



Title	酸化物超伝導電界効果現象及びその素子応用に関する研究
Author(s)	藤井, 龍彦
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40345">https://hdl.handle.net/11094/40345</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	藤井龍彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第13278号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	酸化物超伝導電界効果現象及びその素子応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 小林 猛
	(副査) 教授 蒲生 健次    教授 岡本 博明    教授 白藤 純嗣 教授 斗内 政吉

### 論文内容の要旨

本研究では酸化物超伝導体の大きな特徴である“低キャリア密度”と“短コヒーレンス長”を大いに生かした電界効果型3端子素子、超伝導 MISFET (Metal - Insulator - Superconductor Field - Effect - Transistor) に着目した。MISFET のチャンネル部分の半導体を超伝導体に置き換え、ゲート電圧により超伝導電流を変調するというものである。この素子の実現すれば、超伝導体を用いていることから半導体に比べて大電流を取り扱うことができ、パワートランジスタ応用の面で実用化が大いに期待できる。また、超伝導電流を変調することから、電子波の位相変調という物性研究の面でも大いに期待される。

半導体電界効果型素子ではゲート電圧によって発生する電界により半導体のバンドが曲がり、空乏層を形成してチャンネル内を流れる電流を変調するものである。はたして超伝導体を用いた場合この MIS 電界は超伝導体内部に侵入しうるのだろうか。超伝導体は抵抗零であるためドリフト電界は確かに存在しない。しかし、MIS 電界の場合は電流に寄与するキャリアを動かすのではなく、結晶中のイオンなどに働くと考えられ、超伝導 MISFET も動作可能であると考えられる。そこで実際に YBCO - MISFET を作製し、実験から MIS 電界の侵入を検証した。

超伝導体は半導体に比べ非常に高いキャリア密度を持った材料である。このような高キャリア密度のチャンネルに流れる電流を通常の電圧範囲で変調させるためには、高誘電性材料がゲート絶縁膜に必要となる。そこで低温領域での誘電率の大きな材料、また、誘電特性にヒステリシスがなく、YBCO と格子整合のとれる材料として SrTiO<sub>3</sub> と CaTiO<sub>3</sub> の作製・評価を行った。

次に MISFET 構造を、様々な要素技術を用いて作製し、変調特性を測定した。小さいながらも、チャンネルに流れる超伝導電流が、ゲート電圧により変調することを確認できた。

もし MIS 電界が超伝導体内に侵入しうるのなら、半導体と同じように扱ってその振る舞いを記述・説明することができるはずである。そこで、YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> (YBCO) にバンドモデルが適用できるという仮定をして、電界効果による変調機構の解析を行った。実験結果と理論との良い一致が得られた。さらに、このモデルを用い、超伝導体の様々な興味ある現象の説明を試みた。光誘起電流応答と電子線誘起電流応答ではこのモデルによってその現象を的確に説明することができた。従って、YBCO をバンド記述するというモデルの妥当性が確認できた。

## 論文審査の結果の要旨

酸化物超伝導体は、“低キャリア密度”、“短コヒーレンス長”という、従来の金属超伝導体とは大きく異なった特徴を持っている。その特徴を大いに生かした応用として、超伝導電界効果型3端子素子（超伝導 MISFET）を実現できる可能性がある。本論文は超伝導電界効果現象に関する基礎研究ならびに素子応用研究に関して成果をまとめたものである。

半導体 MISFET では、ゲート電圧によって発生する電界により、半導体のバンドが曲がり、空乏層を形成してチャンネル内を流れる電流を変調するものである。ここで、半導体の代わりに超伝導体を用いた場合、この MIS 電界が実際、超伝導体内に侵入し得るかが疑問となる。本論文では、MIS 電界による効果を、MISFET の作製・評価から実験的に検証することを試みた。

超伝導体 MISFET を実現するためには、ゲート絶縁膜材料を検討する必要がある。チャンネルに用いる超伝導体 YBCO は、半導体に比べ非常に高いキャリア密度を持った材料である。このような高キャリア密度のチャンネルに流れる電流を、通常の電圧範囲で変調させるためには、高誘電性材料がゲート絶縁膜に必要である。そこで低温領域での誘電率の大きな材料、また、誘電特性にヒステリシスがなく、YBCO との格子整合のとれる材料として、 $\text{SrTiO}_3$  と  $\text{CaTiO}_3$  の作製・評価を行った。その結果、 $\text{SrTiO}_3$  を用いると超伝導 MISFET は動作可能であることを確認できた。

本論文では、様々な要素技術を駆使することにより超伝導 MISFET を作製し、実際に変調特性を評価する事によって、超伝導体に MIS 電界が侵入し得ることを、実験的に確認した。また、酸化物超伝導体に、半導体で用いられるのと酷似したバンドモデルを適用し、電界効果現象の記述・説明を行った。これは、超伝導の理論的な立場に、新たな展開を示唆するものであり、超伝導発現機構の解明にも大きな役割を果たすものと考えられる。

また、このバンドモデルを用いることにより、超伝導体における興味ある現象、つまり光誘起電流応答と電子線誘起電流応答とをうまく記述・説明することができた。超伝導体に半導体理論を用いるという新しい試みを行い、その妥当性を確認した。

以上、説明したように、本論文は博士論文として価値のあるものと認める。