



ファブリ・ペロー方式微細形状測定用 光ファイバプローブを用いた マイクロ三次元形状測定機の開発

北九州市立大学 国際環境工学部
村上 洋

1. はじめに

近年の微細加工技術の進歩に伴い、直径が数十 μm 以下の小径穴などの微細形状を測定する重要性は増加している。特に、微細金型や各種ノズル穴、光通信、医療、半導体・微小電気機械システム Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)、マイクロマシン等の分野において立体的で微細な三次元形状部品が増加しており、加工の高精度化・製品の高機能化のためこれらを精密に測定するニーズが増加している。例えば、半導体チップの内部を垂直に貫通する電極用の微細穴である Through-Silicon Via (TSV、直径 $10\ \mu\text{m}$ 以下、深さ $100\sim 500\ \mu\text{m}$) では、エッチングによる微細穴加工条件や、穴あけ後のめっき条件最適化のため、その側壁粗さや穴内部形状の非破壊での測定が要求されている。また、燃料噴射・インクジェット・化繊ノズルなどの微小径穴 (数 μm ~ 数 $100\ \mu\text{m}$) 内部の形状や粗さの測定が各機器の高機能化のために要望されている。穴以外にも MEMS ディープトレンチの幅や深さ、マイクロレンズアレイなど測定ニーズは多岐に渡る。しかし、現状では測定対象物を観察したい断面で切り出した上で電子顕微鏡等を用いて観察する破壊検査により測定している。しかし、破壊検査は一度実行するとその測定対象物は利用できなくなる。また、穴内部形状など、形状の全てを測定することはできない。さらに切り出し時の応力により測定対象物の状態が変わってしまう可能性もある。そのため、品質管理上の観点から非破壊・製品状態での測定が切望されている。

非破壊での検査方法としては従来から各種顕微鏡による測定が行われているが、上面からの測定であるため、穴入口部は測定可能であるが、穴内部は測定することができない。

微細形状の測定法に関しては国内外で様々な方法が提案されている^{1,2)}が、現状では、上記要求を満たす直径が数 μm 以下の微小径穴や溝、側壁粗さの測定に対応可能な微細形状の計測技術は確立されておらず、特に深穴や深溝を有する形状になると測定は極めて困難となる。

我々はこれまでに光ファイバをプローブとして使用した測定システムの開発を行ってきた³⁻⁶⁾。本測定システムでは光ファイバで製作したプローブシャフトの側面に収束レーザ光を照射し、その透過光を監視することによりプローブ接触子の測定対象面への接触を検知している。しかし、プローブシャフトの直径が数 μm 以下になると、レーザ照射部でのレーザスポット直径がシャフト直径よりも大きくなるため、レーザ光の回折が発生し、その影響により感度が低下するといった問題が生じる。また、XY 方向と Z 方向で感度が大きく異なる。さらに、プローブの測定対象面への接触を検知するためには光ファイバ近傍にレーザや集光用光学系、ディテクター、位置調整機構など多くの機器を設置する必要があるため、装置が大型化し、かつ光軸などの調整作業が煩雑になる。そこで、ファブリ・ペロー干渉計を光ファイバ内部に組み込み光ファイバプローブ自体をセンサ化することで、プローブ単体で測定対象面との接触を検知可能とする光ファイバプローブを提案する。プローブ先端部をセンサ化することで、微細径で剛性が低いプローブでも接触を検知可能となる。通常はプローブ先端部が測定対象面に接触した際の力をプローブ固定部のセンサに伝達するためプローブに一定以上の剛性が必要となる。本報では、プローブの測定原理、接着およびレーザ加工によるプローブ製作方法お