

課題番号 P-3

## フラットパネルイメージングデバイス応用に向けた ナノビーム電子源の研究

### [1] 組織

代表者：嶋脇 秀隆

(八戸工業大学)

対応者：三村 秀典

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

細田 誠 (大阪市立大学)

大谷直毅 (同志社大学工学部)

藤田和久 (名古屋工業大学)

横尾邦義 ((株) イdealスター)

新井 学 (新日本無線)

中村智宣 ((株) 鬼塚硝子)

久米 博 (国立環境研究所、

静岡大学客員教授)

松本貴裕 (スタンレー電気 (株)、

静岡大学客員教授)

根尾陽一郎 (静岡大学電子工学研究所)

三村 秀典 (静岡大学電子工学研究所)

### [2] 研究経過

イメージングデバイスのリアルタイムかつ高感度・高空間分解能・超広帯域化に向け、高電圧印加動作が可能でエネルギー弁別機能の付加が期待できる電子線による読み取りが注目されている。このため、高安定、低エネルギー分散、かつ高輝度なビームを発生する微小電子源の形成ならびにビーム制御技術の確立が不可欠である。本研究では、イメージングデバイスにおける電子線利用に向けて、半導体の機能性、光物性を反映した高性能電子ビーム源、ビーム集束機構を備えた微小電子源を開発すると共に、マルチビーム化のためのビーム制御技術の確立を目指している。

これまでの研究において、MOS 構造半導体冷陰極からの光支援による電子放射特性について検討を行うと共に、光利用効率の向上に向けて表面プラズモン共鳴を利用した新たなフォトカソードについて検討を行ってきた。これまでに、MOS 冷陰極素子の光応答性は少なくともマイクロ秒以下であることを明らかにしている。また、クレッチマン配置を用いた表面プラズモン共鳴による光励起カソードにおい

て、プラズモン共鳴条件において表面電界増強効果に起因した電子放射を確認している。本年度は、主として、MOS 構造半導体冷陰極の高速光変調特性の評価と、Otto 配置のよる表面プラズモン共鳴を利用したフォトカソードの量子効率の向上について検討した。また、共同研究プロジェクト研究会として、ビーム活用技術についての研究打ち合わせ、および、共同研究の進展状況等についての研究報告会を開催した。

以下に、研究会の概要を示す。

研究打ち合わせ

日時：2014年1月10日(金)

場所：静岡大学電子工学研究所所長室

プログラム

1. Opening address (三村秀典)
2. グラフェンの物性とパルスアークプラズマガンを用いたグラフェン薄膜の作製 (藤田和久)
3. Si 微小電子源の光応答性 (嶋脇秀隆)
4. 長波長香典面の開発 (新垣 実)
5. Otto 配置表面プラズモン共鳴を用いた光励起カソード (根尾陽一郎)
6. 2013 年度の研究の進展 (細田誠)
7. Closing (嶋脇秀隆)

### [3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

1. MOS 構造半導体冷陰極の光応答性  
ナノ結晶シリコンを用いた MOS 構造冷陰極を作製し、405nm ダイオードレーザを用いて、光パルス(繰り返し周波数 100kHz、rise time: <1ns) に対する放射電子の応答性を評価した。その結果、光パルスに応じた高速変調電子ビームの発生を実証するとともに、MOS 冷陰極の光応答性は、これまでの応答性より 2 桁速いナノ秒オーダーの立ち上がり時間を有することを確認した。高速化に向け、アンプゲインを低減する必要がある、電子放出量の増大が課題である。

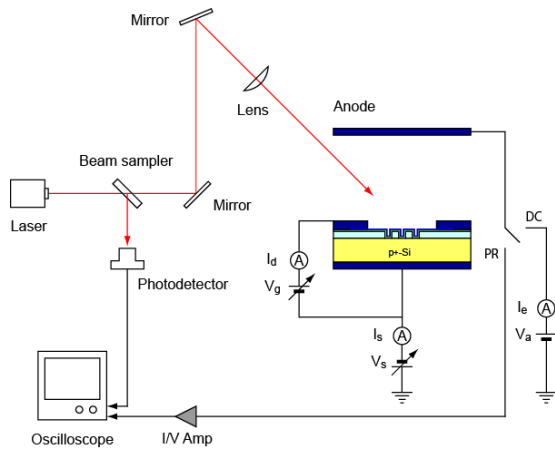


図1 測定系

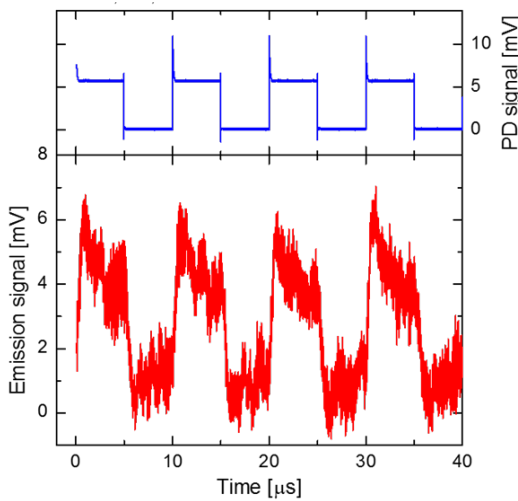


図2 光パルスに対するMOS冷陰極からの放射電子の応答特性

## 2. 表面プラズモン共鳴フォトカソードの開発

クレッチマン配置を用いた SPR による光励起電子放射実験において、アルミニウム薄膜に高電流密度によると思われる深刻な損傷が確認されたため、新たにアルミニウムブロックを用いた Otto 配置による SPR フォトカソードを設計し、製作した (図3)。Otto 配置の真空ギャップを高精度に調整することで、共鳴条件において約 50%の反射率を達成することに成功した (図4)。今後、SPR による光励起電子放射実験に取り組む。

### (3-2) 波及効果と発展性など

電子ビームを利用したイメージングデバイスでは、多画素化に伴い、冷陰極アレイの高速化が求められる。光を利用することで応答速度を律速している容量制限を回避することが可能となるため、イメージングデバイスの高速化のみならず、超小型マイクロ波デバイス等への応用が期待される。

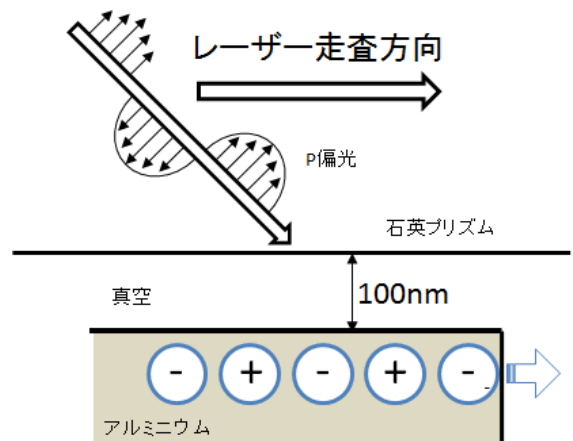


図3 Otto 配置表面プラズモン共鳴フォトカソードの概要

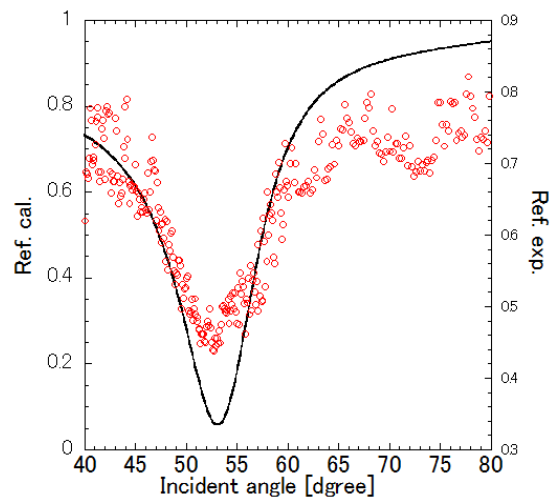


図4 Otto 配置における光吸収特性

### [4] 成果資料

- (1) H. Shimawaki, *et al.*, J. Appl. Phys., 113, 153705, 2013.
- (2) H. Shimawaki, *et al.*, Tech. Digest of IVNC2014., Roanoke, VA, USA, 2013, P2.
- (3) 嶋脇秀隆, 他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 07-093, 2013.
- (4) 嶋脇秀隆, 他, 信学技報, Vol. 113, No. 257, ED2013-57, 2013.
- (5) Y. Neo, *et al.*, Proc. IDW '13, Sapporo, Japan, Dec., 2012, FED2/PH4-1. (Invited)
- (10) H. Shimawaki, *et al.*, Proc. IDW '13, Sapporo, Japan, Dec., 2012, FED4-4.
- (11) 嶋脇秀隆, 他, 第 11 回真空ナノエレクトロニクスシンポジウム予稿集, 179 (2013.3) (招待公演)
- (12) 根尾陽一郎, 他, 第 11 回真空ナノエレクトロニクスシンポジウム予稿集, 187 (2013.3) (招待公演)

## 出張報告

氏名：嶋脇 秀隆  
所属：八戸工業大学  
期間：平成26年1月9～11日  
用務先：電子工学研究所  
用務内容：共同研究プロジェクト研究会  
主たる対応者：三村 秀典

氏名：藤田 和久  
所属：名古屋工業大学  
期間：平成25年11月8～9日  
用務先：電子工学研究所  
用務内容：共同研究プロジェクト研究打ち合わせ  
主たる対応者：三村 秀典

氏名：藤田 和久  
所属：名古屋工業大学  
期間：平成26年1月10～11日  
用務先：電子工学研究所  
用務内容：共同研究プロジェクト研究会  
主たる対応者：三村 秀典

氏名：細田 誠  
所属：大阪市立大学  
期間：平成26年1月10～11日  
用務先：電子工学研究所  
用務内容：共同研究プロジェクト研究会  
主たる対応者：三村 秀典