

高純度鉛フリーガラス製 超多数ナノホールガス フィルターの開発

株式会社中原光電子研究所

代表者名 代表取締役社長 中原 基博
 設立 2003年6月
 所在地 〒028-0114 岩手県花巻市東町土沢 1-1-1
 TEL: 0198-42-3906 FAX: 0198-29-4787
 URL: http://www.noel-sekiei.co.jp/
 E-mail: nakahara.m@noel-sekiei.co.jp
 資本金 800万円
 従業員数 11名
 事業内容 医療、バイオテクノロジー、分析、光通信及び半導体産業向けの高精度石英ガラス管等の製造、販売

経緯

半導体メーカーからの強い要望により、次世代半導体露光装置用 EUV (Extreme ultraviolet) 光源ガス浄化などの過程で不可欠なナノホールガスフィルターの試作開発に着手した。

実施内容

石英ガラスの熱延伸技術を活用し、多段階熱延伸加工工程、キャピラリを隙間なく束ねる工程、微細穴径の測定、評価の試作に取り組み、成果を検討した。

成果

次世代半導体露光装置用 EUV 光源ガス浄化など、広く活用できる高純度で鉛フリーな石英ガラス製のナノホールフィルターの開発の見通しを得た。

1. 実施した経緯

透光性や気密性、電気絶縁性などの優れた特性を持つガラスは、半導体、医療、情報通信など多くの分野で重要な役割を担っている。当社はその特性を活かし「ガラスキャピラリ」の開発、製造、販売と同時に、理化学ガラスの研究を行っている。「キャピラリ」とは、物理学や化学などの実験に用いられる「髪の毛のように細い管」のことを指す。材料となるガラスは石英ガラス、ホウケイ酸ガラスなどがあるが、半導体製造や医療現場では二酸化ケイ素が100%という高純度の石英ガラスが多く用いられている。石英ガラスは、金属不純物の割合が極端に少ないため透明度が高く、熱に強く、薬品に侵されにくい特徴がある。透明度は通常のガラス断面が緑色に見えるのに対し、石英ガラスは数キロメートルの長さでも無色透明である。また、通常の窓ガラスの耐熱温度が80℃程度であるのに対し、石英ガラスはおおよそ1,000℃と約12倍以上の高温に耐えることが可能である。

この特性を活かしているものに、高精度であり、高純度度が要求される半導体製造がある。なかでもナノメートル単位の微細な電子回路を作る半導体露光装置は、超微細な電子回路を作成する装置のため、レンズはもちろん、シリコンウェハを乗せるウェハステージにもナノメートル単位の精密さが求められている。現下の半導体製造プロセスは、線幅が微細化する等ますます複雑化しているため、新たな課題が絶え間なく発生している。

これまでは深刻な問題とならなかった不純物が、ウェハー上の欠陥などを招く恐れがあるため、現在では不純物を除去することが大きな課題となっている。これら不

純物の除去を目的とした多穴ガラスフィルターは存在しており、加工は容易であるが耐熱性能が低く、不純物の多い鉛ガラス製である。こうした背景とメーカーからの強い要望もあり、当社が持つ石英ガラスキャピラリの技術を活用した、微細穴径の「高純度鉛フリーガラス製超多数ナノホールガスフィルター」の開発に着手することとした。

2. 実施した内容

当社は石英ガラスによる自社開発の「Drawing 技術」により、高精度で超精密な各種キャピラリの製造が可能である。この技術は平成23年度経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業による委託研究に採択され、さらなる技術の高度化を目指している。

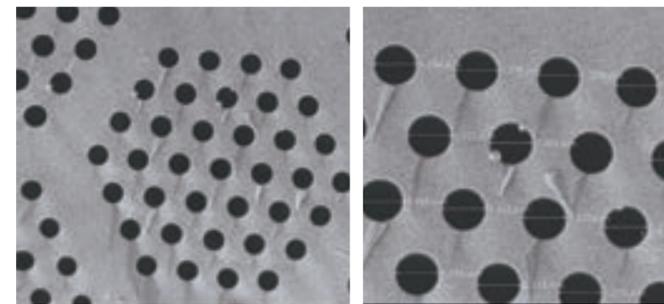
本事業では Drawing 技術の工程のひとつである「熱延伸技術」を活用し、ナノホールガスフィルターの開発に挑んだ。

熱延伸工程とは、大きなガラス母材に超音波切削加工により穴をあけ、これに熱を加え、あめ細工のように伸ばし、あけた穴を細径化する技術である。当社が最終目標とするナノホールガスフィルターは、直径が500nm(ナノメートル)以下の穴が100万個以上ある石英ガラス製多芯キャピラリであり、これを2cm四方に収めるためには1本のキャピラリの外径を10μm以下にする必要があり、それを100万本以上束ねれば理論上は可能であるが、現実的ではない。そこで当社は、多段階の熱延伸法を導入し、この問題を解決することとした。

具体的な方法として、単芯石英ガラス管を複数本束ね、



熱延伸によって作られた石英ガラスキャピラリを数本束ね、さらに熱延伸を行うことで高性能のガラスフィルターを実現。



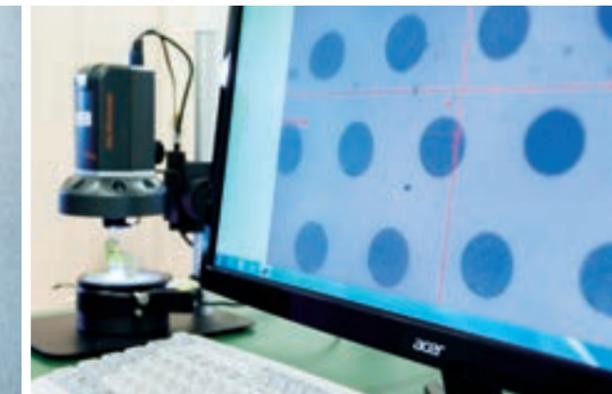
数ミクロンオーダーの均一性に優れた穴径の多芯キャピラリが実現した。

これを第一段階として熱延伸加工を行い、再度複数本の多芯石英ガラス管同士を束ねて第二段階の熱延伸加工をすることにより、多本数の細径キャピラリを実現した。

最終的には石英ガラス管37本を第一段階で束ねて熱延伸した多芯管を、さらに37本束ねた37本×37芯(1,369芯)六方配列の第二段階熱延伸実験を行った。熱延伸温度、母材に熱を加える際の送り速度、引張り速度を調整し、外径最大約1mm(穴径10μm)から外径最小約0.15mm(穴径200nm)までの複数の外径サイズの多芯キャピラリを実現した。

内径が500nmのキャピラリができたとしても、それを多本数束ねた場合、隣接するキャピラリとの間に500nm以上の隙間があるようではフィルターとしての機能を果たせないことになる。キャピラリを隙間なく束ねるためには、キャピラリの形状を六角形や四角形にするのが望ましいが、熱延伸加工では外形の角が落ちやすくなり困難であった。そこで丸型キャピラリの配列方法による隙間計算、及び隙間にはさんで空間を埋めるためのスペーサの形状の設計と実装を行った。加えて、材質の異なる各種石英ガラス(水酸基含有率の異なる石英ガラス)の熱延伸加工によるキャピラリ径収縮率の測定、キャピラリ内圧力と隙間部圧力の調整による隙間の低減方法も試みた。キャピラリ外形の隙間を研磨により少なくするため、本事業により新たに研磨機を導入した。

延伸した多芯キャピラリを光学顕微鏡、電子顕微鏡により測定、評価を行った。電子顕微鏡の測定は岩手大学複合デバイス技術センター花巻サテライトの対馬特任教授の協力を仰ぎ、走査型電子顕微鏡による観察を行った。



肉眼では確認できないナノメートルオーダーの穴形状や隙間を、電子顕微鏡で確認しながら開発を行った。



今回成功したナノメートルオーダー穴径の多芯キャピラリは、光源開発の加速につなげると力強く語る、代表取締役社長の中原基博さん。目標とする品質条件をクリアするため、試作を繰り返し行った開発技術顧問の都築信頼さん。

3. 取り組みの成果

この開発を行ったことにより、ナノメートルオーダーの穴径・多芯キャピラリと、数ミクロンオーダーの均一性に優れた穴径の多芯キャピラリの製作が実現し、当初の目標であるナノホールガスフィルターを製造するために必須となるサブミクロン(1μm以下)穴径の多芯キャピラリの試作に成功した。加えて、多段階熱延伸法によるナノメートルオーダーの穴径による多芯キャピラリ製作適応の有効性を確認するとともに、熱延伸法における隙間消滅技術が確立された。

従来のガラス多穴フィルターは、鉛ガラス製のみの存在であり、今回成功したナノメートルオーダー穴径の多芯キャピラリの実現について現在、特許を出願している。

4. 今後の取り組み

世界の半導体メーカーにおいて、極端紫外線(EUV)波長を用いた微細加工は、次世代技術として期待されている。本事業の成果は光源開発を加速させ、半導体チップの高機能化、集積化に寄与するとともに、情報、エネルギー、医療など多くの産業の活性化に資するものである。また、石英ガラスキャピラリの穴径や穴の数を改良することにより、医療用や分析機器など多くの分野に応用が可能であり、大きな波及効果が期待される。