

Aqua Plasma[®]によるマイクロ流体チップの常温接合

【サムコ(株) 製品技術部、ヘルスケア事業部】

■はじめに

高齢化や長寿命化が進む社会で、健康面で質の高い生活を維持するためには、病気の兆候を早い段階でとらえることが最も重要とされている^[1]。これに応える有望な手段として体液中に存在し各種疾患に関連する特定のタンパク質や核酸などのバイオマーカーを日常的に個人レベルで取得、分析、診断することが挙げられ、“その場検査”が近年注目を集めている。これは診察室や家庭など患者の身近でリアルタイムに検査を行うことを意味する。これにより検査結果に応じた迅速な処置が可能となるため、治療方針や薬物使用量の適正化といった医療の質の向上に役立つと考えられている。しかしながら、一般に既存のバイオマーカー分析方法は大掛かりで専門機関で行われるため時間も費用も要す。また血液検査の場合、1項目あたり数ml単位の血液が必要で患者に大きなストレスを与える。安価かつ簡便であることに加え、高い感度と精度、そして少量の体液でその場検査を実現する新技術として期待されているのがマイクロ流体チップである。

チップ材料はガラスとシリコン樹脂がこれまでの主流であるが、シクロオレフィンポリマー(COP)は光学レンズ系に用いられるほど優れた光学的性質を有す。特に自家蛍光が樹脂でありながらガラスに匹敵するほど低く、また金型などでパターン形成も可能なことから、蛍光検出系のマイクロ流体チップへの応用が期待されている。しかしながら、疎水性表面をもつCOPは濡れ性や接着性が低く、このことがCOP製マイクロ流体チップを製造する際の障害となっている。エキシマランプなどを用いてVUV(真空紫外線)をCOP表面に照射すると、表面改質層が形成されて接着剤を使わずにCOP同士が接合されることが報告されているが、加熱と加圧を必要とするので流路パターンが変形する、あるいはVUV照射によりCOPが変質して自家蛍光が増大する問題があった。

今回報告^[2]する水蒸気を原料に用いた減圧水蒸気プラズマ処理法(Aqua Plasma[®])は、優れた表面改質効果があり、プラズマ処理だけでCOP同士が常温自重で接合されることを発見した。

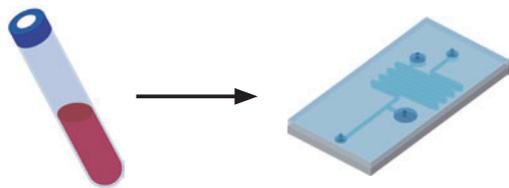


図1. (左)従来のバイオマーカー分析と(右)マイクロ流体チップ

■実験

COPサンプルは日本ゼオン製ZEONORの板(8mm×30mm、厚み0.5mm)を使用した。処理装置はサムコ製AQ-2000を用い、真空チャンバーに流す水蒸気流量は20sccm、RFパワー(13.56MHz)を100Wに固定し、処理時間は40秒を基準に変化させた。処理後にサンプルを2枚重ね合わせて常温自重で接合後、曲げ接着強さ試験(JIS K 6856)に準じて接合強度を測定した。純水の接触角測定を協和界面科学製CA-Dで行った。評価はVUV(波長172nm 照度10mW/cm²)を大気中にて距離2mmで10分間照射したサンプルと酸素プラズマで処理したサンプルと比較した。また、処理によるCOPの表層5nm程度の化学的結合状態の変化を調べるためにXPS(X線光電子分光分析法、アルバック・ファイ製PHI 5000 Versa Probe II)で分析した。

結果1. COP同士が常温自重で接合

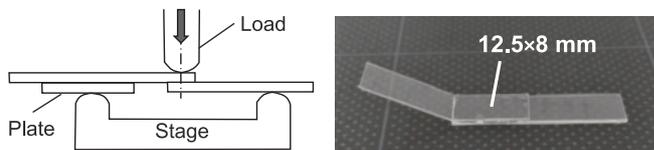


図2. (左)接合強度試験法と(右)試験で母材破壊したサンプル

- ✓ VUVと酸素プラズマ処理は常温では接合されなかった
- ✓ Aqua PlasmaではCOP同士が常温自重で接合され、試験時に1N/cm²以上の接合強度で母材が破壊された。

結果2. COPが超親水化

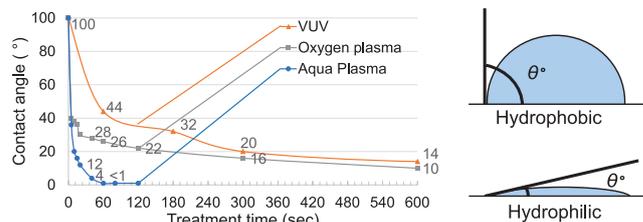


図3. 水接触角測定結果

- 液体流動性を得るために流路の水接触角は低いほど良い。
- ✓ VUVや酸素プラズマではCOPは10°以上で飽和した。
 - ✓ 接触角が5°を下回ると超親水性と呼ばれるが、Aqua Plasmaでは60秒処理で1°未満に超親水化された。

結果3. カルボキシル基が酸素プラズマ処理の3倍

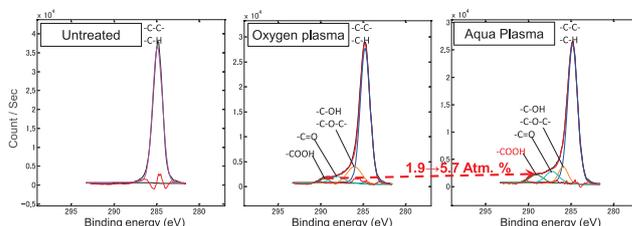


図4. COPのC1s XPS分析結果

- ✓ Aqua Plasma後のCOP表面からは官能基が検出されたが、-COOHの割合が酸素プラズマ処理の3倍であり、常温接合や超親水化には-COOHが特に寄与すると推察している。

■まとめ

COPはAqua Plasmaの処理だけで常温自重で接合し強度試験時に母材破壊に至った。また表面は超親水化され、VUVや酸素プラズマに対する優位性が示された。Aqua Plasma後のCOP表面は特に-COOHが高い割合で検出された。Aqua PlasmaではOH、H、Oのラジカルがプラズマ中で生成されることが分かっており、これらの活性種による反応でCOP表面に-COOHなどの官能基が生成され、常温接合や超親水化に至ることが推定される。

■参考文献

- [1] 石原 量・長谷川和貴・細川 和生・前田 瑞夫, “自律駆動マイクロ流体チップと層流樹状増幅法によるタンパク質と核酸の検出,” *Bunseki Kagaku*, vol. 64, no. 5, pp. 319–328, May 2015.
- [2] 寺井弘和・船橋理佐・角田正也, “Aqua Plasma(水蒸気プラズマ)によるCOPの常温接合,” 化学とマイクロ・ナノシステム学会研究会講演要旨集, vol. 35th, p. 47, 2017.

※ Aqua Plasma[®] 商標登録番号 第5899818号
 ※ 日本及び海外特許5件出願中