

**MEMS における異種材料間直接接合のメカニズムの解明**  
**— Ar イオン照射の効果について**  
**Elucidation of mechanism of a direct bonding technique between**  
**different materials in MEMS — Effect of Ar ion irradiation**

矢代航<sup>a</sup>, 小金澤智之<sup>b</sup>, 坂田修身<sup>b</sup>, 西本和史<sup>c</sup>, 石澤直也<sup>c</sup>, 植田寛康<sup>d</sup>, 服部正<sup>c</sup>  
Wataru Yashiro<sup>a</sup>, Tomoyuki Koganezawa<sup>b</sup>, Osami Sakata<sup>b</sup>, Kazufumi Nishimoto<sup>c</sup>,  
Naoya Ishizawa<sup>c</sup>, Hiroyasu Ueda<sup>d</sup>, Tadashi Hattori<sup>c</sup>

<sup>a</sup>東京大学新領域, <sup>b</sup>財高輝度光科学研究センター, <sup>c</sup>兵庫県立大学, <sup>d</sup>㈱東海理化  
<sup>a</sup>UNIV. TOKYO, <sup>b</sup>JASRI, <sup>c</sup>UNIV. HYOGO, <sup>a</sup>TOKAIRIKA, CO.LTD.

X 線反射率法により水蒸気イオン照射により形成した異種材料間の直接接合界面の接合メカニズムの解明を目指した。特に水蒸気イオン照射前の Ar イオン照射が接合強度を大きくすることに注目し、Ar イオン照射の有無によって接合界面がどのように変化するか調べた。

キーワード： MEMS、X 線反射率法、表面改質

**背景と研究目的：**

近年、微細加工技術によりサブミクロンサイズのマイクロマシンを三次元的に作製する MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術が大きな発展を遂げている[1,2]。このようなマイクロマシンの構築においては、微細加工技術により個別に作製した微小部品を組み立てる技術 (アセンブリ技術) の開発が一つの大きな課題である。サイズが微小なため、通常のサイズの機械に用いられるようなネジやボルトによる組み立ては一般に困難である。また、溶接や拡散接合、圧接などでは、融点に近い高温や高圧が要求されるため、部品に熱ひずみなどによる損傷を与えてしまう。さらに接着剤による間接接合では、組み付け精度や接着剤の濡れの問題で適用範囲が限定される。そのようななか、本研究の協力者の一人である服部氏により開発された直接接合技術がブレークスルーを与える技術として最近大きな注目を集めている[3]。この技術は、異種材料を接着剤なしに直接的に接合するものであり、従来の方法では困難であった低温、低圧での接合が可能である画期的なものである。この方法では接合したい面に真空中でイオン化された水蒸気を照射し、その後接合面どうしを接触させて低圧で加圧することにより接合を実現するというものである。本研究では X 線反射率法および中性子反射率法の相補的に利用することによって、接合界面の電子密度分布を明らかにすることで、接合のメカニズムの解明を目指している。今回は特に水蒸気イオン照射前の Ar イオンの照射に注目した。Ar イオンの照射によって接合強度が大きくなることが実験的に確認されている。

**実験および結果：**

X 線反射率測定は BL46XU の HUBER 社製の多軸回折計により行った。X 線の波長を 1.0 Å とし、試料の表面を水平面内に固定して測定した。試料としては、4 インチシリコン上にエポキシ性樹脂 (SU-8) をスピコートした後に分割したものをを用いた。うち一枚については、Ar イオンを照射後に水蒸気イオン照射し (図 1)、そのまま真空中で Cu を成膜した。また他の一枚は Ar イオン照射をせずに水蒸気イオンを照射し、Cu を成膜した。図 2 に X 線反射率測定の結果を示す。横軸は 2θ、実線、点線、破線はそれぞれ SU-8 のみ (Cu 層なし)、Ar イオン照射あり、Ar イオン照射なしの試料の X 線反射率を示している。図のように三種類の試料で明らかに有意な差が見られた。

**今後の課題：**

実験の再現性も含めたより詳細な検討が必要である。また X 線反射率法は中性子反射率法と相補的に利用することで大きな威力を発揮する。今後、中性子反射率測の結果と合わせて考察して

いきたいと考えている。

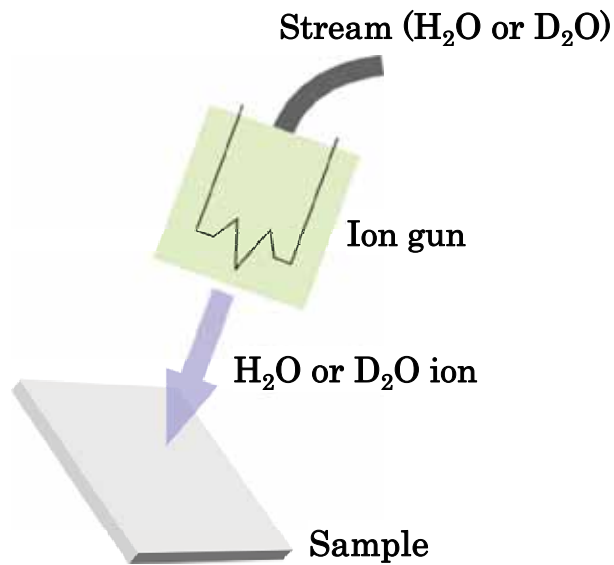


図 1. 異種材料の直接接合（水蒸気イオンおよび重水イオン照射） [3]。

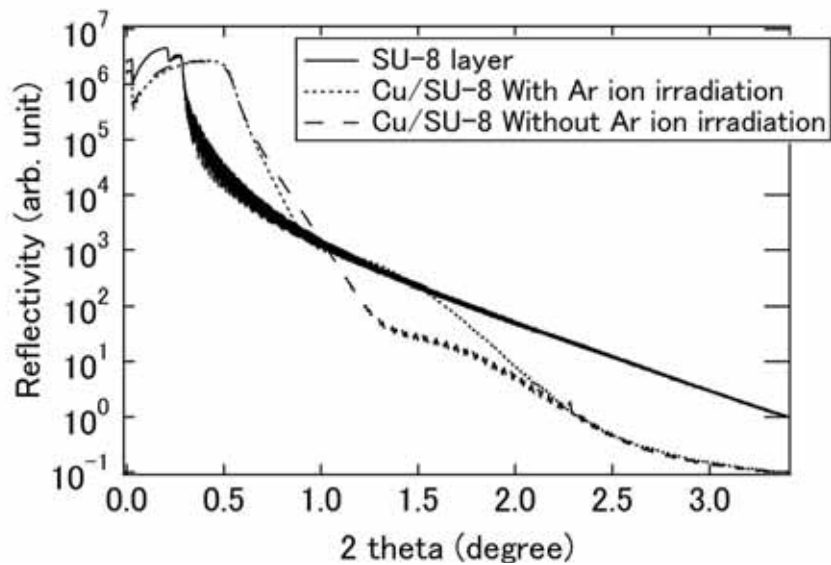


図 2. X線反射率測定の結果。実線、点線、破線はそれぞれ SU-8 のみ、Cu/SU-8 (Ar イオン照射あり)、Cu/SU-8 (Ar イオン照射なし) の試料の X 線反射率。

参考文献：

- [1] E. W. Becker, W. Ehrfeld, P. Haggmann, A. Maner, and D. Munchmeyer, *Microelectron. Eng.* 4, 35-56 (1986).
- [2] A. Teshigahara, M. Watanabe, N. Kawahara, Y. Ohtsuka, and T. Hattori, *J. Microelectromech. Sys.* 4, 76-80 (1995).
- [3] H. Ueda, H. Ueno, K. Itoigawa, and T. Hattori, 2006 International Symposium on Micro-Nanomechatronics and Human Science, 545-550 (2006).