



黒田研究室

東北大学工学部 電気情報物理工学科 電子工学コース 極限知能デバイス工学分野

東北大学大学院 工学研究科 技術社会システム専攻 実践技術経営融合講座 技術適応計画分野

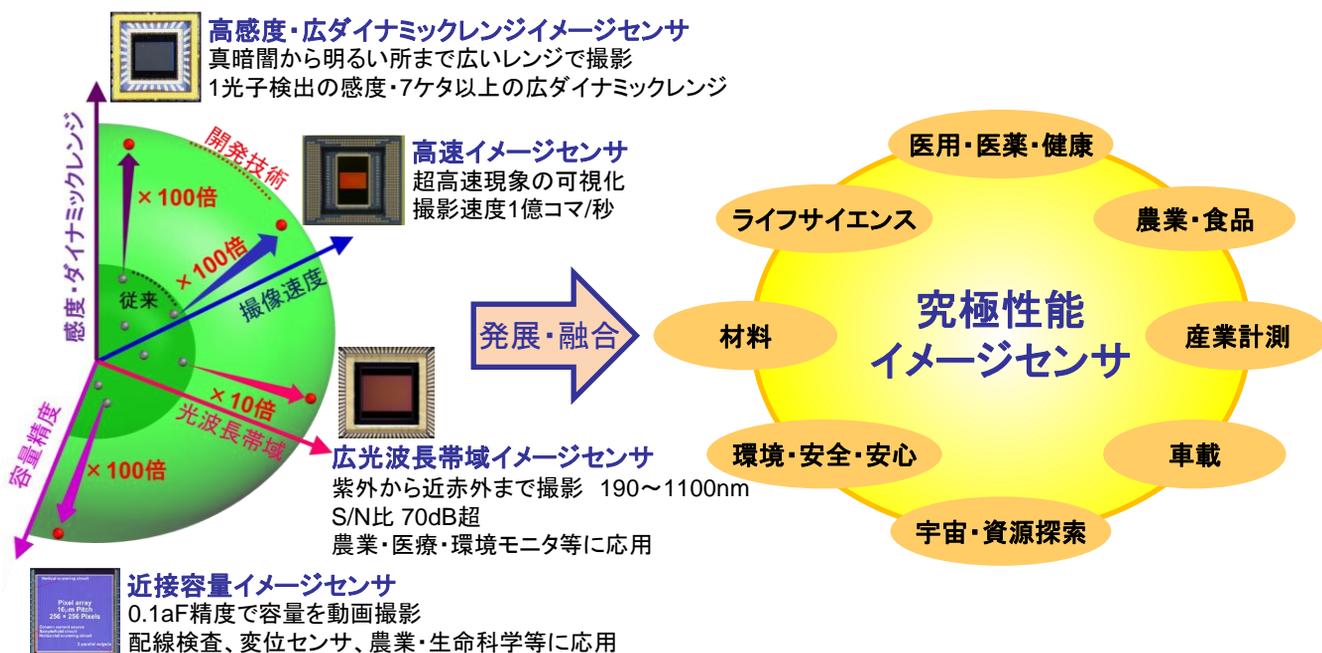
未来科学技術共同研究センター 研究開発プロジェクト

研究室の概要

センサ・ネットワーク社会を支えるイメージセンサ

光を電気信号に変換し映像情報をとらえるイメージセンサは、他の物理量に比べ、圧倒的な情報量を有することから、**近未来のセンサ・ネットワーク社会で中心的な役割を担うコアデバイスとして期待されています。**

黒田研究室では、イメージセンサの従来技術を凌駕する先進イメージセンサ技術を研究開発・実用化してきました。今後はそれぞれの技術をさらに発展させていくと共に融合・応用を進めることで、**持続可能で安心・安全な社会を支える究極性能イメージセンサの創出を目指しています。**

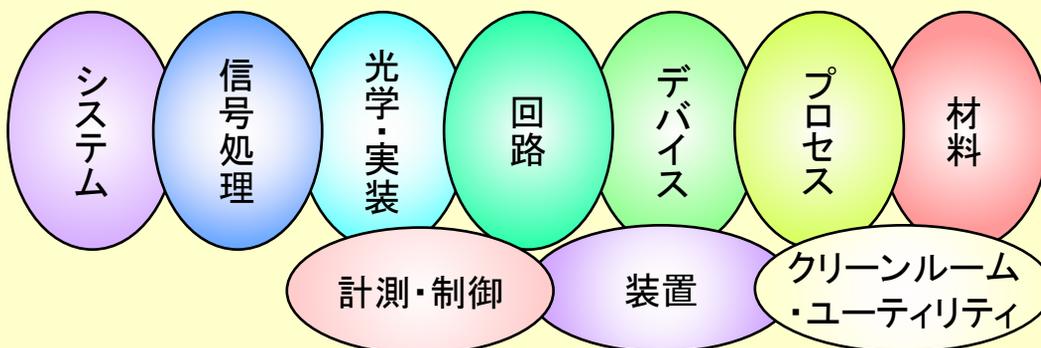


半導体の総合技術を結集し、高付加価値を生み出す

感度、ノイズ、解像度、ダイナミックレンジ、撮影速度、感度光波長帯域、消費電力、体積などの基本性能を向上させ、高い付加価値をもった究極性能イメージセンサ技術を創出していくためには、**尖った性能だけでなく、半導体に関する総合技術を結集することが不可欠です。**

黒田研究室では、クリーンルーム・ユーティリティから、材料、装置、プロセス、回路、デバイス、光学・実装、信号処理、計測・評価、システムに至るまでの総合的な基礎的研究を基盤とし、基礎・応用研究から実用化まで一貫して取り組んでいます。

社会ニーズを的確にとらえた、先進半導体センサ・デバイス・システムの創出分野を横断した総合技術を結集し、基礎・応用研究から実用化まで



研究室の概要

高度かつ深遠な工学的知識を身に付ける

黒田研究室は、学部は電気情報物理工学科、大学院は工学研究科電子工学専攻に所属しています。元は技術社会システム専攻に所属していましたが、**電子工学専攻としては、2022年度に誕生した研究室です**。学生の皆さんは、研究室においてはイメージセンサ・半導体分野における専門知識を習得・研究し、授業においては電子工学に関わる広範な知識を学ぶこととなります。

黒田研究室では、学生の皆さんは以下のスキルを身に付けることができます。

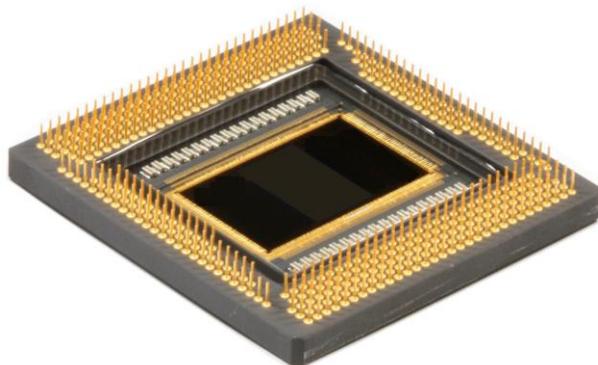
- 先進の集積回路設計・製造技術に関わる広範な知識と実験力
- トータルシステムを理解し、技術の本質をとらえ、課題を発見し解決していく能力
- 研究を製品へつなげるまでのプロセスと実行力
- 先進の国際会議で発表・議論するコミュニケーション力
- 共同研究や学内外の方々との交流を通じた人間力

そして、いずれは以下のような人材になってもらうことを念頭において教育しています。

- 不確実性とリスクを踏まえ、責任ある意思決定を行うことができる人材
- 開発した技術の強みを活かしつつ、勝てる商品を提供しつづけることができる人材
- 事業視点から有望な技術を抽出し、強化することができる人材
- 高度なすり合わせによる高い付加価値製品を実現する企画・製造ができる人材

目次

メンバー紹介	4 - 5
研究内容	6 - 10
学会・進路	11
アクセス・連絡先	12



メンバー紹介

教授



黒田 理人 くろだ りひと

2001年 東北大学工学部電子・応物・情報系入学
2002年 カルフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA)
文部科学省短期派遣留学(1年間)
2007年 日本学術振興会特別研究員
2010年 東北大学大学院工学研究科
技術社会システム専攻
博士課程修了
2010年 東北大学大学院工学研究科助教
2014年 東北大学大学院工学研究科准教授
2022年 東北大学大学院工学研究科教授

黒田教授は半導体分野において日本を代表する研究者の1人であり、数多くの研究実績から2022年度より教授に就任されました。

学生1人ひとりに親身になってアドバイス頂き、また研究室イベントでは学生が最大限楽しめるように参画される、とても優しく頼りになる先生です。

助教



間脇 武蔵 まわき たけぞう

2013年 東北大学工学部情報知能システム総合学科
2022年 東北大学大学院工学研究科
技術社会システム専攻
博士課程修了
2022年 東北大学未来科学技術共同研究センター助教

間脇助教は2022年度より博士の学位を取得して助教に就任され、その研究背景から主に半導体製造プロセスに精通しています。

学生との距離が非常に近いため研究面・生活面問わず相談しやすく、イベントの企画等で研究生活を活動的なものにしてくれる、とても親しみやすい先生です。

学術研究員

竹本 良章

社会人博士学生

福田 浩一

宮内 健

蔦野 恭平

メンバー紹介

博士学生

D2 齊藤 宏河

小型大容量コンデンサの製造技術・アレイテスト回路技術の研究に取り組んでいます。
よく一人でコストコに行きます。

修士学生

M2 相澤 遼太郎

スマートな広ダイナミックレンジイメージセンサの研究をしています。趣味はラーメン屋巡りとフットサルです。

M2 塚田 一成

軟X線検出のCMOSイメージセンサの研究をしています。趣味はフットサルと旅行です。

M2 光田 薫未

新規メモリ材料の抵抗を統計的に測定する技術について研究しています。趣味はゲームと漫画です。

M1 野崎 翼

近接容量CMOSイメージセンサの研究をしています。趣味は映画鑑賞や読書です。

M1 平井 嘉人

高飽和CMOSイメージセンサの研究を行っています。趣味は旅行や写真などです。

M2 鈴木 達彦

先進半導体デバイスの微小リーク電流の高速・統計的計測に関する研究をしています。趣味はバイクツーリングとゲームです。

M2 濱谷 碧

ガスや液体の濃度分布を測定できるイメージセンサについて研究しています。趣味は野球観戦です。

M1 西林 寛大

三次元距離画像イメージセンサの研究をしています。ゲームや音楽鑑賞が好きですが、仙台に来てからアウトドアの趣味が増えてきました。

M1 林 博経

軟X線検出のCMOSイメージセンサの研究をしています。趣味はドラマ鑑賞とドライブです。

M1 村富 孝輔

ガスや液体の濃度分布を測定できるイメージセンサの研究をしています。趣味は料理とドラマ鑑賞です。

学部学生

B4 小倉 洋人

容量センサチームに所属しています。バドミントンとゲームが好きです。

B4 本郷 天

広ダイナミックレンジイメージセンサに関する研究を行っています。趣味はゲームと模型製作です。

B4 瀧澤 康平

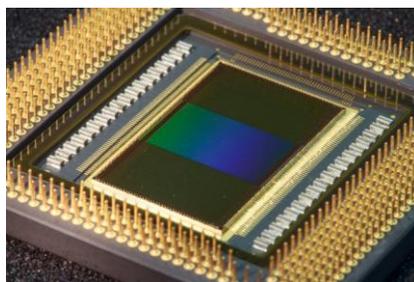
高ダイナミックレンジCMOSイメージセンサの研究をしています。ラーメン二郎が好きでよく行きます。

主な研究内容 [回路・システムグループ]

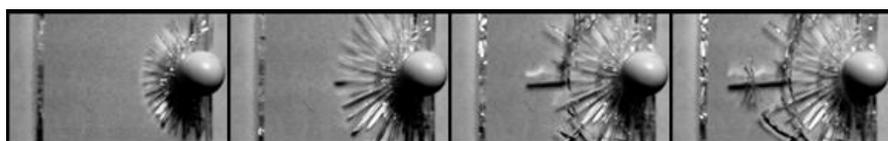
超高速・高時間分解能CMOSイメージセンサ



2012年9月 製品化
2015年7月 高感度版製品化



毎秒2000万コマの撮影速度で256コマの記録ができます。



0μs(1コマ目) 3μs(61コマ目) 6μs(121コマ目) 9μs(181コマ目)

超高速ビデオカメラで撮影したガラス破壊の様子

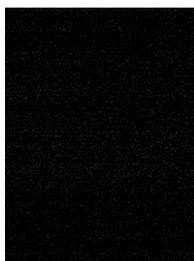
研究学生
修士1年 西林 寛大

画素アレイとメモリアレイを1チップ上に分離配置し、画素毎に複数のメモリを接続した構造を新開発することにより、撮影速度・記録コマ数・画素数を両立させた世界最高性能のイメージセンサを実現しました。

研究室で開発された高速ビデオカメラは2012年に初めて製品化され、改良を重ねて大幅に高感度化したカメラが2015年7月に製品化されました。現在はさらなる性能向上を目指し、毎秒1億コマを超える高速化や多画素化へ向けた研究に取り組んでいます。

また、超高速センサの技術を応用した高時間分解能センサと距離イメージングの研究も行っています。

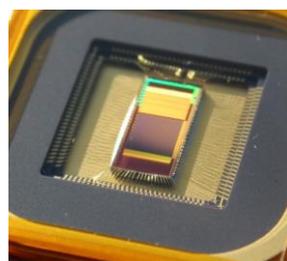
高感度・広ダイナミックレンジCMOSイメージセンサ



従来感度センサによる撮影



超高感度センサによる撮影
(平均信号電子数3電子)

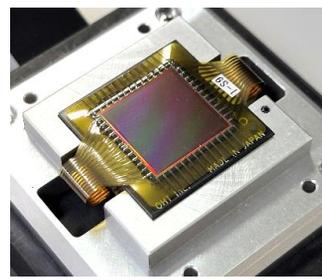
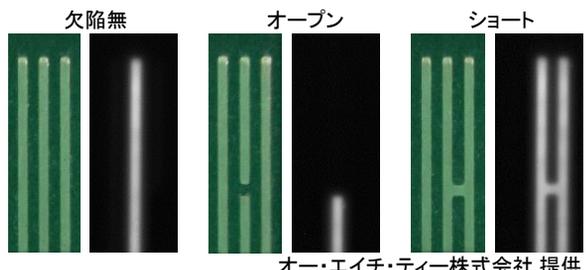
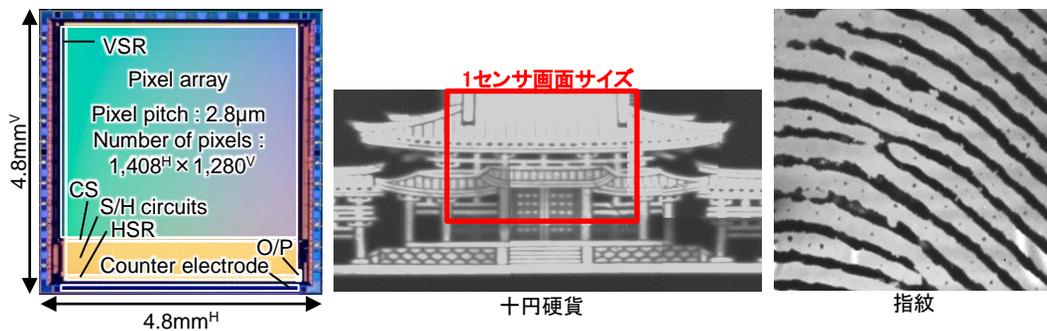


イメージセンサの各画素内にフォトダイオードから溢れた光電荷を蓄積する容量を追加することで、一回の露光で強い光から微弱光までを捉えることができるイメージセンサを創出し、2008年より防犯カメラ等で実用化され、安心安全な社会の実現に貢献しています。

この技術を発展させて、現在は、強い光を犠牲にすることなく、高感度化の物理限界である光子1つ1つを計測するフトンカウンティング感度を実現する、極限を目指したイメージセンサ技術とその応用研究の開発を行っています。

主な研究内容 [回路・システムグループ]

近接容量CMOSイメージセンサ

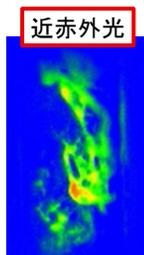
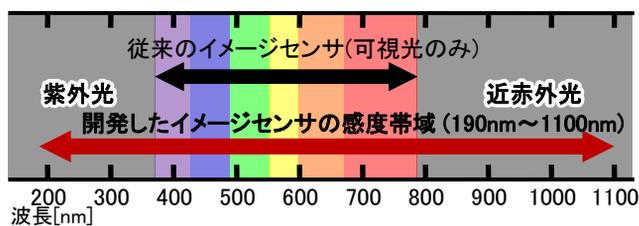


研究学生
 修士1年 野崎 翼
 学部4年 小倉 洋人

CMOSイメージセンサの低ノイズ信号読み出し技術を応用し、センサ近傍に形成される静電容量の2次元分布を可視化するイメージセンサを開発しています。透明電極やnmオーダーの凹凸など、光学イメージセンサでは見ることが難しい対象物も、このセンサを用いることで見る事が出来ます。また、配線のオープン/ショート欠陥の可視化も可能です。

現在は、ディスプレイ検査装置や高精度圧力計等への応用に向けて実証実験を行っています。また、チップ性能のさらなる向上とセンサの製品化に向けた技術開発を進めています。

高飽和・広光波長帯域CMOSイメージセンサ



近赤外光
 生理食塩水中を対流するグルコース

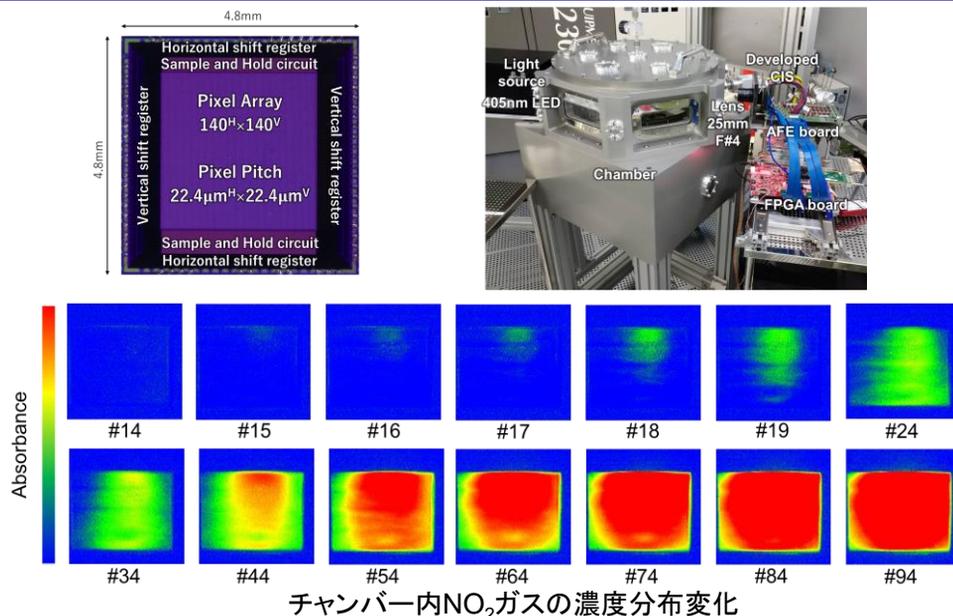
研究学生
 修士2年 相澤 遼太郎
 修士1年 平井 嘉人
 学部4年 瀧澤 康平
 学部4年 本郷 天

画素毎に高い飽和信号量を実現することでわずかな吸光等による微小光信号変化を高い精度で捉えたと共に、人の目には見えない紫外光から近赤外光までの光情報を可視化できるイメージセンサを開発しています。血管中の血液成分やその流れを可視化することで、非侵襲血糖値測定などへの応用が期待されます。また、開発技術では、明暗差の激しい被写体を単一露光で撮像可能です。

現在は、チップ性能のさらなる向上やスマートな信号読み出しによる機能拡大に向けた技術開発を進めております。これらの技術を用いたセンシング技術は、車載、認証認識、製造業、農業、医療など、幅広い分野への応用が期待されています。

主な研究内容 [回路・システムグループ]

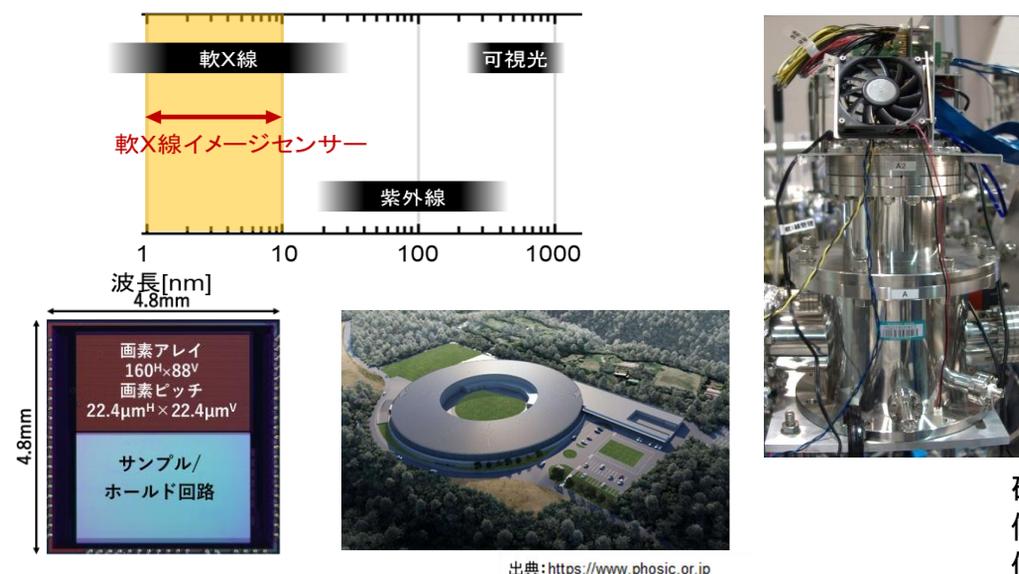
流体濃度分布可視化CMOSイメージセンサ



研究学生
修士2年 濱谷 碧
修士1年 村富 孝輔

強い光や幅広い光波長においても撮像を可能とする技術に加え、動く被写体に対してもブレや歪みの少ない高速グローバルシャッタ方式を導入したセンサを開発しています。この技術を活用してガスや気体による光の吸収をイメージングし、リアルタイムに流体の濃度分布の可視化する技術の創出に取り組んでいます。本技術は半導体製造チャンバー内のガス分布や農作物の品質、河川や大気における有害物質の可視化・測定等への応用が期待されています。

軟X線検出CMOSイメージセンサ



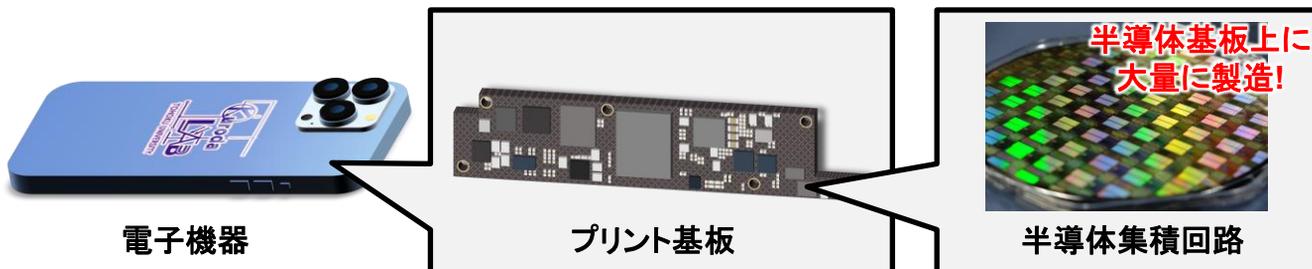
研究学生
修士2年 塚田 一成
修士1年 林 博経

表面に薄く急峻な不純物濃度プロファイルに適応したSiフォトダイオード技術を用い、紫外光から近赤外光までの光情報を画像化するイメージセンサ技術を開発しました。この技術を活用・発展させて、波長が紫外線よりも短い軟X線を検出する裏面照射型のCMOSイメージセンサを開発しています。

導入技術の原理確認用に開発したセンサチップでは概ね良好な特性が確認できています。現在は、改良を加えながら東北大青葉山キャンパスに建設中の次世代放射光施設での利用を目指した大判のセンサチップの開発や更なる発展版の開発を進めています。

主な研究内容 [デバイス・プロセスグループ]

～半導体製造の特徴～



身の回りの電子機器のほとんどは半導体集積回路(IC)によって構成され動作します。イメージセンサなどの半導体集積回路は、様々な工程(プロセス)を経て製造されます。半導体基板上に微細な素子や回路を作り込むには、パターンを形成するリソ工程、材料膜を形成する成膜工程、材料膜を削るエッチング工程など、膨大な数の工程が必要になります。また、最先端の量産現場では数nmと原子レベルのサイズで複雑な回路を形成することに加え、一度に大量のチップを製造します。そのため、半導体製造プロセスでは良品が得られる割合である歩留りや、特性の誤差を考慮するばらつきといった考えが非常に重要になります。

デバイス・プロセスグループでは、半導体製造の考えに基づき、ばらつき原因の解明、新デバイス開発などの研究に取り組んでいます。

アレイテスト回路

The diagram shows the transition from a general measurement method to an array test circuit. On the left, '一般的な測定方法' (General measurement method) shows a probe (針) touching a single element (素子). A red arrow points to 'アレイテスト回路' (Array test circuit), which shows a 5mm x 5mm chip with many elements. Text indicates '素子が形成されたセル 50万個の抵抗値を 0.5秒以内に測定' (500,000 resistance values measured in 0.5 seconds). A graph shows 'Frequency' vs 'Resistance [kΩ]' with a peak at approximately 336 kΩ. Researcher names are listed: 研究学生 博士2年 齊藤 宏河, 修士2年 鈴木 達彦, 修士2年 光田 薫未.

より良い半導体集積回路を創出するには、半導体素子のノイズ・ばらつきを含めた電気的特性の評価が必要不可欠です。一般的な測定方法では素子1個ずつにプローブ(針)を当てて測定することから、大量の素子を測定しようとすると長い時間がかかってしまいます。そこで、我々の研究グループでは大量の素子の高速・高精度な測定および統計的な解析を実現するために、アレイテスト回路の開発に取り組んでいます。

アレイテスト回路はCMOSイメージセンサの読み出し技術を応用展開することで、アレイ状に並んだ大量の素子を高速・高精度に測定することができます。抵抗・電流などの特性を測定できるアレイテスト回路を設計・測定し、統計的な視点で未知の特性の原因解析を目指しています。

粗面ディープトレンチキャパシタ

The diagram compares a '平面構造' (Planar structure) with a '粗面ディープトレンチ構造' (Rough deep trench structure). The planar structure shows a flat layer of '絶縁膜' (Insulating film). The trench structure shows deep, rough-walled trenches. A cross-section of the trench is shown with a height of '14.3μm' and labels for '粗面' (Rough surface) and '絶縁膜' (Insulating film). Researcher names are listed: 研究学生 博士2年 齊藤 宏河, 修士2年 鈴木 達彦.

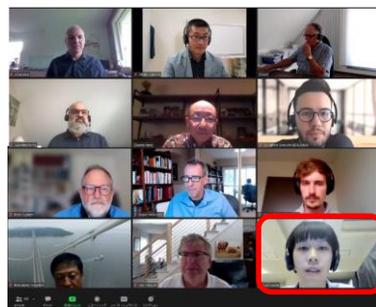
キャパシタ(コンデンサ)は電荷を蓄え放出することができる受動素子であり、身の周りのほとんどの電子デバイスに使用されています。構造自体は電極の間に絶縁膜を形成するシンプルなものですが、小さな面積で大容量を実現するために様々な技術が開発されています。

本研究では、表面を凸凹にする粗面技術とSi基板に深い溝を掘るディープトレンチ構造の融合によって表面積を飛躍的に拡大し、今までにない高容量密度を実現するキャパシタ開発に取り組んでいます。現在では、このキャパシタ技術をCMOSイメージセンサやアレイテスト回路などに導入する技術の開発を進めています。

学会発表

黒田研究室は、世界各地で開催される数多くの学会に積極的に参加しています。学生たちの論文や学会発表は高く評価されており、右に挙げた写真はごく一部のものですが、数多くの賞を頂いています。

世界トップレベルの国際会議で発表し、多くの研究者と交流するチャンスがあります。コロナ禍の影響を受けて現在はオンライン会議が多いですが、引き続き発表や聴講は積極的に行っています！**学会参加にかかる費用は研究室が負担します。**



2021 International Image Sensor Workshopで Best Student Paper Awardを受賞!!



IEDM IEEE International Electron Devices Meeting
ISSCC International Solid-State Circuits Conference
Symposia on VLSI Technology and Circuits
などに代表される様々な国際学会で発表しています。

過去の研究室学生の国際発表(抜粋)



配属されてからの1年間の流れ

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
研究・発表	← 研究テーマ決め →		← 院試勉強 →		院試	← 卒論研究 →						卒論発表
研究室活動	← 学生実験D & 前期ゼミ →					研究室見学	← 後期ゼミ →					
研究室イベント	花見		フットサル大会	釣り&BBQ		工明会 大運動会	芋煮	駅伝	忘年会 スキー旅行	新年会		卒業式



無礼講で学年対抗戦！
B4が先輩方を圧倒しました！



作並溪流釣り場でニジマス釣り！
釣った鮎と持参した肉でBBQ～



牛越橋で芋煮&焼き肉
10月の芋煮は最高です！



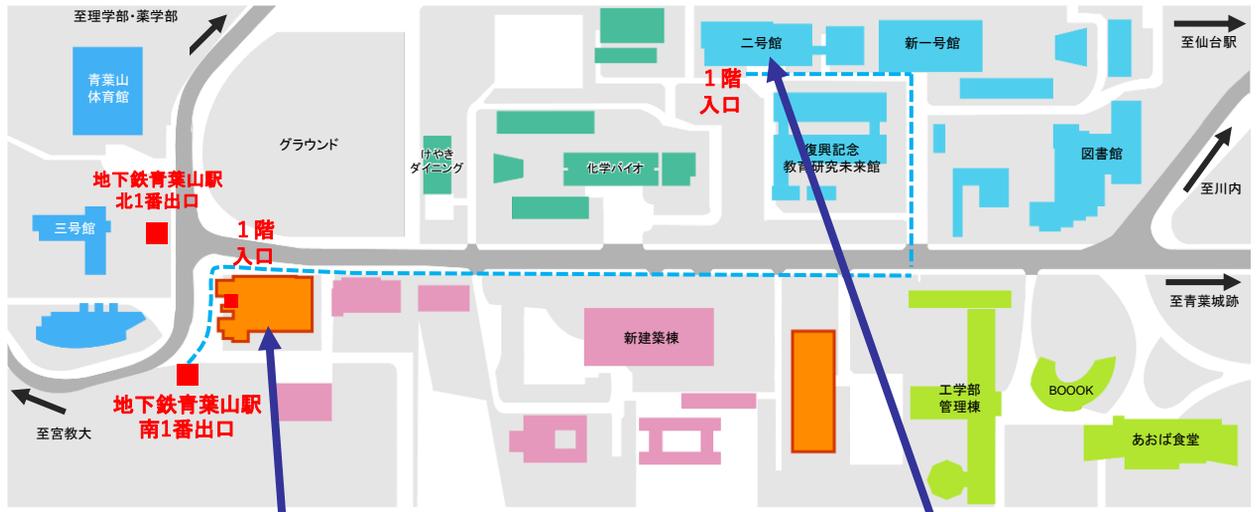
安比高原スキー場でスノボ旅行
部屋ではマリカ大会が開催！

卒業生の進路

年	研究室卒業生の就職先 (各年50音順)	年	研究室卒業生の就職先 (各年50音順)
2016	ソニー, デンソー, 三菱電機, 盛岡市	2020	キオクシア, ソニー(3), TMEIC, 浜松ホトニクス, マイクロンメモリジャパン, ルネサスエレクトロニクス
2017	オリンパス, 花王, キヤノン 日本テキサス・インスツルメンツ, 博士進学(3)	2021	ウエスタンデジタル合同会社, キオクシア, ニコン, ソニーセミコンダクタソリューションズグループ(3),
2018	日立国際電気, ヤマハ発動機, 博士進学(2)	2022	沖電気工業, キオクシア, サンブリッジ, ソニーセミコンダクタソリューションズ, 博士進学
2019	キヤノン, 静岡県庁, ソニー, 本田技研工業, ローム	2023	ウエスタンデジタル合同会社(2), キヤノン, 東京ガス

アクセス

東北大学青葉山キャンパス



未来情報産業研究館

丁字路に面した白い建物（地下鉄青葉山駅徒歩1分）



電子情報システム・応物系 2号館4階 404号室



連絡先

2023年9月8日 発行

連絡窓口	黒田 理人(教授)
E-mail	rihito.kuroda.e3@tohoku.ac.jp
TEL	022-795-4833
住所	〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-05 東北大学電子情報システム・応物系2号館 404号室
黒田研究室HP	https://felectronics.ecei.tohoku.ac.jp
Twitter	東北大学 黒田研究室@kurodalab https://twitter.com/kurodalab



ホームページ



Twitter

わからないことがありましたら、お気軽に研究室にご連絡ください！