

## 論文内容要旨

報告番号	甲 先 第 <b>373</b> 号	氏 名	大坂 勇貴
学位論文題目	金属ナノ粒子のCWレーザー照射による局所加熱を用いたガラスの微細加工		
<p>内容要旨</p> <p>透明材料であるガラスは化学的耐性や熱耐性が高く、絶縁性を有しているなど様々な特長があげられる。ガラスを主とした研究例として、内部に加工した流路による Lab-on-chip やマイクロ TAS が盛んである。光特にレーザー光を用いた加工は、レンズで集光することでパワー密度を容易に大きくすることができる。可視光域に対して透明であるガラスの主な加工方法としては、吸収波長である紫外波長域の光を用いた改質、超短パルスレーザーの多光子吸収過程による改質と、化学エッチング法を合わせた方法があげられる。しかしナノオーダーの加工を行うためには、回折限界を考慮する必要があり、深紫外光のレーザーを用いることで可能となるが、ガラス自体が紫外光のレーザーを吸収し、所望する加工範囲よりも広い範囲を改質するといった問題点がある。我々は可視光域の連続発振(CW)レーザーをガラス基板に配置した金属ナノ粒子に、アルカリ水溶液中で集光照射するその場エッチングを行い、ナノスケールの加工及び貫通穴作製、制御を目指す。</p> <p>実験では、ホウケイ酸ガラス(Schott D263T)や合成石英ガラス(信越石英 Viosil)に、直径 <math>104 \pm 5</math> nm などの球形金属ナノ粒子をスピンコートし、スパーサーとしてシリコンゴムシート(厚さ 0.2 mm)を配置する。エッチング溶液としてテトラブチルアンモニウムヒドロキシド(TBAOH, 40 wt% aqueous solution)や水酸化カリウム水溶液を加えて、空気が入らないようにカバーガラスをのせてチャンパー構造とし、試料とした。暗視野光学顕微鏡下で1つずつ金属ナノ粒子を選択し、これに波長 488 nm の CW レーザーを対物レンズで集光照射した。レーザー照射後の金属ナノ粒子の散乱スペクトルを測定すると共に、粒子及びガラス表面の走査型電子顕微鏡(SEM)観察または透過型電子顕微鏡(TEM)や集束イオンビーム(FIB)による断面観察を行った。</p> <p>金ナノ粒子への照射時間 5 秒および 5 分間の場合の試料を SEM で観察したところ、5 秒間照射では金ナノ粒子が、ガラス中に沈み込んでいる様子がみえた。これに対して 5 分間では金ナノ粒子は見えなくなったが、表面より <math>0.8 \mu\text{m}</math> 内部に存在した。金ナノ粒子が基板中に入っていく過程を観測するために散乱スペクトルの照射時間による変化を測定した。その結果、照射後周囲屈折率の増大に対応する長波長シフトが観測された。穴の内径はナノ粒子の 1.3 倍程度であった。球形ナノ粒子の場合丸い穴であったが、三角プリズム粒子を用いると穴の形状は粒子形状に従い、粒径 60 nm のナノ粒子を用いると穴の内径も小さくなった。また照射するレーザー強度を大きくすることで、穴の形成速度も最大で <math>0.25 \mu\text{m/s}</math> と高速化することを見出した。しかし金ナノ粒子が穴の中やガラス表面でバブル形成による粒径減少または崩壊を観測した。そこで金よりも高融点な白金のナノ粒子を用いることで、より高速な穴の作製を目指した。結果として KOH 水溶液(40 wt%)、レーザー強度 <math>20 \text{ mW}/\mu\text{m}^2</math> の時 8 時間程度で <math>137 \mu\text{m}</math> の貫通穴の作製に成功した。さらに KOH 水溶液の濃度やレーザー強度を大きくすることで深さ方向に <math>2.1 \mu\text{m}/\text{min}</math> という非常に高速度でエッチングできることを見出した。さらに、この条件において合成石英ガラスに対しても同じ速度で深さ方向にエッチングを行うことができた。狭小な領域において高温状態になることで溶媒のイオン積が急激に増加するためであると考えられる。</p>			