

和文タイトル：材料学会 $\text{\LaTeX}$ テンプレート 2026 Ver 2.0[†]

材料 一郎* 材料 次郎** 材料 三郎*
材料 四郎** 材料 五郎***

A Sample of Manuscript of Submitted Paper to Journal of the Society of Materials Science, Japan

by

Ichiro ZAIRYO*, Jiro ZAIRYO**, Saburo ZAIRYO**,
Shiro ZAIRYO** and Goro ZAIRYO***

Wide-bandgap semiconductor ZnO potentially exhibits high radiation hardness since large displacement threshold energy of constituent atoms can be expected due to the small lattice constant and large bandgap energy. To study the radiation hardness, the effect of proton irradiation on single-crystalline *n*-type ZnO films was examined. These films were grown by molecular beam epitaxy, and irradiated by 8 MeV protons with fluences of 1.4×10^{15} , 2.8×10^{15} , 5.6×10^{15} and 1.4×10^{16} p/cm². A rapid increase of electrical resistance by a decrease of carrier density was observed with a threshold fluence of about 1×10^{15} p/cm². This change in electrical properties was associated with a steep deterioration of the near-bandedge emission intensity in cathodoluminescence. These radiation damages were found to recover after a thermal annealing over 600°C. Such high radiation hardness of ZnO exceeds that of GaN, indicating promising application of this material to space- and nuclear-electronics.

Key words:

ZnO, 8 MeV protons, Radiation damage, Radiation hardness, Thermal annealing,
Xxx xxx xxxxx, XXXXXXXX, Xxx, XXXXXXXX xxxx

1 緒 言

日本材料学会会誌「材料」に投稿できる原稿は、投稿規定 6. に定める論文、資料、総説、講座、解説、国内外トピックス、委員会報告、巻頭言、討論、会員便りのいずれかである。

論文はその内容が一般に公表されている国内外の印刷物に未投稿のものであって、理論、実験等に誤りがなく、材料学に関して独創的な研究で、価値ある結論あるいは事実を含むものでなければならない。

それぞれの原稿は、A4 用紙に 25 字×51 行×2 段＝2550 字、横書き（刷上がり 1 ページに相当）に執筆する。所定の投稿申込用紙と、「投稿原稿見本」に従って作成した投稿原稿の PDF ファイルを本会編集委員会宛に提出する。正原稿は編集委員会において掲載可が決定され本会より提出の依頼があるまで著者が保管する。

1.1 原稿の執筆上の注意

1.1.1 執筆の注意点 原稿の書き方は、投稿規程および原稿執筆上の規約に従う必要があるが、第 1 ページおよび図などは本ページに示す見本を参照するとよい。左

右に 21mm、上 23mm、下 18mm のマージンをとる。本文は 2 段組としコラム幅は 79mm、コラム間隔を 10mm とする。実際に A4 の紙を縦置きにセットして、プリンターで 100% で印刷して、前述のマージンの寸法が得られていれば問題ない。出力される pdf は、 $\text{\LaTeX}$ のインストール環境およびプリンターに依存して変化することが確認されているので、ソースプログラム (.tex) のプリアンブルの $\backslash\text{voffset}$ 、 $\backslash\text{hoffset}$ の修正、または **jsms2026v2.sty** の修正により各自の印刷機に対応させ、pdf の原稿が規定に従うようにすること。

論文および資料の場合、次の事項を番号順に必ず記載する。(1) 和文題名 (15 ポイント)、(2) 和文著者名 (11 ポイント)、(3) 英文題名 (13 ポイント)、(4) 英文著者名 (10.5 ポイント)、(5) 英文要旨 (9.5 ポイント)、(6) 英文キーワード (9.5 ポイント)。また、最下段に本文との間に線を入れて (7) 和文の会員種別・所属・所在地、英文の所属・所在地を記載する。その他の原稿では記載事項が異なるので原稿執筆上の規約を参照すること。

本文 (9 ポイント) は、見本のように上記 (1)～(6) を記

[†] Received August 4, 2026, Accepted November 15, 2026, J-STAGE Advance Publication December 23, 2026.

* 正会員 大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター 〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5 丁目 16-1
Nanomaterials Microdevices Research Center, Osaka Institute of Technology, 5-16-1, Omiya, Asahi-ku, Osaka 535-8585.

** 茨城大学 農学部 地域総合農学科 〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1

Department of Regional and Comprehensive Agriculture, College of Agriculture, Ibaraki University, 3-21-1, Chuo, Ami-machi, Inashiki-gun, Ibaraki 300-0393.

*** 中央大学 理工学部 精密機械工学科 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

Deptptment of Precision Mechanics, Faculty of Science and Engineering, Chuo University, 1-13-27, Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8551.



Fig. 1 Schematic diagram of a sample structure.

Table 1 Electrical properties of a single-crystalline ZnO film.			
	Resistivity (Ω)	Hall mobility (cm^2/Vs)	Carrier density (cm^{-3})
300 K	0.107	103	5.64×10^{-17}
700 K	0.273	302	7.57×10^{-16}

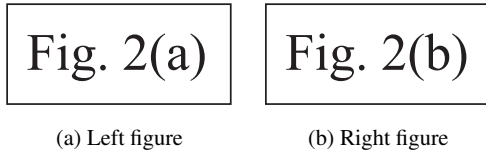


Fig. 2 Schematic diagram of an experimental setup of 8 MeV proton beam irradiation.

述した後に、1行空けて書き始める。

図、表および写真は、論文、資料、委員会報告については、見本のように用紙にそのまま貼り定める大きさに用意し、本文中の説明と離れない位置に貼り付ける。図・表どうし、あるいは図、表と本文は1行以上間隔をあけるようにする。カラーの図面や写真の掲載を希望する場合は、掲載料に加えて別途カラー印刷代が加算される。

2 ABC 照射試料の準備

分子線エピタキシー（MBE）装置を用いて Fig. 1 に示すノンドープの単結晶 ZnO 薄膜を作製した。まず、A 面サファイア基板の上に 15 nm の $\text{Zn}_{0.85}\text{Mg}_{0.15}\text{O}$ 薄膜を 300°C で成膜した。真空中で 800°C・30 分間の熱処理を経て、試験片#300 を製作した。

数式は以下のように表記できる。また、Table および Fig. の割付は、上下段になるように著者の責任で調整すること。

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_1 Z_2 e^2}{8\pi\epsilon_0 M_1 v^2} \right)^2 \text{cosec}^4 \frac{\theta}{2} \quad (1)$$

3 スタイルファイル jsms2026v2.sty について

LaTeX の関係ファイルの文字コードは、すべて UTF-8 です。材料のフォーマットに合うように、以下の指定を行っています。

- 冒頭部分でマージン設定（本サンプルの作成環境（Windows7, WinShell）で、Web 掲載の「Jp.template_ver2.0 送付用.docx」とほぼ同じ配置で出力されるように調整している。環境により微調整が必要となることが多いので紙出力した上で適宜調整して下さい。）

- 脚注（footnote）の線の指定
- 章、節のフォントの指定
- 図、表のキャプションのフォーマットを指定（[`\ref{table1}`]などで本文中で引用する。）
- 文献番号が 1) という形となるように指定（[`\cite{アイテム名}`]で本文中で引用する。）
- 章、節の見出しのフォーマット指定
- 参考文献のタイトルを、文字間隔を空けてセンタリングして出力するように指定
- 文献のフォントサイズなどを指定
- その他のスタイル調整等は、本サンプルファイル中で行っている。

4 jsms-sample-2026v2.tex について

本ファイルを適宜書き換えて使用してください。ソースファイル（jsms-sample-2026v.tex）と同じフォルダーにスタイルファイル（jsms2026v2.sty）を用意してコンパイルしてください。以下、注意点や使用方法に関する記述です。

- 著者名とフッター部分の所属先の記述に使用している「*」記号などは、自動には対応していません。著者名の記述部分と、フッターの記述部分とで、手動で対応を付けてください。
- 図の挿入と配置は、figure 環境を用いることにより図の番号を自動で付番することができます。ただし、システムが全体の配置を判断した上で最も適した場所（TeX のコンパイラがそう判断するという意味です）に配置してしまいます。これを、できるだけ記述した箇所のところに配置するために、[H] というオプションを付けています。
- figure 環境による図の配置でどうしてもうまくいかない場合は、手動で図を挿入し、図番号やキャプションも手動で書くという方法があります。例えば

```
\begin{center}
\includegraphics[keepaspectratio, width=50mm]
{Fig1.eps}
%
\\
%
\noindent
{\fontsize{8pt}{0pt}\selectfont
Fig.1 Example
}
\end{center}
```

と記述することにより、記述箇所に強制的に図が入ります。ただし、この場合図とキャプションの間に改ページが入ってしまったり、図の途中で改ページ部が来た場合には不釣り合いな空白が入って次のページに図がまわってしまうなどの問題もあります（figure 環境を使えば、こういったことは起きません）。また、相互参照により図の番号を呼ぶことができなくなります。

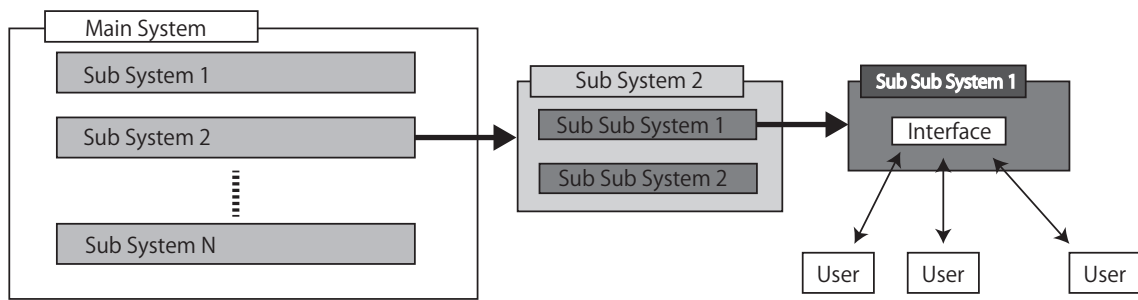


Fig. 3 Very long sideways figure using two columns.

- 参考文献は、`thebibliography` 環境で記述するようになっています。この記述スタイルでは、列挙した順番に自動的に1から順番に番号が符されます。
- 数式は、`equation` 環境を少し変形させた `jsmse` 環境をマクロで定義してあります。これは、式番号の右にわずかながら空白を入れるためです。`equation` 環境とほぼ同じように使うことができます。
- コンパイルを行うと、フォントサイズに関する警告が非常にたくさん出されます。確認した限りでは、フォントがない場合でも代替フォントでほぼ指定のサイズの文字が出るようになっていいると思われます。新たにフォントをインストールするなどすれば、このあたりの警告は出ないようにできるのではないかと思います。

最後に $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ についての基本的な情報を付け加えておきます。展開したフォルダ `LaTeX_2026v2` の中には `jsms-sample-2026v2.tex` があり、それが原稿のソースファイルです。また、`jsms2026v2.sty` は材料の原稿に対応させたスタイルファイルなので、ソースファイルのプリアンブルで `\usepackage{jsms2026v2}` を必ず定義しなければなりません。また、著者用の原稿作成のためにソースファイルのコマンド、`jsms2026v2.sty` を変更することは、著者の裁量と責任のもとで自由に変更できます。ただし、修正による問題は自己責任で対応してください。

`jsms-sample-2026v2.tex`, `jsms2026v2.sty` の文字コードは UTF-8 です。

参 考 文 献

- 1) Ohnishi K, Matsuda S. Radiation effects on semiconductor devices: Recent trends of research works. *J Inst Electron Inform Communi Engnr Jpn* 2002; 85: 662-669.
- 2) Gonda S, Tsutsumi H, Ito Y, Mukai T, Nagahama S. Proton radiation effects in nitride lasers and light emitting diodes. *Phys Status Solidi (a)* 2006; 204: 231-235.
- 3) Corbett JW, Bourgoin JC. Point defects in solids. Eds. Crawford JH, Slifkin LM, 1975; 136, Plenum Press.
- 4) Warner JH, Walters RJ, Messenger SR, Summers GP, Khanna SM, Estan D, Erhardt LS, Houdayer A. High-energy proton irradiation effects in GaAs devices. *IEEE Trans Nucl Sci* 2004; 51: 2887-2895.
- 5) Gonda S. Radiation hardness of InGaAsP semiconductor lasers. *International conference on InP and Related Materials (IPRM)* 2008; WeP29.
- 6) Hallen A, Nawaz M, Zaring C, Usman M, Domeij M, Ostling M. Low-temperature annealing of radiation-induced degradation 4H-SiC bipolar junction transistors. *IEEE Electron Device Lett* 2010; 31: 707-709.
- 7) Khanna SM, Estan D, Erhardt LS, Houdayer A, Carlone C, Nedelcescu AI, Messenger SR, Walters RJ, Summers GP, Warner JH, Jun I. Proton energy dependence of the light output in gallium nitride light-emitting diodes. *IEEE Trans Nucl Sci* 2004; 51: 2729-2735.
- 8) Nakano M, Makino T, Tsukazaki A, Ueno K, Ohtomo A, Fukumura T, Yuji H, Nishimoto Y, Akasaka S, Takamizu D, Nakahara K, Tanabe T, Kamisawa A, Kawasaki M. $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ -based schottky photodiode for highly color-selective ultraviolet light detection. *Appl Phys Express* 2008; 1: 121201-1-121201-3.
- 9) Nakahara K, Akasaka S, Yuji H, Tamura K, Fujii T, Nishimoto Y, Takamizu D, Sasaki A, Tanabe T, Takasu H, Amaike H, Onuma T, Chichibu SF, Tsukazaki A, Ohtomo A, Kawasaki M. Nitrogen doped $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}/\text{ZnO}$ single heterostructure ultraviolet light-emitting diodes on ZnO substrates. *Appl Phys Lett* 2010; 97: 013501-1-013501-3.
- 10) Sasa S, Hayafuji T, Kawasaki M, Koike K, Yano M, Inoue M. Improved stability of high-performance ZnO/ZnMgO hetero-MISFETs. *IEEE Electron Device Lett* 2007; 28: 543-545.
- 11) E.g., Recent development of thin film compound semiconductor photovoltaic cells. Ed. Wada T, 2007; CMC Press.
- 12) Kucheyev SO, Deenapanray PNK, Jagadish C, Williams JS, Yano M, Koike K, Sasa S, Inoue M. Electrical isolation of ZnO by ion bombardment. *Appl Phys Lett* 2002; 81: 3350-3352.
- 13) Khanna SM, Webb J, Tang H, Houdayer AJ, Carlone C. 2 MeV proton radiation damage studies of gallium nitride films through low temperature photoluminescence spectroscopy measurement. *IEEE Trans Nucl Sci* 2000; 47: 2322-2328.
- 14) SRIM simulation, <http://www.srim.org/>