの機構を解明した。ターゲット物質にエキシマレーザー光を照射すると、ばらばらの原子・イオンが非熱的に電子励起状態で放出され、その運動エネルギーは10eVのオーダーであることを明らかにした。更に、これらの励起種が膜形成に優れた効果を持つ事を示し、膜形成時に、RHEED強度の同時測定を行い、原子層レベルでの膜作製の新しい方法を確立した。これによって初めて、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+2}$ $n = 1 \sim 10$ の新物質の合成、更にBi系酸化物超伝導体とBi系酸化物の単位格子単位の人工超格子の作製にも成功した意義は大きい。

酸化物超伝導体と半導体との人工格子の超伝導性を調べることによって、半導体層に挟まれた単位格子の厚さを持つ超伝導層もバルクと同じ超伝導性を持つ事を明らかにした。つまり、酸化物超伝導体は極めて強い2次元性を持つことを示した。 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+1}$ においてコヒーレンス長の n 依存性を実験的に求めた。極端に短いコヒーレンス長の原因を解明するために、マードルングポテンシャルの計算を行い、 CuO_2 単一層で超伝導性を発現することを明らかにした。

以上の結果は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。