

P-5

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)

藤田 和久 (静岡大学 (客員))

横尾 邦義 ((株) イdealスター)

新井 学 (新日本無線 (株))

松本 貴裕 (スタンレー電気 (株)、

静岡大学 (客員))

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

電子ビームを利用したイメージングデバイス・センサーは、固体のものに比べて、感度、空間分解能、広帯域性、応答性において優れた特長を有し、また、電子ビームのエネルギー差を利用することでエネルギー弁別機能を付加することが期待できることから注目されている。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。さらに、イメージングデバイスの画素数の増加に対応するためには、電子源のマルチ駆動および高速駆動する変調技術の確立が希求されている。本プロジェクトでは、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、光物性を反映した半導体電子ビーム源を開発すると共に、マルチビーム化、高速変調のためのビーム制御技術を確立することを目的として研究を行った。

これまでの研究から、半導体電子源の応答性を高めるためには、空乏層外での光励起電子の発生を抑制する構造が有効であることが明らかになった。また、クレッチマン配置を用いた表面プラズモン共鳴 (SPR) フォトカソードから表面電界増強効果に起因した電子放射に成功したが、アルミニウム薄膜の剥離が確認された。そこで、本プロジェクトでは、これまでの成果を踏まえながら、極微ゲート開口の

ボルケーノ型シリコンフィールドエミッタと Otto 配置を用いた SPR フォトカソードに関する研究を展開した。

以下、研究活動状況の概要を記す。

研究報告会

日時：2015年3月1日 (日)

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. AlGa_N系紫外LED—深紫外LEDの活性層についての検討(藤田和久)
3. シリコンフィールドエミッタの光応答性 (嶋脇秀隆)
4. 非対称三重量子井戸超格子における PL 特性と電流発振 (細田 誠)
5. プラズモン共鳴を用いた光励起カソード (三村秀典)
6. 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。

まず第1に、エッチバック法を用いて、エミッタ先端以外がゲート電極により遮光されたボルケーノ型シリコンフィールドエミッタアレイを開発した (図1)。ゲート開口径 480nm、ティップ数 100 個の素子を用いて、405nm ダイオードレーザにより生成した光パルス (繰り返し周波数 100~1000kHz、rise time: <1ns) に対する放射電子の応答性を評価した。その結果、光パルスに同期した高速変調電子ビームの発生に成功した。放射電子の光応答性は、レーザの立ち上がり・立ち下がり時間とほぼ同等であることを明らかにした (図2)。非照射時に飽和電流が増大する傾向にあることから、その抑制が課題である。

第2に、光利用率の向上に向け、Otto 配置を用いた表面プラズモン共鳴フォトカソードを設計、試作し (図3)、プラズモン共鳴電子放射の原理検証実験を行った。P 偏光を共鳴角を保ちながら入射走査し、アルミニウムのエッジに重ねた際、端面からパルスの光電子放出を確認した (図4)。今後、量子効率等、明らかにしていく。

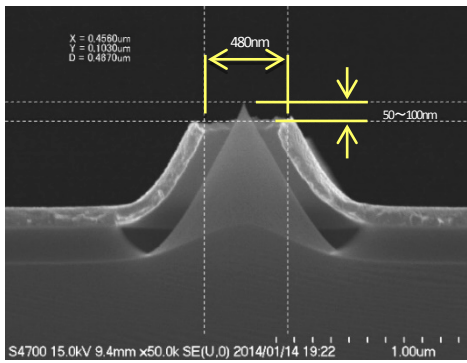


図1 製作した p-Si FEA の断面 SEM 像

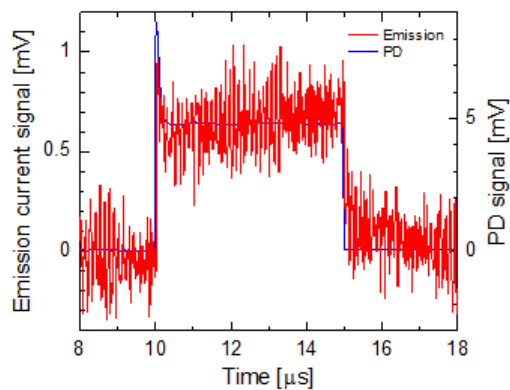


図2 波長 405 nm の光パルス照射に対するエミッション電流の応答性

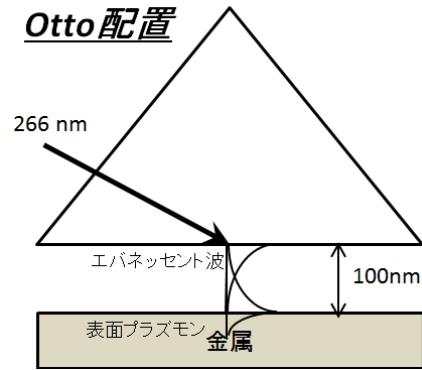


図3 Otto 配置における光吸収特性

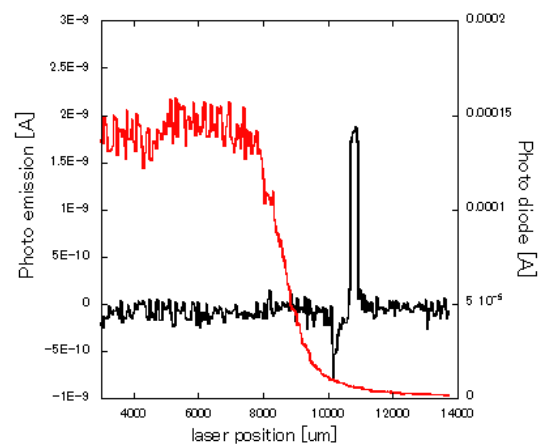


図4 金属面からの反射光とアノード電流の関係

(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スイッチングが求められている。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が期待される。さらに、高周波変調ビームの発生技術は、超小型マイクロ波デバイス等への応用に結びつき、今後の発展が期待されている。

[4] 成果資料

- (1) H. Shimawaki, *et al.*, Tech. Digest of IVNC2014, Engerbelg, Switzerland, 2014, P2-27.
- (2) H. Mimura, *et al.*, Tech. Digest of IVNC2014, Engerbelg, Switzerland, 2014, S3-C5.
- (3) 嶋脇秀隆, 他, 第 74 回応用物理学学会秋季学術講演会予稿集, 07-097, 2014.
- (4) 嶋脇秀隆, 他, 信学技報, Vol. 114, No. 262, ED2014-69, 2014.
- (5) H. Shimawaki, *et al.*, Proc. of the 6th Japan-Korea Vacuum Nanoelectronics Symposium, 2014, pp. 6-7.

(invited)

- (6) H. Mimura, Proc. of the 6th Japan-Korea Vacuum Nanoelectronics Symposium, 2014, pp. 14-15. (invited)
- (7) H. Shimawaki, *et al.*, Proc. IDW '14, Niigata, Japan, 2014, FED1-4.
- (8) 嶋脇秀隆, 他, 第 12 回真空ナノエレクトロニクスシンポジウム予稿集, 123 (2015.3) (招待公演)
- (9) 嶋脇秀隆, 他, 第 62 回応用物理学学会秋季学術講演会予稿集, 06-062, 2015.

出張報告（特別教育研究経費を使用した場合について、全員分記載して下さい）

氏名：細田 誠
所属：大阪市立大学
期間：平成27年3月1～2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：静岡大学（客員教授）
期間：平成27年3月1～2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