



自分の考えを取り入れた省エネ技術で、 電子材料薄膜・デバイスを作製してみよう

研究を始めるのに必要な知識・能力

電子材料・電子デバイスの研究には、物理を問わず、あらゆる分野の知識が必要とされますが、研究を始めるには、必ずしも深いものは必要ありません。そのため、高校レベル程度の基本的な物理、数学、化学の知識があれば十分で、さらに深く考えることが好きならば、最高です。

この研究で身につく能力

社会に貢献できる開発・研究には、長く考えることができる粘り強い頭と地道に努力できるタフな心が必要とされています。本研究室では、電子材料薄膜の省エネ・低温作製に関する研究を通して、薄膜材料の堆積・デバイス作製・膜質評価技術、固体電子物性(特に半導体分野)などの知識・技術の修得は勿論のこと、入学前に比べて見違えるように変わった自分自身を感じ取ることができます。さらに、結果として、研究を楽しむこと、目標を達成したことによる充実感・喜び、つまり研究通しての生きがいも分かるようになります。

【就職先企業・職種】 電気系関連会社、材料製造装置(半導体装置)会社などの技術者、研究者

研究内容

コンピュータ内のICや薄型テレビの画素駆動などに、600~1000℃程度の温度でトランジスタが作製されています。この様な温度は、我々の日常生活のものに比べると極めて高いものです。そこで、本研究室では、環境負担の少ない200℃以下の電子材料と新電子デバイス作製の実現を、以下の2つの研究テーマにより具現化し、最終的には社会への省エネ、省資源化、温暖化防止に貢献したいと考えています。

1) 結晶化誘発層を用いた結晶化 Si 薄膜の低温作製

ガラスなどの安価な基板上にトランジスタの主材料である半導体(主に Si)薄膜を低温作製すると、その薄膜は非晶質、あるいは高欠陥密度の多結晶となり、高品質のものが出来ません。その理由の一つに、Si 薄膜を形成する基板に結晶情報が無いことが挙げられます。そこで、図1のように低温形成できる結晶性絶縁層 YSZ(イットリア安定化ジルコニア: Yttria-Stabilized Zirconia)層を基板(主にガラス)表面にあらかじめ形成し、その YSZ の結晶情報により Si 薄膜の結晶化をより低温で誘発させる方法を検討しています。この手法は、太陽電池用 Si 薄膜にも適用できます。図1から、YSZ 層界面から Si 結晶が成長していることが分かり、YSZ 層が Si の低温結晶化を促進しています。現在は、より低温結晶化のためにパルスレーザーを用いた室温作製を検討しています。これは、レーザー照射時間が十 ns 程度と極めて短いため、瞬時には1000℃程度にはなりますが、実効的には室温作製だからです。

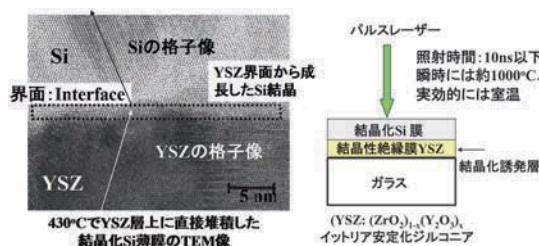


図1. 結晶化誘発層を用いた結晶化 Si 薄膜の低温作製

2) シリコンオイルとオゾンガスによる SiO₂膜の低温作製

電子デバイスには、半導体ばかりでなく絶縁体、特に酸化 Si(SiO₂) 薄膜がよく使われています。本研究室は、この SiO₂ 薄膜を化粧水にも使われるシリコンオイルと自然界に必要なオゾンという環境に配慮した材料を用いて、低温作製しています。図2のように窒素ガスのパブリングによりガス化したシリコンオイル蒸気とオゾン発生装置により得たオゾンとを200℃程度の低温で混合・反応させて作製します。プラズマを用いないため、プラズマダメージが無く、装置コストが低く抑えることができます。図に、Si 基板上に200℃で作製した酸化 Si 薄膜断面の走査型電子顕微

鏡写真を示します。厚さ約100nmの平坦な酸化 Si 薄膜が形成されています。現在、絶縁性を悪くする水分が膜中に多量に含まれるという低温作製の本質的な問題の解決を検討しています。

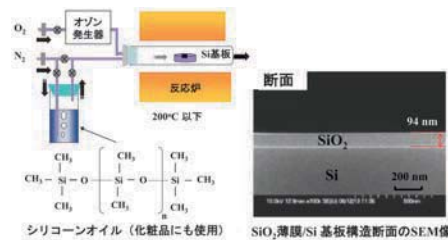


図2. シリコンオイルとオゾンガスとによる SiO₂ 薄膜の低温作製

主な研究業績

1. M. T. K. Lien and S. Horita, Improving crystalline quality of polycrystalline silicon thin films crystallized on yttria-stabilized zirconia crystallization-induction layers by the two-step irradiation method of pulsed laser annealing, Jpn. J. Appl. Phys., 54, pp. 03CA01-1 (2015).
2. S. Horita and B. N. Q. Trinh, Disturb-Free Writing Operation for Ferroelectric Gate Field-Effect Transistor Memories with Intermediate Electrodes, IEEE Trans. Electron Devices, 56, 3090-3096 (2009).
3. S. Horita, K. Toriyabe, and K. Nishioka, Low-Temperature Deposition of Silicon Oxide Film from the Reaction of Silicone Oil Vapor and Ozone Gas, Jpn. J. Appl. Phys., 48, 035501 1-7 (2009).

使用装置

- Nd:YAG レーザー
- イオン注入装置
- X線回折装置
- X線光電子分光装置
- ラマン分光装置

<共同研究・連携の方向性>

- ・患者や要介護者用機器への応用を目的とした、セルロースナノペーパー上に低温作製した温度、pHセンサーなどの開発に関する共同研究。
- ・大気中で有機金属、有機珪素溶液から200℃以下の低温作製した酸化物内の水分除去に関する共同研究。あるいは、大気中200℃以下の低温で有機金属、有機珪素溶液から水分を極力含まない金属酸化物、珪素酸化物作製に関する共同研究。
- ・強い酸化力のあるOHラジカルを用いた電子材料の低温作製に関する共同研究。
- ・低温作製した酸化Si膜内でのSi, O, Hなどの位置や結合と電気的特性との関連に関する共同研究。