

インタビュー

井上研究室（千葉工業大学）



教授・井上泰志

千葉工業大学 工学部 先端材料工学科

プロフィール

所在地：千葉県習志野市津田沼 2-17-1

電話：047-478-4308

FAX：047-478-4308

Web：<http://home.att.ne.jp/surf/isil/ys/>E-mail：inoue.yasushi@it-chiba.ac.jp

Q1. 研究室の概要についてお聞かせ下さい。

本研究室は、反応性プラズマ技術や微細構造制御技術などの先端技術を用いて、自然界に存在しない新奇材料の創成や、新しい表面処理法の開発に関する基礎研究を行うとともに、環境材料、電子・光学機能材料、構造材料など、広い視野で工業的応用の道を探索する研究室です。

Q2. 研究テーマについてお聞かせ下さい。

現在行っている研究は、大きく3つのテーマに分けられます。第一に、吸着誘起型エレクトロクロミック材料に関する研究、第二に、プラズマCVD法による有機基含有シリカ材料の作製と応用に関する研究、第三に、近年開発されたソリューションプラズマ技術を利用した新しい材料表面処理法の開発に関する研究です。

Q3. 1つ目の研究テーマについてお聞かせください。

電解質中に浸漬し、電圧を印加して電荷を注入すると可逆的な色変化を起こす材料を、「エレクトロクロミック材料」と呼びます。従来のエレクトロクロミック材料として、無機材料では酸化タングステン、有機物ではビオロゲン誘導体が有名ですが、これらはいずれも材料の内部にイオンが侵入・放出されることに伴って色変化を起こします。それに対し、窒化インジウム薄膜および窒化スズ薄膜において、エレクトロクロミック現象が起こることが発見されました。この現象は、上記窒化物薄膜の表面に吸着する物質が、印加電圧の極性に応じて変化し、それに伴って薄膜中の電子

キャリア密度が増減するため、光吸収端がシフトして色が変わる（いわゆる Moss-Burstein 効果）、というメカニズムに基づくことがわかってきました。そのため、窒化インジウムや窒化スズが示すエレクトロクロミック現象を「吸着誘起型」と称しています。

本研究室では、吸着誘起型エレクトロクロミック材料において、表面積を拡大して吸着量を増加させることによる色変化量の増大と、溶液-薄膜表面間のイオン易動度の向上を同時に成立させるため、動物の小腸内壁細胞表面における微絨毛構造を模倣した、離散的ナノ柱状構造を有する窒化物薄膜を、斜入射堆積法を導入することによって作製する研究を主体に、他元素添加による色変化波長領域の制御や、表面処理・熱処理による色変化耐久性の向上に関する研究を行っています。

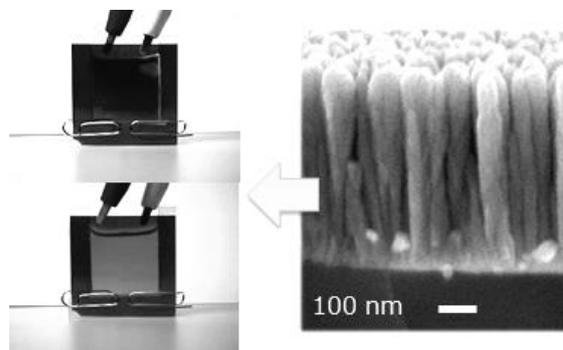


図1 微絨毛構造化窒化インジウム薄膜のエレクトロクロミック現象。

Q4. 2つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

シリカ (SiO_2) は地殻を構成する最も普遍的な物質で、シロキサン (Si-O-Si) の3次元網目状結合状態を有します。シリカに有機系官能基を導入した材料を、有機基含有シリカ (SiO:CH) と称します。有機官能基の導入により、本来親水性のシリカを疎水性にしたり、3次元網目状結合状態が疎となることで誘電率を低下させたり、結合状態の自由度が高まることにより機械的なフレキシブル変形性を向上させたりすることができ、それぞれ撥水性材料、低誘電性材料、ガスバリア材料としての応用が期待されています。

本研究室では、有機シリコン化合物を原料としたプラズマ CVD 法により、超撥水性（静的水滴接触角 150 度以上）を示す SiO:CH 薄膜材料の創成に取り組んでいます。比較的高圧力条件のプラズマ中では、原料分子がプラズマ重合し、気相中で微粒子が生成します。微粒子は分子やラジカルと比較して重いので、基板表面に堆積した後、ほとんど動くことができません。そのため、微粒子堆積膜は非常に凹凸の激しい表面となります。表面の凹凸は、疎水性をさらに高めることが知られています。すなわち、原料分子の有機官能基が疎水性であれば、 SiO:CH 微粒子も自動的に疎水性となるので、一回のプラズマ CVD 成膜だけで、超撥水性の表面を実現することができます。現在は、大面積基板上に均一に微粒子堆積を行う条件の探索や、微粒子間の結合を強化することによる機械的強度の向上に関する研究を行っています。

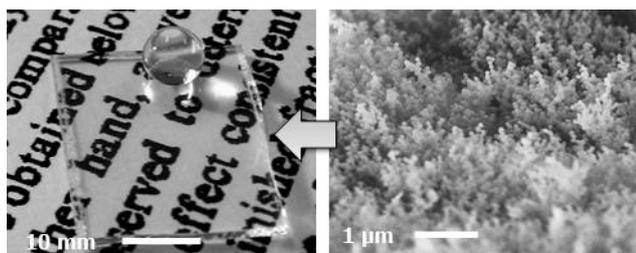


図2 プラズマ重合により生成した SiO:CH 微粒子を堆積した超撥水性ガラス板。

Q5. 3つ目の研究テーマについてお聞かせ下さい。

「ソリューションプラズマ」とは、液相中で生成されるグロー状の定常的プラズマで、近年開発された新しいプラズマです。ソリューションプラズマでは、従来から利用されている低圧プラズマと同様の非平衡性（電子温度が気体温度から乖離して高い）だけでなく、プラズマ-気相、気相-液相の2つの界面が存在すること、また、液相中という高

密度な媒体中で生成するプラズマであることから、従来の溶液化学や電気化学とは異なる反応場となり、さまざまな分野での応用が期待されています。

本研究室は、この分野の研究を開始したばかりであり、現時点で紹介できる研究成果はありませんが、ソリューションプラズマから発生する「光」を積極的に利用する材料創成・表面処理法の開発に取り組んでいます。



図3 硫酸マグネシウム水溶液中で発生させたソリューションプラズマ。

Q6. 研究室の環境や設備についてお聞かせ下さい。

本研究室には、高周波マグネトロンスパッタリング装置、窒素ラジカル支援蒸着装置、高周波プラズマ CVD 装置の3台の薄膜作製装置があります。材料処理プロセス装置としては、ソリューションプラズマ装置、熱処理用電気炉、紫外線照射装置があります。材料評価には、分光光度計とポテンショスタットを組み合わせたエレクトロクロミック特性評価システム、フーリエ変換赤外分光装置、プラズマ発光分光装置、ホール測定装置などがあります。また、学内の共有装置として、電子顕微鏡、X線回折装置など、多くの設備が利用可能です。

Q7. 教育方針についてお聞かせ下さい。

本研究室は、社会に出てさまざまな分野で活躍できるように、課題発見能力・解決能力の涵養を目的に、学生の自主的な研究への取り組みを重視しています。「好奇心はすべての根源!」、「アイディアは大胆に、実験は慎重に!」を研究室のモットーに掲げ、苦勞の末に新しい知識が得られる「研究の楽しさ」を体験してほしいと考えています。

お忙しい中インタビューに応じて頂きました。期して感謝の意を表します。

(日本材料科学会 編集委員長 渡邊充広)