

フェムト秒レーザーを用いた電気光学効果によるAFM装置の開発



SATテクノロジー・ショーケース2020

■ はじめに

近年、IT機器の省エネ化と高速化を達成するために微細加工技術は急速な進展を遂げてきており、Society 5.0の実現に伴って半導体ナノデバイスの評価技術の重要性が更に高まることが予想される。しかし、回路動作の評価に用いる従来の金属探針を用いた電気的なサンプリング法では、高速なデバイスの評価において時間分解能が不十分である。そこで、我々はフェムト秒領域の超高速現象であるポッケルス効果を利用した電気光学(EO)サンプリング^[1](Fig.1(a))に着目し、EOサンプリングによる電場計測を微小な電子回路上で達成する目的で研究を行っている。最終的には、従来の原子間力顕微鏡(AFM)システムと組み合わせることにより、高速電子回路の構造と動作を同時に評価することに適した装置の開発を目指す。

■ 活動内容

1. リン化ガリウム(GaP)を用いたEOサンプリング

ポッケルス効果は結晶中に生じた電場に比例してその屈折率が変化する現象である。実験的には、結晶の偏光特性の変化としてポッケルス効果を検出することが可能で、それにより電場計測を行う方法がEOサンプリングとして知られている。我々は、ポッケルス効果が大きいEO結晶の一つであるGaPを用いて、フェムト秒レーザー自身の電場によるポッケルス効果を過渡反射率変化のEO信号($\Delta R_{eo}(t)/R$)としてEOサンプリングによって検出した(Fig.1(b))。フェムト秒レーザーの時間幅は約30 fsであるのに対し、Gaussian Fittingによって得られた時間幅はレーザーの自己相関関数の幅にほぼ等しい約44 fsであった。本計測法はこの時間幅と同程度の時間分解能を有していることが明らかになった。

2. GaP結晶探針を有するカンチレバーの作製

AFMでは原子間力(主にファンデルワールス力)を用いて計測を行う。AFM計測とEOサンプリングを両立するためにはGaP結晶を探針状に加工してカンチレバーに取り付ける必要がある。我々は30 kVで加速したGa⁺イオンビームによるFIB装置を用いて加工した。

FIB装置による加工には入射Ga⁺イオンの散乱によってダメージ層が形成されるという問題がある。そこで、2体衝突シミュレーションSRIM^[2]を用いて入射面に垂直な面(YZ面)に関して入射Ga⁺イオンの分布(Fig.2)、および侵入深さを求めた。その結果、侵入深さは100 Å(標準偏差59 Å)と

なった。

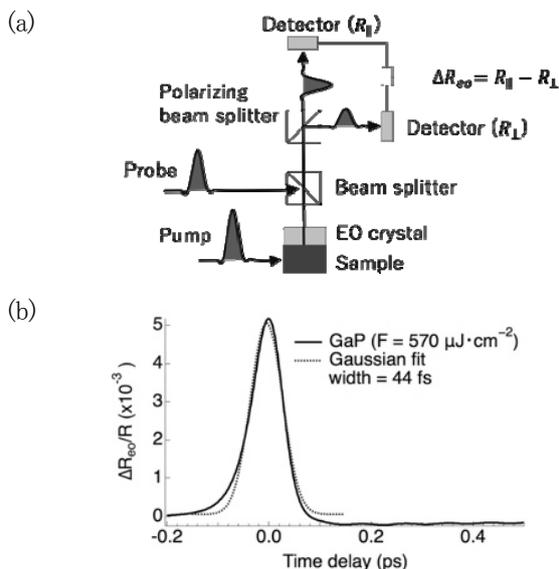


Fig.1 (a)EOサンプリングの概略図 (b)フェムト秒レーザー(Pump光)のEO信号($\Delta R_{eo}(t)/R$)の測定結果

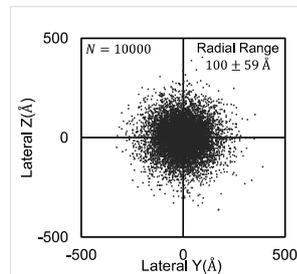


Fig.2 入射面に垂直な面(YZ面)に関する入射Ga⁺イオンの分布のTRIMシミュレーション結果

■ 謝辞

本研究は、JST-CREST (JPMJCR1875)の支援を受けた。また、FIB装置の利用に際して関口隆史教授(筑波大学数理物質系)に助言を頂いた。

[1] 板谷太郎, 中川 格, 応用物理 67, 564 (1998).

[2] J. F. Ziegler, J. P. Biersack, U. Littmark, *The Stopping and Range of Ions in Matter* (Pergamon Press, 1985).

代表発表者 市川 卓人(いちかわ たくと)
 所属 筑波大学 数理物質科学研究科
 電子・物理工学専攻
 問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 TEL: 029-853-5022
 e-mail: s1920300@s.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1)リン化ガリウム(GaP)
 (2)電気光学(EO)サンプリング
 (3)集束イオンビーム(FIB)

■共同研究者: 長谷 宗明¹, 齊藤 雄太²
¹筑波大学 数理物質系
²産業技術総合研究所
 ナノエレクトロニクス研究部門