

令和 2 年 9 月 7 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01278

研究課題名(和文) ミリ波～テラヘルツ帯積層薄板拡散接合導波管型高機能平面アンテナに関する研究

研究課題名(英文) Study of plate-laminated diffusion-bonding waveguide-type highly functional planar antennas in milli-meter to terahertz bands

研究代表者

廣川 二郎 (Hirokawa, Jiro)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：00228826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,800,000円

研究成果の概要(和文)：シリコンウェハへの耐熱性金メッキプロセスや金ナノ粒子生成等を検討し、320GHz～400GHzの広い周波数で動作するアンテナを試作した。32x32素子アンテナでは実現利得38.0dBiをアンテナ効率約45%で実現し、OOKホモダインシステムにおいて、FECリミットの性能として、距離40cm伝送で最大32Gbit/sが得られた。並列給電スロットアレーアンテナにおけるサイドローブ抑圧構造を実証し、60GHz帯直角座標系2次元直交多重システムにおいて距離40cmに対し伝送量最大化励振を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後の伝送容量の増加のためには、テラヘルツ帯において、シリコンプロセスを用いたアンテナの実現と多値変調伝送の実証に挑戦する必要がある。また、複数ビーム間の空間直交性を用いた多重伝送などのさらなる高機能化も重要である。チップ間等の無線通信応用の可能性を実証できた。高周波を利用することで、数十Gbit/s級の大容量データ伝送に必要な平面アンテナが実現でき、伝送実験による実証も行って、無線通信システムへの適用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The heat-resistant gold plating and the gold nanoparticle generation on silicon wafers has been examined. The antenna operating in a wide frequency range of 320 GHz to 400 GHz has been prototyped. The 32x32-element antenna has achieved a realized gain of 38.0 dBi with an antenna efficiency of about 45%. A maximum of 32 Gbit/s has been obtained as the FEC limit at a distance of 40 cm in the OOK homodyne system. The sidelobe-suppressing structure have been demonstrated in the corporate-feed slot array antenna. The excitation for maximizing the transmission has been shown for a distance of 40 cm in the rectangular-coordinate two-dimensional orthogonal multiplexing system in the 60-GHz band.

研究分野：アンテナ工学

キーワード：アンテナ ミリ波 テラヘルツ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、第5世代移動通信のためのシステム検討が世界中で盛んに行われている。数 Gbit/s ~ 数百 Gbit/s の高速伝送を実現するために必要な高周波高効率広帯域な平面アンテナを開発する。また、電波と光波の境界に位置する未開拓未利用領域であるテラヘルツ帯(100GHz 程度 ~ 1THz 程度)での超高速無線通信利用に供する。

代表者はこれまでミリ波帯(30GHz 程度 ~ 100GHz 程度)の高利得(30dBi 以上)の進行波励振アレー平面アンテナの研究に従事してきた。ミリ波帯での高効率の実現には、材料の損失や製造法が大きく影響することを痛感している。誘電体基板を用いた場合には、その損失は不可避である。高周波では水による吸収率が高いため、通信に必要とするアンテナ利得が高くなる。構造が簡易な進行波励振アレーアンテナは、利得を高くするために大きくすると、長線路効果(周波数による位相変化)が強くなり狭帯域になる原理的な問題がある。

そこで、代表者は図1に示す2層構造の中空導波管並列給電アレーアンテナを積層薄板拡散接合により実現することを提案した。並列給電のため長線路効果がなくアンテナの大きさによらず、放射素子、給電素子の帯域がアンテナ全体の帯域を決める。各素子の広帯域化が実現できれば、アンテナ全体の広帯域化も実現できる。また、導波路、素子パターンを施した薄い板(金属板や表面に金属膜を形成した板)を複数枚積層して拡散接合することで、電氣的に完全接合した低損失な中空導波路を実現できる。

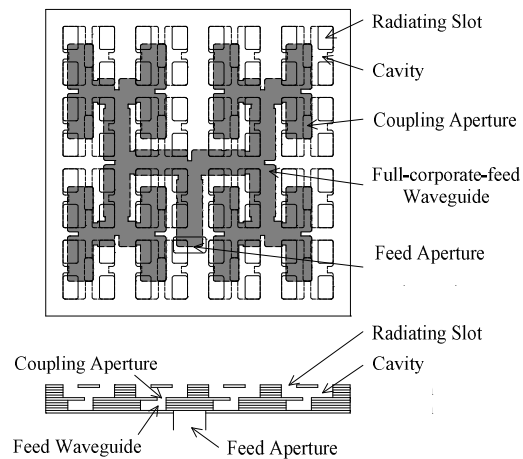


図1 中空導波管並列給電アレーアンテナ

2. 研究の目的

(1) 積層薄板拡散接合導波管型平面アンテナを 30GHz 程度 ~ 400GHz 程度の範囲で試作する。利得約 40dBi を上限とし、設計周波数で材料損失と大きさで決まる限界値から 1dB 低下以内のアンテナ効率の実現を目指す。また、効率 1dB 低下の比帯域 25% を目標とする。

ミリ波帯アンテナでは軽量化のためアルミ合金で実現するとともに、テラヘルツ帯アンテナではシリコンウェハへのエッチング、接合方法、3次元構造体用金属膜形成方法を改善する。特に、密着性、良好な付きまわり、また優れた導電率が要求されることから所望の性能を実現できる金属膜を提供することを目標にする。具体的には Cr 密着層の採用や自己組織化膜と無電解めっきを用いた通電層形成を進め、電解金めっき膜の形成検討を行う。密着力評価や金属膜形態観察、電気特性評価を行い、最適金属膜形成の実現を目指す。

(2) ミリ波帯およびテラヘルツ帯で平面アンテナ測定系を構築するとともに、テラヘルツ帯積層薄板拡散接合導波管型平面アンテナを用いて 100Gbit/s 級の伝送速度ならびに近接無線システムを実現する。テラヘルツ無線に期待されている伝送速度は 40Gbit/s 以上であることから本アンテナの帯域を評価した後 QPSK 等の多値変調方式を用いて 100Gbit/s を超える伝送を目指す。

(3) アンテナの高機能化として、放射部簡素化、サイドローブ抑圧、複数ビーム間の直角座標系 2次元直交性を用いた多重伝送方式等を検討する。

3. 研究の方法

(1) テラヘルツ帯アンテナ試作

製作手順

製作手順は以下のとおりである。

1) 5枚の4インチ両面研磨シリコンウェハへの抜きパターン(図1のそれぞれ Radiating Slot, Cavity, Coupling Aperture, Feeding Waveguide, Feed Aperture のある層に対応)をドライエッチングする。

2) 側壁を含めたシリコンウェハ全面へ金めっきする。

3) 5枚のシリコンウェハを積層する。

4) シリコンウェハを真空中において約 300 度で加圧接合する。

5) ウェハをアンテナ形状にダイシングする。

1)のエッチング、4)の接合については、京大ナノハブ拠点の協力により再現性の高い条件だしを行った。積層時のずれが蓄積しないように、最下層のウェハを位置の基準として他のウェハを接合した。また、一連の試作に関して、スウェーデンの王立工科大学でも協力をお願いした。

テラヘルツ帯アンテナ試作の金属膜形成

3次元構造体における壁面への膜形成は通常のドライプロセスでは完璧には行えない。また Si のアンテナ加工においてそのエッチング形態は、波形状(スキヤロップ)となっており、底下への

膜形成においては無電解めっきや自己組織膜を用いた溶液中での膜形成が必要となる。密着力向上を目指し、極薄 Cr 蒸着膜形成、めっき前処理プロセス、無電解 Ni めっき膜形成、電解金めっき膜形成を行った。また各シリコンウエハの接合においては 300 °C の熱処理が行われることから密着性ととも耐熱性も必要となる。本検討では 300 °C の熱処理を可能とする Au ナノ粒子を含むゾルゲルプロセスやより耐熱性を有するポリアミドアミン (PAMAM) デンドリマーと SAM を用いた検討を進めた。

(2)測定

ミリ波帯アンテナの測定

周波数拡張ミリ波送受信モジュールと既存のベクトルネットワークアナライザ、近傍電磁界分布測定装置を組み合わせミリ波帯実験系を構築した。

テラヘルツ帯アンテナの通信実験を通じた評価

アンテナの広帯域性を生かし伝送速度を最大化するための通信方式として 100G ならびに QPSK 変調と、ホモダイン (ダイレクトコンバージョン) 検波方式による通信システムを構築した。送信側では、光技術を用いた RF 信号の発生ならびに変調技術を開発し、特に試作したアンテナにとって最適となる動作周波数帯に柔軟に対応するために、RF 周波数の可変幅の拡大を行い、280GHz ~ 400GHz/560GHz ~ 800GHz を実現した。

(3) アンテナの高機能化

放射部簡素化

金属薄板での製作費の多くは拡散接合にかかる。できるだけ多くのアンテナを一度に接合することが、量産化の鍵になる。現在は、電磁波を薄板と平行方向に伝送させる給電部と垂直方向に伝送させる放射部の両方を接合している。図 2 のように放射部を簡素化し、給電部だけを接合することを検討した。図では誘電体付放射スロット層が給電回路から離れているが、実際は隙間なく重なっている。放射部側壁を形成する薄板を除き、誘電体を敷く。放射素子間隔が放射部での 1 波長となる比誘電率にすると、放射部の水平方向に定在波が立ち、その腹が従前の側壁の位置となり同様な効果が得られる。このような構造の放射素子および給電素子を設計した。

本放射素子構造はサイドローブ抑圧にも役立つ。放射 2x2 素子を 1 つの給電開口で励振しているため、それを単位として励振係数を制御しサイドローブを抑圧している。給電開口間隔は約 1.7 自由空間波長のため、約 35 度方向のサイドローブレベルが -20dB と高くなる。放射素子間隔の半分だけ 2 方向にずらした別の開口アレーを上 に 設けることで、隣接放射素子の励振係数が平均化されサイドローブ抑圧が期待できる。図 3 に E 面と H 面の両方に適用した構造を示す。実際の構造では適切な間隔をもって積層されている。

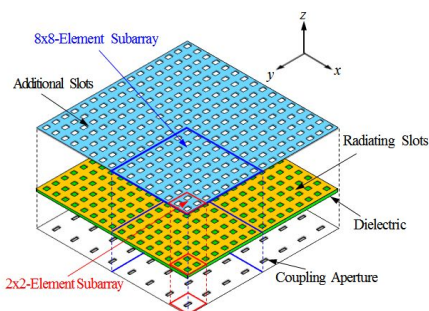


図 2 放射部簡素化構造

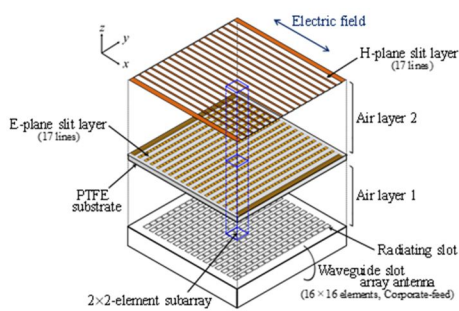


図 3 サイドローブ抑圧構造

多重伝送方式

並列給電導波管スロットアレーアンテナを 2 次元にサブアレー化し、マジック T を使ったモノパルス回路により和、差ビームを 2 次元的に形成した。これを送受信に 2 つ用いて非遠方界領域の距離におくと、複数ビーム間の 2 次元直交性から多重伝送が実現できる。図 4 に、非遠方界領域多重伝送系を示す。昨今、マイクロ波、ミリ波分野で検討され始めている OAM (Orbital Angular Momentum) 伝送は円筒座標系での 2 次元直交性を用いているが、これは直角座標系で同等な直交性が実現できる。

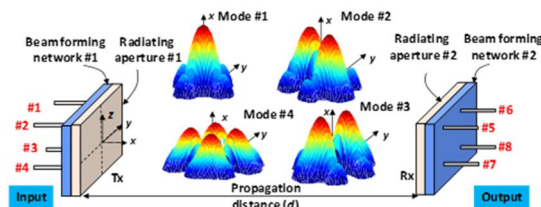


図 4 非遠方界領域多重伝送系

4. 研究成果

(1) テラヘルツ帯アンテナ試作

アンテナ測定結果

スウェーデン王立工科大学で 350GHz 帯 32x32 素子および 16x16 素子のアンテナを共同で試作した。大きさは 32x32 素子アンテナが 27mm x 30mm で、16x16 素子アンテナが 15mm x 18mm である。320GHz ~ 400GHz の広い周波数範囲での動作を確認した。反射の測定値はこの周波数範囲で -10dB 以下となった。350GHz における -3dB ビーム幅については、32x32 素子アンテナでは 2.1 度 x 1.7 度で、16x16 素子アンテナは 4.1 度 x 3.3 度である。図 5 に、32x32 の動作利得とアンテナ効率の周波数特性を示す。アンテナ利得 38.0dBi をアンテナ効率約 45% で実現した。また、16x16 素子アンテナでは、アンテナ利得 32.8dBi をアンテナ効率約 55% で実現した。なお、測定に関しては情報通信研究機構の協力を得た。

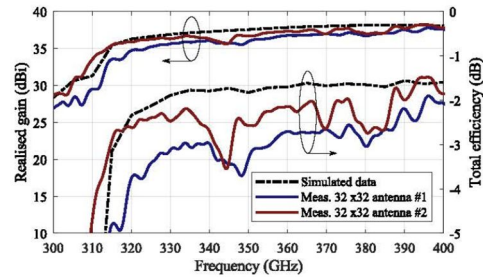


図 5 350GHz 帯アンテナの利得

テラヘルツ帯アンテナ試作の金属膜形成

図 6 にゾルゲルプロセスを用いて Au めっき膜形成後 300 の熱処理後のシリコンウエハ試料の写真を示す。300 の熱処理においても膜剥がれは観測されなかった。図 7 には PMAMA を用い Au めっき膜形成まで行ったアンテナ試料の写真を示す。いずれのプロセス検討においても Au めっき膜形成まで可能であることを確認できた。一方シリコンウエハの接合においてゾルゲルプロセスでは Au ナノ粒子の不均一化、PAMAM プロセスでは応力のあることがわかり、改善が必要となる。



図 6 ゾルゲル Au ナノ粒子プロセスを用いた Au めっきシリコンウエハ試料 (300 熱処理後)

(2) 測定

ミリ波帯アンテナの測定

110GHz までの反射特性、近傍界分布特性が測定できるようにした。

テラヘルツ帯アンテナの通信実験を通じた評価

スウェーデン王立工科大学と共同で試作された 350GHz 帯 32x32 素子アレーアンテナを 00K ホモダインシステムで評価した結果、図 8 に示すように、360GHz において 20Gbit/s のエラーフリー伝送が確認された。アンテナの高利得性より、伝送距離を 0.2m から 0.4m に延伸しても同様の性能が得られた。FEC リミットの性能として、最大 32Gbit/s が得られた。

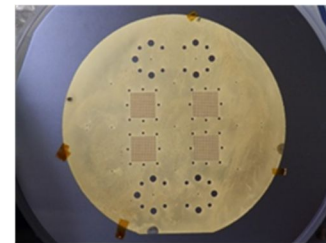
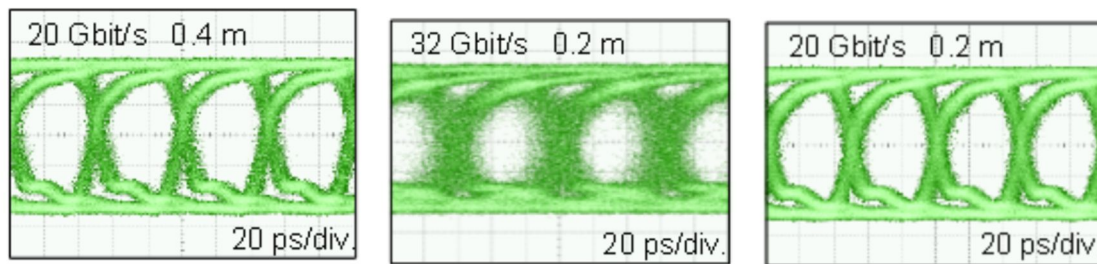


図 7 Au めっき膜形成後のアンテナ試料



(a) 20 Gbit/s (距離 0.2m) (b) 32 Gbit/s (距離 0.2m) (c) 20 Gbit/s (距離 0.4m)

図 8 32x32 素子アレーアンテナを送受信に用いた伝送実験結果の例

OOK 変調の限界を超えるため、QPSK 変調方式を導入し、図 9 に示すように、ダイレクトコンバージョン方式の IQ 同時受信システムを開発した。リアルタイムオシロスコープを用いたオンライン信号処理としては、FEC リミットの伝送速度として、これまでの最高値 25Gbaud (50Gbit/s) を達成した。現在、本システムで上記のアレーアンテナを評価中である。

上述の QPSK 復調実験におけるコンスタレーションの劣化の主な原因が、L0 信号の位相雑音であることが判明した。そこで、位相雑音の影響を低減するために光技術を導入した基本ミキサによる受信方式を開発した。

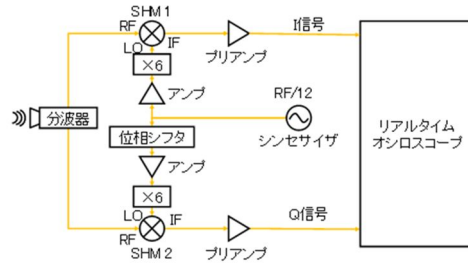
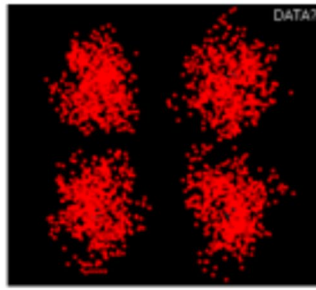


図9 (a) IQ 同時復調ダイレクトコンバージョン 検波システムの構成 (b) 50 Gbit/s の復調結果 (25Gbaud, BER=1.4x10⁻³, 送信パワー-13dBm)

(3) アンテナの高機能化
放射部簡素化

図2の構造を、16x16素子アンテナで設計、試作、測定した。結合開口層の下にはH分岐とT分岐からなる並列給電回路がある。放射スロット層と寄生スロット層の間は中空である。設計周波数は61.5GHzである。スロット間隔は0.86波長である。アンテナの大きさは81mm x 79mmである。3層の平行平板の周囲は平坦性を保つため銅枠で終端されており、給電部とは四隅でねじ止めしている。

図10に動作利得、利得、指向性利得を示す。動作利得と利得において測定値は反射損のため計算値より劣化している。反射損の増加は、複数の薄い発泡誘電体のシート間のエアギャップによる。指向性利得に関しては、測定値と計算値で良好に一致している。5GHzの帯域に当たり開口効率が90%を越えている。61.5GHzの測定において、指向性利得は33.5dBi(開口効率は90.6%)、動作利得は31.7dBi(アンテナ効率61.0%)を得た。

図3のサイドローブ抑圧構造について70GHz帯において16x16素子アンテナで設計、試作、測定した。図11にE面のサイドローブレベルの周波数特性を示す。スリット層の装荷により70GHz~77GHzの範囲においてサイドローブ抑圧効果を確認し、実験で確認した。H面についても同様な抑圧効果が確認できている。

多重伝送方式

図4の系について、80GHz帯において16x16素子アンテナで、設計、試作、測定した。放射開口アレーは一様励振であり、その大きさは、50.88mm四方である。SNRを30dBとしたときのキャパシティゲインの距離特性を示す。距離0.4mでの値は約3.3である。図12に、モード1励振に対する各モードの透過量の周波数特性を示す。所望モードにおいては測定値と計算値で良好に一致している。並列給電により70GHz~86GHzの広い周波数範囲では各モードの透過量には大きな変化がない。異なるモード間での透過量の実験値は、送受のアンテナの方向合わせのずれによる。今回は手合わせのため約-20dBと高いが機械を用いた方向合わせにより改善できる。

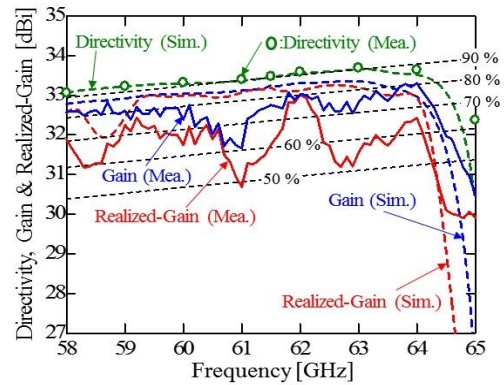


図10 放射部簡素化構造の周波数特性

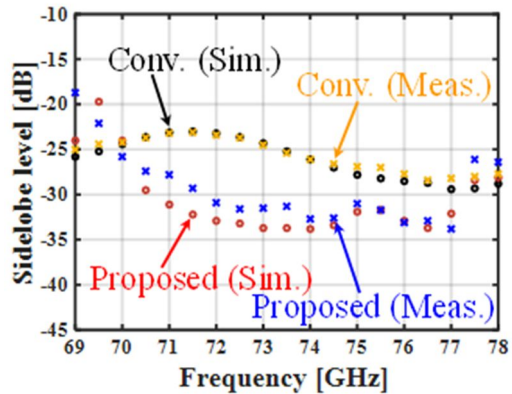


図11 E面のサイドローブレベル

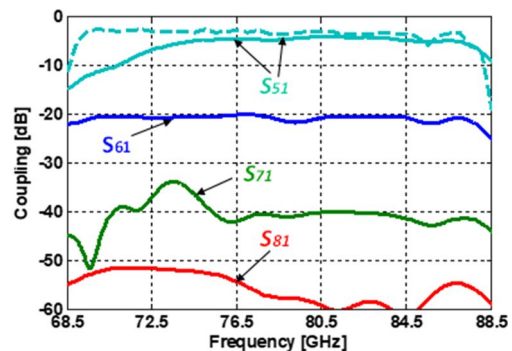


図12 透過量の周波数特性 (破線...計算値, 実線...測定値)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 IRIE Hisanori, TOMURA Takashi, HIROKAWA Jiro	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 Perpendicular-Corporate Feed in a Four-Layer Circularly-Polarized Parallel-Plate Slot Array	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 137 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3058	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kurokawa T., Ishibashi T., Shimizu M., Kato K., Nagatsuma T.	4. 巻 54
2. 論文標題 Over 300 GHz bandwidth UTC-PD module with 600 GHz band rectangular-waveguide output	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electronics Letters	6. 最初と最後の頁 705 ~ 706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/el.2018.0932	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sengupta Kaushik, Nagatsuma Tadao, Mittleman Daniel M.	4. 巻 1
2. 論文標題 Terahertz integrated electronic and hybrid electronic-photonics systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Electronics	6. 最初と最後の頁 622 ~ 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41928-018-0173-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Fu Weixin, Kaneda Tatsushi, Okada Akiko, Matsunaga Kaori, Shoji Shuichi, Saito Mikiko, Nishikawa Hiroshi, Mizuno Jun	4. 巻 47
2. 論文標題 Low Temperature Flip Chip Bonding Using Squeegee-Embedded Au Nanoporous Bump Activated by VUV/O3 Treatment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 5952 ~ 5958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11664-018-6462-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saito Mikiko, Ishii Tomohiro, Fujiwara Hidemichi, Homma Takayuki	4. 巻 165
2. 論文標題 Effect of Poly(N-vinyl-pyrrolidone) on Electrochemical Production of Cu Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 E50 ~ E57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0921802jes	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsuo Hinako, Yoshitoku Koichiro, Saito Mikiko, Takahashi Hidefumi, Terasaki Ichiro, Homma Takayuki	4. 巻 165
2. 論文標題 Fabrication of ZnO-Based Thermoelectric Micro-Devices by Electrodeposition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 D417 ~ D422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0021810jes	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saito Mikiko, SETO Hiroyuki, INOUE Yoshiyuki, HIROKAWA Jiro	4. 巻
2. 論文標題 Electrodeposition of Gold Electrode on Silicon Wafers for Submillimeter-wave Devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 2018 7th Electronic System-Integration Technology Conference, ESTC 2018 - Proceedings	6. 最初と最後の頁 8546341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ESTC.2018.8546341	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saito Mikiko, Mizuno Jun, Koga Shunichi, Nishikawa Hiroshi	4. 巻
2. 論文標題 Control for Au-Ag Nanoporous Structure by Electrodeposition and Dealloying	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 2018 7th Electronic System-Integration Technology Conference, ESTC 2018 - Proceedings	6. 最初と最後の頁 8546350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ESTC.2018.8546350	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Irie Hisanori, Hirokawa Jiro	4. 巻 65
2. 論文標題 Perpendicular-Corporate Feed in Three-Layered Parallel-Plate Radiating-Slot Array	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Antennas and Propagation	6. 最初と最後の頁 5829 ~ 5836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TAP.2017.2751659	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tekkouk Karim, Hirokawa Jiro, Ando Makoto	4. 巻 66
2. 論文標題 Multiplexing Antenna System in the Non-Far Region Exploiting Two-dimensional Beam Mode Orthogonality in the Rectangular Coordinate System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Antennas and Propagation	6. 最初と最後の頁 1507 ~ 1515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TAP.2017.2786319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Saito, T. Ishii, H. Fujiwara, and T. Homma	4. 巻 165(2)
2. 論文標題 Effect of Poly (N-vinyl-pyrrolidone) on Electrochemical Production of Cu Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Electrochem. Soc.	6. 最初と最後の頁 E50-E57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0921802jes	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 永妻忠夫, 枚田明彦	4. 巻 100-B
2. 論文標題 テラヘルツ波を利用した無線通信技術の現状と将来展望	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 705 ~ 713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2016SHI0012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計73件（うち招待講演 20件 / うち国際学会 37件）

1. 発表者名 H. Irie, T. Tomura, and J. Hirokawa
2. 発表標題 Measurement of a Perpendicular-Corporate Feed in a Three-Layered Parallel-Plate Slot Array
3. 学会等名 IEEE AP-S URSI Intl. Symp. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Hirokawa, T. Tomura, T. Nagatsuma, H. Seto, Y. Inoue, and M. Saito
2. 発表標題 Progress of 350GHz-band Corporate-feed Plate-laminated Waveguide Slot Array Antennas
3. 学会等名 Progress in Electromagnetics Research Symp. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Hirokawa
2. 発表標題 Rectangular Coordinate Orthogonal Multiplexing Antenna System for Non-Far Region Communication
3. 学会等名 Intl. Workshop Future Antennas (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Hirokawa, T. Tomura, R. Ohashi, and K. Wada
2. 発表標題 Recent Progress of Rectangular-Coordinate Orthogonal Multiplexing Antenna System for Non-Far Region Communication
3. 学会等名 IEEE Conf. Antennas Measurements Appl. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Irie, T. Tomura, and J. Hirokawa
2 . 発表標題 Design of a 2×2-Element for a Perpendicular-Corporate Feed Four-Layer Parallel-Plate Pair-Slot Array Antenna
3 . 学会等名 Intl. Symp. Antennas Propag. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Wada, R. Ohashi, T. Tomura, and J. Hirokawa
2 . 発表標題 Design of a Dual-Polarized Slot Array Antenna with Monopulse Corporate-Feed Waveguides for Two-Dimensional Orthogonal 8-Multiplexing in the Non-Far Region
3 . 学会等名 Intl. Symp. Antennas Propag. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Wai, T. Tomura, and J. Hirokawa
2 . 発表標題 Design of an 112×64-Element Corporate-Feed Hollow-Waveguide Slot Array Antenna
3 . 学会等名 Intl. Symp. Antennas Propag. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Arakawa, H. Irie, T. Tomura, and Jiro Hirokawa
2 . 発表標題 Suppression of E-Plane Sidelobes Using Double Slit Layers in a Corporate-Feed Waveguide Slot Array Antenna Consisting of 2×2-Element Radiating Units
3 . 学会等名 Intl. Symp. Antennas Propag. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Hirokawa, T. Tomura, A. Hirata, and T. Nagatsuma
2. 発表標題 Progress of Plate-laminated Waveguide Slot Array Antennas by Diffusion Bonding in 60GHz, 120GHz and 350GHz Bands
3. 学会等名 Asia Pacific Microw. Conf. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒川遥香, 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 2×2素子を放射単位とする並列給電導波管スロットアレーアンテナのスリット層装荷によるH面サイドローブ抑圧の設計
3. 学会等名 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和井秀樹, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 縮退分離六角形断面導波管円偏波放射開口アンテナの不要共振除去に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 垂直方向並列給電4層平行平板45度偏波スロットアレーアンテナの設計
3. 学会等名 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田健太郎, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 非遠方界2次元直交16多重伝送用モノパルス並列給電導波管スロットアレーアンテナの構成と設計
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイアティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 垂直方向並列給電3層平行平板偏波共用スロットアレーアンテナ用2×2素子の設計
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイアティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒川遥香, 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 2×2素子を放射単位とする並列給電導波管スロットアレーアンテナのスリット層装荷によるH面サイドローブ抑圧の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイアティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和井秀樹, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 縮退分離六角形断面導波管円偏波放射開口アンテナの不要共振除去
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイアティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 櫻井壮一, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 半波長間隔スロットペア層を装荷した導波管スロットアレーアンテナによるE面エンドファイア方向放射抑圧の基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイアティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江尻敬祐, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 モードマッチング有限要素法ハイブリッド解析を用いた76GHz帯におけるギャップ導波路の分散特性の解析
3. 学会等名 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイアティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Ji, T. Tomura, and J. Hirokawa
2. 発表標題 Analysis of the 2x2 Radiating Slots with the Perpendicular Corporate-feed Based on Method of Moments
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 地頭所浩平, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 半波長間隔スリット層を用いたE面配列導波管スロットアレー送受信アンテナ間のアイソレーション向上
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒川遥香, 広川二郎, 戸村崇
2. 発表標題 2×2素子を放射単位とする並列給電導波管スロットアレーアンテナのスリット層装荷によるEH両面サイドローブ抑圧の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田健太郎, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 2面結合ハイブリッドとコルゲート導波管形移相器を用いた非遠方界2次元直交4多重伝送用ビーム切換回路の設計
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉本航, 戸村崇, 広川二郎, and J. Oberhammer
2. 発表標題 層厚が異なる構造を用いた350GHz帯並列給電導波管スロットアレーの広帯域化設計
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江尻敬祐, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 導波方向の構造周期性を考慮したギャップ導波路のモード解析と散乱行列のモード表現
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Terahertz Communications: Photonics vs. Electronics
3. 学会等名 Fraunhofer Photonic Research Cooperation Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Advances in Terahertz Communications Enabled by Photonics and Electronics
3. 学会等名 Terahertz Electronics Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma, T. Kurokawa, M. Sonoda, T. Ishibashi, M. Shimizu, K. Kato
2. 発表標題 600-GHz-band Waveguide-output Uni-traveling-carrier Photodiodes and Their Applications to Wireless Communication
3. 学会等名 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Terahertz Communications
3. 学会等名 International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, Student Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 園田理人, 東本大樹, 木村 亮, 永妻忠夫
2. 発表標題 ヘテロダイン検波による600 GHz帯2.5 Gbit/s無線リンク
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Advances in Terahertz Electronics and Photonics for Wireless Communications
3. 学会等名 Optical Internet Workshop 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma, A. Kasamatsu
2. 発表標題 Terahertz Communications for Space Applications
3. 学会等名 Asia-Pacific Microwave Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Photodetectors for Terahertz Applications
3. 学会等名 Asia-Pacific Microwave Conference Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Terahertz Applications Enabled by Photonics
3. 学会等名 Asia Pacific Radio Science Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Recent Japanese Developments on THz Communications
3. 学会等名 Second Towards TeraHertz Communications Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永妻忠夫
2. 発表標題 フォトニクス技術がもたらすミリ波・テラヘルツ波の応用と展開
3. 学会等名 電子情報通信学会マイクロ波研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永妻忠夫
2. 発表標題 集積回路技術がもたらすテラヘルツ応用の新潮流
3. 学会等名 IEEE MTT-S Kansai Chapter 「テラヘルツ技術の最新動向と応用、今後展望」ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Saito, and R. Y. Umetsu
2 . 発表標題 Investigation of preparation for Mn-Bi using electrodeposition and their properties
3 . 学会等名 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Mikiko Saito, Jun Mizuno, Shunichi Koga, and Hiroshi Nishikawa
2 . 発表標題 Evaluation of Dealloying Property for Electrodeposited Au-Ag Film
3 . 学会等名 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Mikiko Saito, Tomohiro Ishii, Hidenichi Fujiwara, and Takayuki Homma
2 . 発表標題 Effect of Supporting Electrolyte on Electrochemical Production of Cu Nanoparticles
3 . 学会等名 22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Yanagisawa, M. Kunimoto, M. Saito, and T. Homma
2 . 発表標題 HAMR emulation using plasmonic SERS sensor as near field transducer
3 . 学会等名 ASME-JSME 2018 Joint International Conference on Information Storage and Processing Systems and Micromechatronics for Information and Precision Equipment, ISPS-MIPE 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤美紀子, 梅津理恵
2. 発表標題 磁性Mn-Bi電析膜の作製検討
3. 学会等名 学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製 共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト)第2回公開討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤美紀子, 古賀俊一, 水野潤, 西川宏
2. 発表標題 デアロイによる電析膜の腐食挙動
3. 学会等名 学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製 共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト)第2回公開討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤美紀子
2. 発表標題 めっき反応およびめっき膜における添加剤の影響
3. 学会等名 日本溶接協会はんだ・微細接合部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Ohashi, T. Tomura, and J. Hirokawa
2. 発表標題 Feasibility of Antenna System for Rectangular-coordinate Orthogonality Multiplexing by using Corporate-feed Waveguide Slot Array Antenna and Monopulse Circuit
3. 学会等名 Asian Workshop Antennas Propag. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Hirokawa
2. 発表標題 Proposal of Rectangular Coordinate Orthogonal Multiplexing Antenna System
3. 学会等名 Asian Workshop Antennas Propag. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Tekkouk, J. Hirokawa, and M. Ando
2. 発表標題 High Data rate Wireless Transmission in the Non-far Zone with 2D Orthogonal Beams
3. 学会等名 IEEE AP-S URSI Intl. Symp. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 広川二郎
2. 発表標題 導波管平面アンテナを用いた直角座標系2次元直交多重近距離伝送の検討
3. 学会等名 信学会コミュニケーションクオリティ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒川遥香, 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 2×2素子を放射単位とする並列給電導波管スロットアレーアンテナのスリット層装荷によるE面サイドローブ抑圧
3. 学会等名 信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大橋諒太郎, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 直角座標系直交多重伝送用モノパルス並列給電導波管スロットアレーアンテナの励振係数設計
3. 学会等名 信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒川遥香, 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 2×2素子を放射単位とする並列給電導波管スロットアレーアンテナのE面サイドローブ抑圧用2層スリット構造
3. 学会等名 信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和田健太郎, 大橋諒太郎, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 非遠方界2次元直交8多重伝送用偏波共用モノパルス並列給電導波管スロットアレーアンテナの設計
3. 学会等名 信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 垂直方向並列給電4層平行平板スロットアレーアンテナ用円偏波2 × 2 素子の設計
3. 学会等名 信学通信大
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 入江寿憲, 戸村崇, 広川二郎
2. 発表標題 垂直方向並列給電4層平行平板スロットアレーアンテナ用2 × 2素子の設計
3. 学会等名 信学総大
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Sugie, D. Furuyama, M. Saito, Y. Sonobe, H. Takahashi, I. Terasaki, and T. Homma
2. 発表標題 Effect of Cu Addition and Annealing on Electrodeposited Bi-Te Films for Micro Thermoelectric Devices
3. 学会等名 232nd ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Saito, and R. Y. Umetsu
2. 発表標題 Investigation of Preparation for Mn-Bi using Electrodeposition and Their Magnetic Properties
3. 学会等名 ICMaSS 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Saito, J. Mizuno, H. Nishikawa, and M. Kusunoki
2. 発表標題 Nanoporous Electrode Formed by Electrodeposition and Dealloying on Aligned CNT Films
3. 学会等名 ICMaSS 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤美紀子, 古賀俊一, 水野潤, 西川宏
2. 発表標題 電析と選択溶解を用いたAu-Agナノポーラス構造制御
3. 学会等名 電気化学秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古賀俊一, キムミンス, 齋藤美紀子, 水野潤, 西川宏
2. 発表標題 Cu-Mg合金から作製したCuナノポーラスシートを用いた接合部の高温放置試験
3. 学会等名 第24回シンポジウム「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉徳光一朗, 松尾日向子, 齋藤美紀子, 本間敬之
2. 発表標題 酢酸浴によるZnOの電析条件の検討と熱電変換素子への応用
3. 学会等名 表面技術協会第136回講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤美紀子, 古賀俊一, 水野潤, 西川宏, 楠美智子
2. 発表標題 電析とデアロイを用いたナノポーラス電極形成検討
3. 学会等名 学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製 共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト)第2回公開討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤美紀子, 梅津理恵
2. 発表標題 磁性Mn-Bi電析膜の作製及び特性評価
3. 学会等名 学際・国際的高度人材育成ライフイノベーションマテリアル創製 共同研究プロジェクト(6大学連携プロジェクト)第2回公開討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Advances in THz Wireless Communications
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO2017) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Who is the Winner in THz Communications: Photonics vs. Electronics
3. 学会等名 Terahertz Science and Technology: The Mansion Meeting (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Photonics-enabled Terahertz Technologies and Their Applications
3. 学会等名 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2017), Workshop (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永妻忠夫
2. 発表標題 集積回路技術がもたらすテラヘルツ技術の変革
3. 学会等名 平成29年度第409回光産業技術マンスリーセミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Materials and Device Challenges for the Future of Terahertz Communications
3. 学会等名 The 9th International Conference on Advanced Materials (ROCAM 2017)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Kurokawa , Y. Fujita , Y. Inubushi , S. Hisatake , M. Fujiwara , R. Koma , T. Nagatsuma
2. 発表標題 100 Meter Wireless Transmission at 50 Gbit/s in 300-GHz-band
3. 学会等名 24th General Congress of the International Commission for Optics (ICO-24)（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Kanai , Y. Fujita , S. Hisatake, M. Fujiwara, R. Koma, T. Nagatsuma
2. 発表標題 Real-time Error-free 50-Gbit/s QPSK Transmission in 300-GHz-band
3. 学会等名 24th General Congress of the International Commission for Optics (ICO-24)（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Nagatsuma
2. 発表標題 Millimeter-wave and Terahertz Applications Accelerated by Photonics
3. 学会等名 International Conference on Advanced Laser Technologies (ALT 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Sonoda, T. Kurokawa, Y. Kanai, J. Hirokawa, T. Nagatsuma
2. 発表標題 5-Gbit/s Wireless Transmission using Planar Array Antenna in 300-GHz-band
3. 学会等名 4th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications (MTSA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Iwamoto, Y. Kanai, T. Kurokawa, M. Fujiwara, R. Koma, T. Nagatsuma
2. 発表標題 100-Meter Wireless Transmission at 70 Gbit/s in 300-GHz-band
3. 学会等名 4th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications (MTSA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩本健汰, 金井雄亮, 藤原正満, 飯山法子, 可児淳一, 永妻忠夫
2. 発表標題 300 GHz帯コヒーレント無線通信システムにおける位相雑音の影響
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 園田理人, 黒川翼, 永妻忠夫
2. 発表標題 600 GHz帯を用いた10 Gbit/s無線リンク
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 齋藤 美紀子	4. 発行年 2017年
2. 出版社 アグネ技術センター	5. 総ページ数 5
3. 書名 金属	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永妻 忠夫 (Nagatsuma Tadao) (00452417)	大阪大学・基礎工学研究科・教授 (14401)	
研究分担者	齋藤 美紀子 (Saito Mikiko) (80386739)	早稲田大学・ナノ・ライフ創新研究機構・上級研究員(研究院教授) (32689)	