



4.16 表面活性化手法による光学素子接合技術の開発  
**Developments of a bonding technique for optical materials  
by a surface activation method**

杉山 僚<sup>a</sup>、小田知弘<sup>b</sup>、阿部智之<sup>b</sup>、楠 勲<sup>b</sup>

<sup>a</sup> 日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センター  
〒619-0215 京都府相楽郡木津町梅美台 8-1

**Akira SUGIYAMA**

Advanced Photon Research Center, Kansai Research Establishment,  
Japan Atomic Energy Research Institute  
8-1 Umemidai Kizu-cho, Souraku-gun, Kyoto 619-0215 Japan

<sup>b</sup> アユミ工業株式会社

〒671-0225 兵庫県姫路市別所町家具町 60 番地

**Tomohiro ODA, Tomoyuki ABE and Isao KUSUNOKI**

**Ayumi Industry Co. Ltd.**

60 Kagumachi, Bessho-cho, Himeji, Hyogo 671-0225 Japan

We started developing the laser crystal bonding by the surface activation method which can splice crystals together without using hydrogen bonding. For the surface activation, neutral argon beams were used for irradiation of specimens. In the bonding trials with sapphire crystals, we recognized possibility of the bonding method for optical elements.

**Keywords: Surface Activation Bonding, Laser Crystal, Sapphire, Etching Rate**

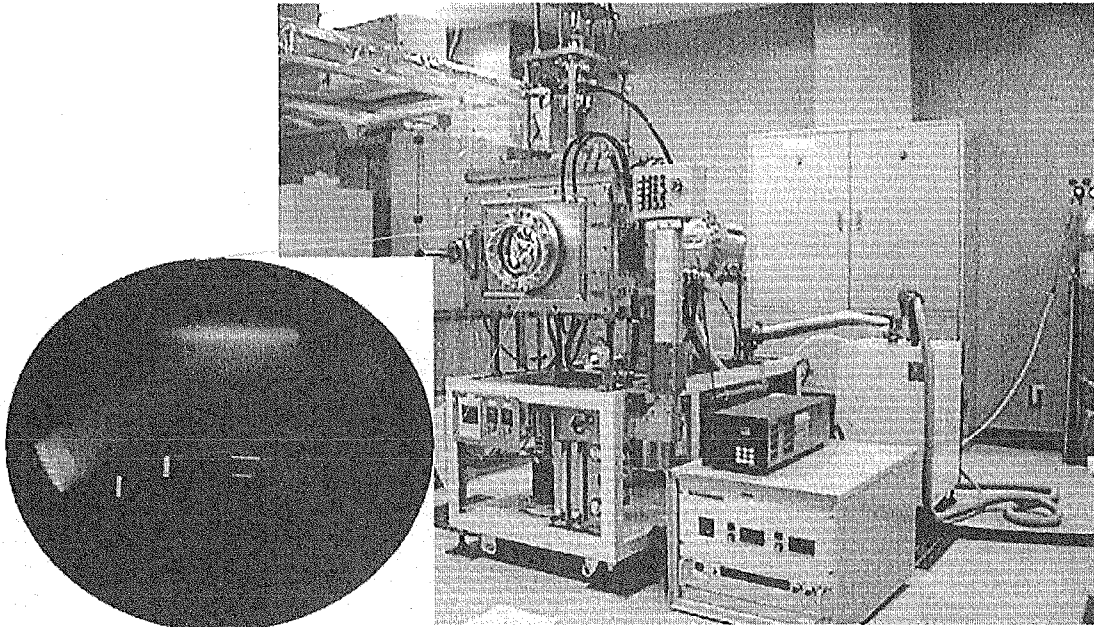
1. はじめに

光量子科学研究センターにおける次世代の超高ピーク出力レーザーを開発する上で、耐熱性の高い光学素子や複合的な光機能を誘発できる新たな光学素子を開発することは必要不可欠である。我々はこの実現に向けて、今回新たな接合技術の開発を行っている。水素結合を用いた従来の結晶接合法[1-4]と原理的に全く異なる表面活性化法では、接合表面をビーム照射によってエッチングすると共にダングリングボンドを形成させることで、原子間引力による接合を界面に生じさせる。このため、高真空容器の中に置かれた2式の中性アルゴンビーム発生機構によって、サンプルの接合表面を同時に照射しつつ常温で接合するための表面活性化接合装置を製作した。

表面活性化法では、ビーム照射によって生じる表面の構造変化を把握することが重要である。そこでサンプルに単結晶サファイアを用いて、照射後表面の段差測定からエッチングレートを測定した。さらに、直径2インチのサファイア板を用いた接合試験を行った。

## 2. 表面活性化接合装置の製作

当装置は、超高真空容器内に配置された活性化のための FAB (Fast Atom Bombardment: 高速原子照射) ユニット・電源、均一温度で全面を加熱するためのヒーター内蔵サンプルホルダー、接合する際にサンプルに圧力を印加するための加重機構、FAB を安定に照射するために必要な真空環境を達成するための高い排気速度を備えた排気系および測定・制御系、ならびにガス・冷却水供給系、架台等から構成される。Fig. 1 に製作した装置を示す。



アユミ工業株式会社製 (姫路市)

Fig. 1

## 3. エッチレート測定

ドライエッチングに用いたアルゴンイオンビーム照射でのエッチレートは、加速電圧 0.2keV、ビーム電流 10mA において、およそ 30 nm/h であった[3-4]。イオンビームを酸化物に照射すると、チャージアップが生じる。そのため、帯電後のサンプル表面をイオンビームで照射しても反跳によって、スパッタリングの効果は初期に比べて低下してしまう。一方、今回製作した表面活性化接合装置の FAB ユニットから発生する中性アルゴンビームは、イオンビームを発生させた後に電荷交換反応によって中性化されたビームである。従って、イオンが完全に除去されたビームではなく、正電荷が数パーセント程度存在していると思われるが、絶縁体・誘電体等の光学結晶のエッチングには、最も適したビームであると考えられる。今回製作した中性アルゴンビーム照射による単結晶サファイアのドライエッチング試験を行ない、単結晶サファイアのエッチレートを測定した。サンプルの一部を薄いシリコン板で覆った後にアルゴンビームを照射した。この際にサンプル表面に現れる段差を(Accrettech 社: SURF COM 3000A)にて計測した。各照射条件におけるエッチレートの測定結果を Fig.2. に示す。

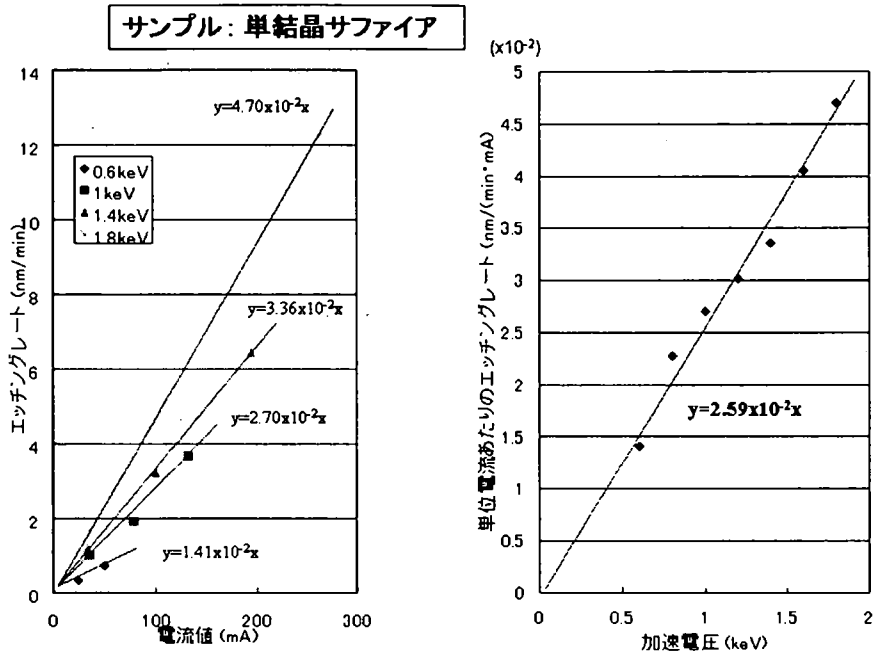


Fig.2

Fig. 2 に示したグラフから、加速電圧 0.2keV、ビーム電流 10mA では、およそ 3 nm/h と推測される。この値は、以前のアルゴンイオンビームによる測定値の 1/10 と小さいが、用いたサンプルが異なるため、単純に比較することはできない。

Fig.2 の測定結果をもとに、加速電圧 1keV 及び電流 80mA の照射により 30nm エッチングした状態で接合試験を行った。その結果、Fig.3(a)に示すように、常温接合時にサンプル中央部に未接合部分が生じたが、接合後におよそ 50 時間の高温熱処理を行うことで、接合界面の原子が熱拡散し未接合部が消失した (Fig. 3 (b)参照)。

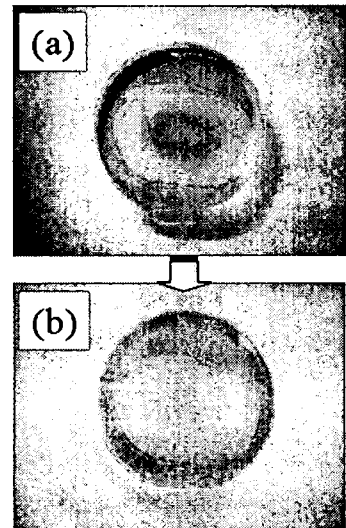


Fig.3

#### 4. 結論

常温での結晶接合を行なうための表面活性化接合用装置を製作した。表面活性化のための中性アルゴンビームによるサファイア結晶のエッチング測定からエッチングレート  $y$  は、 $y = 2.59 \times 10^{-2} X$  (加速電圧) (nm/(min·mA)) で与えられることがわかった。サファイア結晶の接合試験から、接合時に生じたボイドは高温処理によって消失できる結果を得た。

#### 5. 参考文献

- [1] A. Sugiyama, et. al., Appl. Opt., 37 (1998) 2407-2410.
- [2] A. Sugiyama, et. al., technical digest, CLEO/Pacific Rim 2001, WH3-3 (2001) pp. II 460-461.
- [3] A. Sugiyama, et. al., Proc of SPIE., 4944 (2002) 361-368.
- [4] A. Sugiyama, et. al., J. Mater. Sci.: Materials in Electronics, 15 (2004) 607-612.