

Off resonance microwave ion source for high-current molecular ion beams

Y.Tamashiro, R.Nishimoto, T.Shinohara, Y.Tashiro, N.Sakudo,
Advanced Materials Science R&D center, Kanazawa Institute of Technology
3-1Yatukaho,Matto,Ishikawa,924-0838 Japan

Abstract

As the integration of semiconductor devices proceeds, each device size shrinks, resulting in requiring the lower p-n junction depth. Thus, molecular ion BF_2^+ is often utilized in place of B^+ regarding p-region formation. Microwave ion source is tuned to provide very high-current of such molecular ion beams. In this study we vary the source-magnetic field for a wide range from less than a tenth of the ECR magnetic field (87.5 mT for 2.45 GHz) to 1.3 times the ECR field. The result shows that the highest current for BF_2^+ ions is obtained at the magnetic field of 10 - 30 mT, although the highest B^+ current has been obtained at over the ECR field.

大電流分子イオンビーム用非共鳴マイクロ波イオン源

1. 目的

近年、半導体デバイスはより高集積化、低消費電力化、高速化が要望されている。高集積化に関しては年々その集積度は高まっており、そのためデバイスサイズが極端に小さくなってきた。

MOS型トランジスタを例に挙げると、現在要求されている接合深さは数十nmというように極めて浅い。これを実現するためには低エネルギーのイオン注入技術が必要不可欠となる。しかし、低エネルギーでイオンビームを引き出すとビーム電流が著しく低下するという装置上の問題が生じる。したがって、デバイスの生産効率が低下しコストが高くなってしまふ。そのような点から、低エネルギーにおけるイオンビームの大電流化は今後重要な課題となるであろう。

本研究ではこれまでイオンビームの大電流化という観点で実験を行ってきたが、マイクロ波イオン源を動作させるために必要となるパラメータに関して系統的なデータを測定していなかった。そこで、マイクロ波イオン源に対し重要なパラメータである磁束密度とマイクロ波電力を大幅に変化させた場合に引き出される原子イオンや分子イオンビームがどのように変わるのかを実験し、これらのデータをもとに、今後イオンビームを大電流化させ、イオン注入技術の高効率化を目指すための検討をした。

2. 実験装置

2.1 実験装置

実験装置には、半導体製造工場で広く使用されている APPLIED MATERIALS 社製イオン注入装置 XR80 をビーム測定用に改造したものを使用した^[1]。

装置の基本動作原理は、イオン源のチャンバー内に生成したプラズマから、イオンをビーム状に引き出し、質量分析器により必要なイオン種を選択する。そしてウェハの置かれる位置にファラデーカップ

(ビームストップ)を設置し、注入されるイオン電流値を測定している。装置の状況及び電流値等は、コントロールパネルにより表示、制御される。

2.2 マイクロ波イオン源

実験に使用したマイクロ波イオン源の概略図を図1に示す。非共鳴マイクロ波プラズマから大電流を引出す方式である^{[2]~[4]}。コイルによって発生させた直流磁界をプラズマチャンバー内に集中させ、そこに導波管を通してマイクロ波を導入し、ガス管からガスを導入することでプラズマを生成している。このイオン源は、これまで大電流の一価単原子イオンを取るため ECR 条件よりも高い磁界で動作させていた。

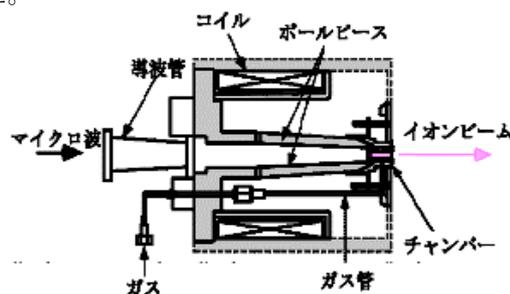


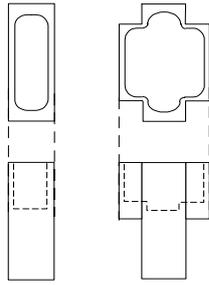
図1 マイクロ波イオン源概略図

3. 実験内容

本研究ではイオン注入の用途に応じて、単原子イオンと分子イオンをそれぞれ最も効率よくとる条件を見つけることを目的として、マイクロ波イオン源の動作に必要な重要なパラメータである、磁束密度、マイクロ波電力などを変化させそれぞれに対しイオンビームがどのような影響を受けるかを実験により確認した。実験条件として、形状、容積の異なる2種類のチャンバーを作り、それらを用いて測

定を行った。チャンバー形状を図2に示す。加速電圧は20kVと一定としている。このエネルギーは BF_2^+ の場合約25nmの深さでの注入が可能であり、 B^+ の場合は約100nmの深さに注入が可能となる。したがって、現在の半導体で求められている接合深さよりも浅い接合形成が可能なイオンエネルギー領域での実験になる。

chamber A chamber B



20.8[cm³] 50.2[cm³]

図2 チャンバー形状

4. 実験結果

図3~6にそれぞれのチャンバーによる磁束密度とビーム電流値の関係を示す。図3と5からわかるように BF_2^+ については10~30mTの間で電流値のピークが測定でき、その後電流値は徐々に減少し、40mT以上はほぼ一定となった。また、マイクロ波電力に着目すると、700~900Wでは大きい電流が得られる。一方 B^+ については図4と6に示すように BF_2^+ でピークが測定できた磁束密度の近傍で一度電流値が高くなるが、それ以上の磁束密度では減少した後再び増大する。チャンバーAでは70mT以上でほぼ定常状態となるが、チャンバーBでは図6に示すようにECR磁束密度を超えても電流が増大する。マイクロ波電力に着目すると BF_2^+ と同様に700W以上では比較的大電流値が得られる。

BF_2^+ と B^+ で電流ピーク値が得られる磁束密度の値が大きく異なっている。 BF_2^+ はECR磁界(87.5mT)の数分の1のところ電流値が増大になるが、 B^+ はECR磁界よりも高いところでピーク値をとる。この理由として、プラズマ生成ガスとして使用している BF_3 の解離・電離エネルギーが関係していると考えられる。 B^+ を生成する場合はFを全て解離する必要がある。したがって、より高い電子温度が必要となる。磁束密度が高いと電子の閉じ込め効果が高まり、電子温度が上昇し、逆に磁束密度が低い場合はこの逆になりソフトなイオン化が期待できる。図5.6にチャンバーBによる結果を示す。これは先に図3.4で示したチャンバーAとほぼ類似する結果となった。また、チャンバーAでは電流値の変動が大きい部分も見られたが、チャンバーBの場合はそのような傾向が少なく比較的稳定したイオンビームが得られる。

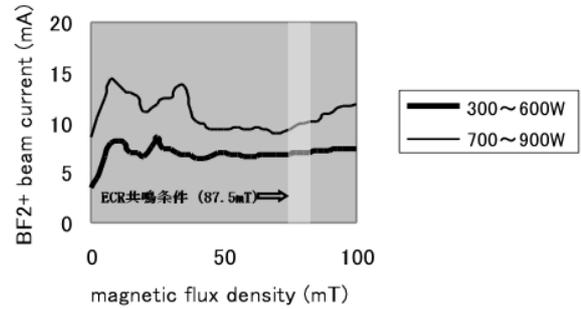


図3 磁束密度変化による BF_2^+ ビーム電流値 (チャンバーA)

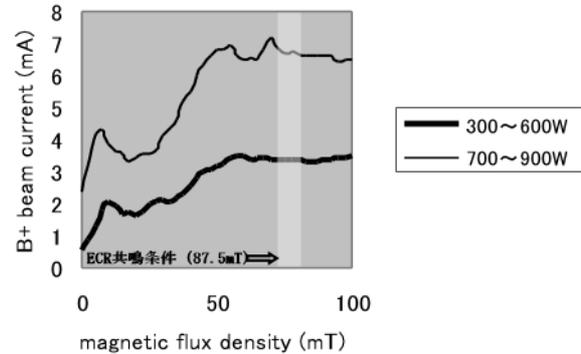


図4 磁束密度変化による B^+ ビーム電流値 (チャンバーA)

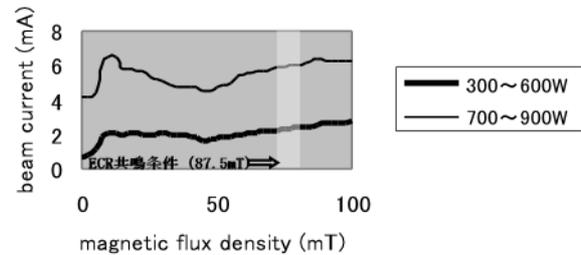


図5 磁束密度変化による BF_2^+ ビーム電流値 (チャンバーB)

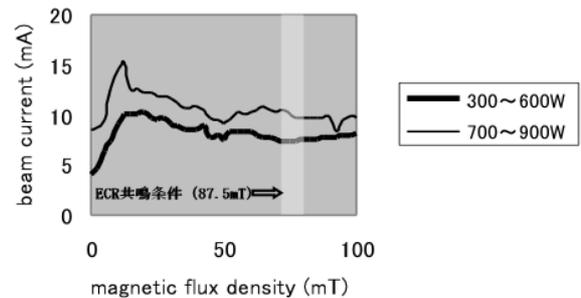


図6 磁束密度変化による B^+ ビーム電流値 (チャンバーB)

5. 結論

今回はマイクロ波イオン源においてプラズマを生成するために必要となるパラメータを変化させることにより、引き出される分子イオン、単原子イオンビームがそれぞれどのような影響を受けるかを実験により確認した。磁束密度についてはいずれのイオン種も非共鳴な磁束密度においてピーク電流値が得られている。すなわち、分子イオン BF_2^+ はECR磁界の $1/3 \sim 1/9$ の磁束密度でイオン電流が最大になり、単原子イオンの B^+ はECR磁界よりも $2 \sim 3$ 割高い磁束密度でイオン電流が最大になる。また、マイクロ波イオン源は非共鳴でプラズマを生成するため電子温度も比較的低くすることが可能である。そのため、分子イオンに対して非常に有効であることがわかる。したがって、これらのパラメータを必要なイオン種に応じて制御することにより、さらに大電流のイオンビームが得られることが期待できる。

参考文献

- [1] H.Ito, S.Ito, M.Takahashi, N.Sakudo and A.Kawasaki, "Microwave ion source for ultra clean ion implantation" Ion Implantation-Technology-98 (2000) 346-349
- [2] N.Sakudo, K.Tokiguchi, H.Koike and I.Kanomata, Rev. Sci. Instrum. 48(1977)762-766
- [3] N.Sakudo, K.Tokiguchi, H.Koike and I.Kanomata, Rev. Sci. Instrum. 54(1983)681-684
- [4] N.Sakudo, Rev. Sci. Instrum. 71(2000) 1016-1022