

# 表面物性ラボ

## ( Exotic Surface Physics Lab. )

研究項目：表面電子状態の制御に関する研究  
研究期間：平成8年度～13年度

### 1. 当該研究の背景

固体表面の構造(原子配列)の特異性はバルクにみられない新機能発現の場としての可能性を秘めている。固体表面に特徴的な現象としては、表面再配列(欠陥)、相転移、吸着・脱離、表面化学、拡散・置換・偏析などがあるが、従来の研究は大部分が表面固有の現象の探求にあてられてきた。一方、バルクにおいても高温超電導における電荷・格子変調(ストライプ)に代表されるように、局所的な格子歪みやメソスコピックな空間変調によって新しい物性・機能が発現されることもわかってきた。本研究は固体表面でみられる多様な構造(原子配列)を積極的に活用して、表面の電子状態を変調し新機能を発現させようとするものである。具体的には、ステップ端やテラスなど異方的な表面構造を利用してストライプを形成し、吸着原子によるキャリアドーピングを行い電子状態を調べる。例えば、ステップ端に形成された一次元分子鎖ではステップ間の距離を変えることによって分子間の相互作用を制御できる。表面ストライプは面内の超格子と考えられ1nm程度の変調周期・幅をもつときに超構造による特異な電子状態が期待できる。

### 2. これまでの研究経過と現状

本研究は表面構造と電子状態の関係を精密に評価して表面電子状態を制御する手法を開発し、これにより変調された表面電子状態に基づく新しい電子物性を探索することを目的としている。具体的には以下の項目について研究をすすめる。(1) 高温超電導体において見いだされた電荷・格子ストライプの詳細と種々のキャリア濃度のもとでの出現条件を調べ、スピンおよび電荷励起の疑ギャップとの関連を明らかにする。(2) 高密度光励起による非熱励起光融解の微視的機構を解明する。(3) 高密度励起状態で成長させることに

よりSi(001)傾斜表面のステップを核として、Ge-Siストライプを形成し、異方的な電子状態と光学特性を調べる。(1) YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>薄膜単結晶の偏光依存X線吸収スペクトルによりa-b面およびc軸方向の局所構造を調べ、疑ギャップの観測される温度T\*以下でCuO<sub>2</sub>面は格子歪みをもつドメインとそうでないドメインに相分離を起こすことを見出した。(2) ポンプ・プローブX線分光によりカルコゲンガラス(As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>)の低温での光照射時の局所構造を調べ、カルコゲン原子には高配位欠陥対が形成されること、a-Seと異なり中性欠陥対(C<sup>0</sup><sub>3</sub>-C<sup>0</sup><sub>3</sub>)ではなく電荷を持った欠陥対(C<sup>+</sup><sub>3</sub>-P<sup>-</sup><sub>2</sub>, PはAs原子)であることを見出した。光黒化現象の本質は光融解により生じた欠陥対による近距離の構造ゆらぎであることを示した。(3) 電子励起により原子移動が促進されることを利用してストライプなど異方的なナノ構造をシリコン表面に形成する研究に着手し、エキシマーアブレーションによるSiGeストライプ成長のための試料成長装置を開発した(Fig.1)。

### 3. 期待される波及効果

電荷ストライプなど局所的な格子歪みや格子変調が新しい物性発現の場として注目されている。欠陥生成や結合の組み替えなど光励起による原子再配列は新しい局所的な偏光制御など機能材料の観点からも興味を持たれている。光黒化現象や光流動、光励起による原子移動現象などの光励起によるナノスケール空間変調、原子再配列は準安定相における原子変位を積極的に利用した光メモリーなど新しい電子材料の可能性を秘めている。本研究により光励起状態および緩和過程の局所構造が明らかにされれば、格子緩和や原子再配列などミクロスコピックな視点で光励起にかかわる諸現象の理解が進むと同時に積極的に電子材料に応用する道が開ける。当研究グループは世界に先駆けて電荷・格子ストライプを見出し、電子-格子

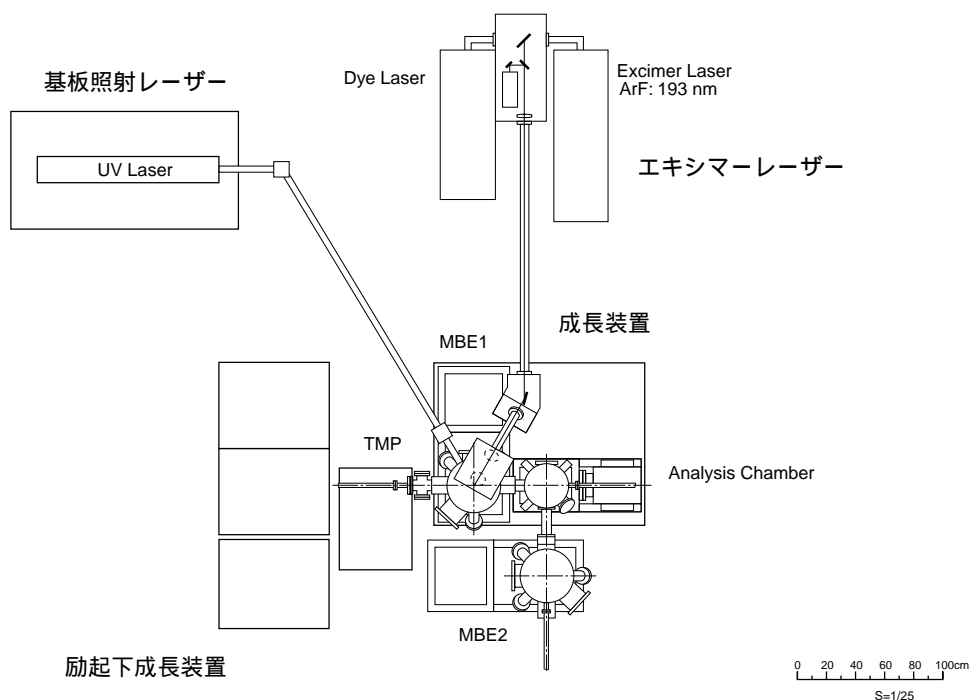


Fig.1 試料成長装置

相互作用の重要性をアピールしたが、本研究は人工ストライプによる偏光依存光デバイスの要となる面内超格子実現を目指している。新機能素子として実現できれば表面ストライプのコンセプトは極めてインパクトが高い。本研究をきっかけに、ややもすると埋没しがちな微細化一辺倒の半導体産業に一石を投じることができる。

職員以外(4名) アレックス・コロボフ(融合研, 電子基礎部併任), 深野敦之(ポールセミコンダクター), 芳賀孝吉(住友電工), 橋本秀樹(東レリサーチ)

\*ラボリーダー

#### 4. 今後の研究展開の方向

$YBa_2Cu_3O_y$ の $CuO_2$ 面が低温で相分離することは確認された。次は疑ギャップ出現との関係を明確にし電荷・格子ストライプの相図を完成させる。電子-格子相互作用が高温超電導機構に重要であることを証明し、発現機構のシナリオを検証することが今後の課題である。シリコンステップを核としてゲルマニウムストライプを光励起下で成長させ、超構造に起因する異方的な光学物性を開拓する。

#### 当該研究担当者等

ラボ構成員(総数7名)

職員(3名) 大柳宏之\*(電子基礎部), 坂本邦博(電子デバイス部), 三木一司(電子デバイス部)