

Title	ガラス変形を利用したフェムトリットルバルブによるナノ流体集積回路の構築
Sub Title	Construction of nanochannel integrated circuit by femtoliter-valve utilizing glass deformation
Author	嘉副, 裕(Kazoe, Yutaka)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2022
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2021.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>100 nm空間を利用したナノ流体工学が進展し、細胞1個よりも桁で小さい体積fLレベルでの化学操作が可能となった。これにより、1細胞が産生する超微量タンパクを網羅分析する1細胞プロテオミクスなどバイオ・医学における極限分析の新たな方法論を創成できると期待される。しかし、そのためにはナノ流体デバイスに混合、反応、分離などの化学操作を集積化して体積fLの試料を化学プロセッシングすることが不可欠であるが、現状のナノ流体工学ではナノ流路を開閉して試薬を切り替えるためのバルブがなく、集積化は困難である。一方、代表者は、機械的・化学的安定性からナノ流体デバイスの材料として用いられるガラスであってもナノスケールであれば弾性変形することに着目し、ガラス変形によりナノ流路を開閉するバルブを開発してきた。しかし、現状ではバルブの駆動に数ミリサイズのピエゾアクチュエータを用いており、デバイスへの複数バルブの実装が困難である。そこで本研究では、ナノ流路開閉バルブを高度に集積化可能な小型・高水圧アクチュエータを開発した。ガラスの弾性変形によるナノ流路開閉には10 MPaの高圧が必要である。そこで、ナノ流路バルブの上部に水圧用マイクロ流路を配置し、これを高水圧ポンプと接続したバルブ制御システムを構築した。水圧用マイクロ流路に高圧を印可することで厚さ30 μmのガラスが弾性変形し、幅200 μm、深さ80 nmのナノ流路バルブを開閉する。以上の設計に基づき、ガラスのトップダウン・ナノ加工により高水圧アクチュエータとナノ流路開閉バルブを組み込んだナノ流体デバイスを作製した。作製したデバイスを用いてバルブの動作検証を行った。蛍光溶液を幅・深さ900 nmのナノ流路とバルブに導入し、水圧用マイクロ流路の圧力を1 MPaずつ増加させたところ、圧力増加に伴いガラスが弾性変形しバルブが閉じることを確認できた。以上、開発した高水圧アクチュエータにより駆動するナノ流路開閉バルブの動作検証に成功した。</p> <p>Nanofluidics exploiting 100 nm spaces has developed and allowed chemical operations with the volumes of femtoliter (fL) which is much smaller than single cell. By this new engineering approach, creation of novel analytical methodologies for the fields of biology and medicine such as single cell proteomics by comprehensive analysis of proteins produced from single cell is expected. However, although chemical processing of fL samples by integrating various chemical operations (mixing, reaction, separation, etc.) is required for such applications, current nanofluidic technologies have no nanochannel open/close valves for switching reagents and thus, integration of chemical operations is difficult. Recently, we have developed a valve for opening/closing nanochannel by glass deformation, considering that even the glass, which is used as the material of nanofluidic devices due to mechanical and chemical stabilities, can deform elastically in nanometer-scale. However, since a millimeter-sized piezo actuator is utilized to drive the valve, implementation of multiple valves on a device is still challenging. Therefore, in this study, we developed a miniaturized high-water pressure actuator for highly-integration of the nanochannel open/close valve. To open/close a nanochannel by the elastic glass deformation, a high pressure in the order of 10 MPa is required. For this purpose, we constructed a valve control system composed of a microchannel for applying the water pressure located in the upper side of a nanochannel valve, and a high-water pressure pump connected to the microchannel. By applying the high-water pressure to the microchannel, a nanochannel valve with 200 μm width and 80 nm depth can be closed by elastic deformation of a glass with 30 μm thickness. Based on the design, a nanofluidic device containing a high-water pressure actuator and a nanochannel open/close valve was fabricated by top-down nanofabrication technologies. Using the fabricated device, proof-of-principle experiments were conducted. A fluorescence solution was injected into a nanochannel with 900 nm width and depth and the valve. By increasing the water pressure applied to the microchannel by 1 MPa, closing the valve by the elastic glass deformation was confirmed. Accordingly, we successfully verified the working principle of the nanochannel open/close valve driven by the developed high-water pressure actuator.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2021000003-20210215

保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	准教授	補助額	500（特B）千円
	氏名	嘉副 裕	氏名（英語）	Yutaka Kazoe		
研究課題（日本語）						
ガラス変形を利用したフェムトリットルバルブによるナノ流体集積回路の構築						
研究課題（英訳）						
Construction of nanochannel integrated circuit by femtoliter-valve utilizing glass deformation						
1. 研究成果実績の概要						
<p>100 nm 空間を利用したナノ流体工学が進展し、細胞 1 個よりも桁で小さい体積 fL レベルでの化学操作が可能となった。これにより、1 細胞が産生する超微量タンパクを網羅分析する 1 細胞プロテオミクスなどバイオ・医学における極限分析の新たな方法論を創成できると期待される。しかし、そのためにはナノ流体デバイスに混合、反応、分離などの化学操作を集積化して体積 fL の試料を化学プロセッシングすることが不可欠であるが、現状のナノ流体工学ではナノ流路を開閉して試薬を切り替えるためのバルブがなく、集積化は困難である。一方、代表者は、機械的・化学的安定性からナノ流体デバイスの材料として用いられるガラスであってもナノスケールであれば弾性変形することに着目し、ガラス変形によりナノ流路を開閉するバルブを開発してきた。しかし、現状ではバルブの駆動に数ミリサイズのピエゾアクチュエータを用いており、デバイスへの複数バルブの実装が困難である。そこで本研究では、ナノ流路開閉バルブを高度に集積化可能な小型・高水圧アクチュエータを開発した。ガラスの弾性変形によるナノ流路開閉には 10 MPa の高圧が必要である。そこで、ナノ流路バルブの上部に水圧用マイクロ流路を配置し、これを高水圧ポンプと接続したバルブ制御システムを構築した。水圧用マイクロ流路に高圧を印可することで厚さ 30 μm のガラスが弾性変形し、幅 200 μm、深さ 80 nm のナノ流路バルブを開閉する。以上の設計に基づき、ガラスのトップダウン・ナノ加工により高水圧アクチュエータとナノ流路開閉バルブを組込んだナノ流体デバイスを作製した。作製したデバイスを用いてバルブの動作検証を行った。蛍光溶液を幅・深さ 900 nm のナノ流路とバルブに導入し、水圧用マイクロ流路の圧力を 1 MPa ずつ増加させたところ、圧力増加に伴いガラスが弾性変形しバルブが閉じることを確認できた。以上、開発した高水圧アクチュエータにより駆動するナノ流路開閉バルブの動作検証に成功した。</p>						
2. 研究成果実績の概要（英訳）						
<p>Nanofluidics exploiting 100 nm spaces has developed and allowed chemical operations with the volumes of femtoliter (fL) which is much smaller than single cell. By this new engineering approach, creation of novel analytical methodologies for the fields of biology and medicine such as single cell proteomics by comprehensive analysis of proteins produced from single cell is expected. However, although chemical processing of fL samples by integrating various chemical operations (mixing, reaction, separation, etc.) is required for such applications, current nanofluidic technologies have no nanochannel open/close valves for switching reagents and thus, integration of chemical operations is difficult. Recently, we have developed a valve for opening/closing nanochannel by glass deformation, considering that even the glass, which is used as the material of nanofluidic devices due to mechanical and chemical stabilities, can deform elastically in nanometer-scale. However, since a millimeter-sized piezo actuator is utilized to drive the valve, implementation of multiple valves on a device is still challenging. Therefore, in this study, we developed a miniaturized high-water pressure actuator for highly-integration of the nanochannel open/close valve. To open/close a nanochannel by the elastic glass deformation, a high pressure in the order of 10 MPa is required. For this purpose, we constructed a valve control system composed of a microchannel for applying the water pressure located in the upper side of a nanochannel valve, and a high-water pressure pump connected to the microchannel. By applying the high-water pressure to the microchannel, a nanochannel valve with 200 μm width and 80 nm depth can be closed by elastic deformation of a glass with 30 μm thickness. Based on the design, a nanofluidic device containing a high-water pressure actuator and a nanochannel open/close valve was fabricated by top-down nanofabrication technologies. Using the fabricated device, proof-of-principle experiments were conducted. A fluorescence solution was injected into a nanochannel with 900 nm width and depth and the valve. By increasing the water pressure applied to the microchannel by 1 MPa, closing the valve by the elastic glass deformation was confirmed. Accordingly, we successfully verified the working principle of the nanochannel open/close valve driven by the developed high-water pressure actuator.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			