



◆◆◆ Topics

... p.2

これまで以上にラドテック研究会を活用していただくために

一般社団法人 ラドテック研究会 副会長
東京理科大学 創域理工学部 教授 有光 晃二

◆◆◆ New Technology

... p.3

結晶の不完全性を活用して超高感度なセンサを創製する

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
高崎量子技術基盤研究所 量子機能創製研究センター
大島 武

既存技術の限界を飛躍的に超える技術として量子技術が注目されている。ここでは、ワイドダイナミックレンジで超高感度、磁場と温度のマルチセンシングが可能といった特徴を有するダイヤモンド中の窒素-空孔 (NV) 中心や炭化ケイ素 (SiC) 中のシリコン空孔 (V_{Si}) による量子センシングに着目し、その原理の解説と応用例を紹介する。また、電子やイオンビームといった放射線を活用した NV や V_{Si} の形成についても触れる。

◆◆◆ Planned Activities

... p.7

第184回ラドテック研究会講演会

期 日：2024年4月25日(木) 13:00~16:40
会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂

第185回ラドテック研究会講演会

期 日：2024年6月14日(金) 13:00~16:00
会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂

第55回 UV/EB 技術入門講座 基礎編 (オンライン開催)

期 日：2024年7月31日(水) 9:30~17:20
開催形式：オンライン (ZOOM ウェビナー) による講演

第10期ラドテック研究会定時社員総会

期 日：2024年6月14日(金) 16:00~17:00
会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂

2024年度勉強会 年間スケジュール

◆◆◆ News from RadTech

... p.9

第183回ラドテック研究会講演会 報告

2023年度勉強会 報告

ASTEC 出展 報告

関連学会の紹介

編集後記

入会案内

ラドテック研究会は、UV/EB 表面処理・加工に関連した技術の開発と確立を促進することを目的とし、国際的連携と会員間の情報交換相互理解を深め、関連した分野における調査・研究活動を行っています。UV/EB 表面処理加工に関する情報収集や、国内外への発信、相互理解を望んでいる多くの分野の方々への積極的な入会をお勧めしております。

研究会活動内容

- ①講演会、入門講座、勉強会および見学会の開催
- ②国際会議の開催
- ③ニュースレターの発行 (年4回)
- ④年報の作成

会 費

法人会員 入会金3万円 年会費9万円
個人会員 入会金無し 年会費1万円
※但し個人会員は学・官界関係とする

問い合わせ先

一般社団法人ラドテック研究会
Tel: 03-6261-2750 Fax: 03-6261-2751
E-mail: office@radtechjapan.org

編集・発行

一般社団法人ラドテック研究会

〒102-0082 東京都千代田区一番町 23-2
番町ロイヤルコート 207

Tel: 03-6261-2750 Fax: 03-6261-2751

E-mail: office@radtechjapan.org

URL: http://www.radtechjapan.org/

Edited and published by RadTech Japan

#207 Bancho Royal Court, 23-2 Ichiban-cho,
Chiyoda-ku Tokyo, 102-0082 Japan

Tel: 03-6261-2750 Fax: 03-6261-2751

N L 編集委員会

猿渡欣幸 (委員長)、小川照彦、清原欣子、
酒井勝壽、佐々木あい、山本洋揮、鷲尾方一、 ↓HPはこちらから↓
事務局

編集協力業者

(株) テクノダ



*許可なく転載を禁止します。

◆◆◆ Topics



これまで以上にラドテック研究会を活用していただくために

(一社) ラドテック研究会 副会長
東京理科大学 創域理工学部 教授 有光 晃二

先日発行された富永さんの追悼号に目を通し、先人達の努力のおかげで今のラドテック研究会があることを実感しました。その礎の上で我々は活動させていただいております。現役の運営委員としましては、先輩方が作り上げた研究会をさらに発展させることが先輩方への恩返しになると考えます。

当研究会をさらに発展させるために「ラドテック研究会の会員にならないと損だ」と思ってもらえるような仕組みを考えていきたいと思っています。新型コロナウイルス感染症が5類感染症に移行し、研究会の活動も対面で実施されることが増え、コロナ前の状態に戻つつあります。その一方で、昨年の講演会後の懇親会は実施できず、今年1月26日の第183回講演会の後に、やっと飲食を伴う賀詞交歓会が開催されました。多くの方が参加して下さり盛況のうちに終了いたしました。やはり対面でのコミュニケーションの場を求めている人が多いのだと実感しました。もちろん、コロナ禍で取り入れたオンラインの利便性も有用であり、場面により継続して活用すべきですが、コミュニケーションに限って言えば、やはり対面が効果的だと思います。

このような考えのもと、会員の皆様に喜んでいただけたような以下の3つの企画を考えています。

(1) 技術交流会の実施 (目的: 産官学連携の促進)

各会員企業の技術的強みを共有し合う“技術交流”の場を設けたいと思っています。各社が抱える技術課題の解決の糸口が見つかるかもしれませんし、コラボレーションにより新たな技術が生れる可能性もあります。短い口頭発表によるプレゼンテーションにするか、ポスター発表形式にするかは詰める必要がありますが、素早く実行できる形で産官学連携のきっかけとなる場を提供したいと思っています。以前からこのような技術交流会の開催を考えていましたが、コロナ禍となり実行を先送りしていました。このような交流会は対面で議論することが効果的と考えているからです。やっと技術交流会が実現可能な状況になってきました。また、効果的な交流を図るには、参加者を限定し小規模で開催した方がよいかもしれません。この技術交流が実を結び、“ラドテック研究会がきっかけ”となって新たな技術が生まれたならば、当研究会の存在意義は極めて大きいものとなります。

(2) 若手研究者の交流 (目的: 将来の研究会を担う若手研究者の発掘)

企業や大学の若手研究者(学生も含む)の研究内容を共有する発表の場を設け、優れた発表に対してラドテック研究会から賞を授与したいと考えています。ラドテック研究会は数年に1回の国際会議 RadTech Asia の開催はあるものの、短期スパン(例えば年に一回程度)の研究発表会がありません。産官学の若手研究者が取り組んでいる研究の成果について議論し刺激し合う場が必要です。そして、若手研究者を激励し、研究会として彼らを応援していきたいと思っています。これによりラドキュア技術に関心を持ってくれる若手技術者が増加することを期待しています。

光重合が成熟した学問と考えられているためか、ラドキュア技術に取り組むアカデミアが少ないと実感しています。しかし、光重合を基礎とする光硬化反応は産業界で広く用いられており非常に重要な技術です。当会会員であればご理解いただけると思いますが、光硬化は無溶剤で実施されるため、光だけでは目標とする物性値に届かず苦戦している場合が多く見られ、技術的な課題は山積しています。これらの課題に挑んでくれる若い研究者の参加が求められています。

(3) 研究会と会員企業の交流 (目的: 会員サービスの質の向上)

会員企業様と積極的に交流したいと思います。現時点で会員企業様が131社いらっしゃいますが、研究会の運営に携わっている企業様や講演会後の懇親会に参加される企業様は限られているため、研究会としてご挨拶できていない企業様が多くいらっしゃいます。可能であれば、各会員企業様と情報交換を行い良好な関係を築くとともに、各会員企業様の意見を積極的に取り込み、会員サービスの質の向上につながればと思っています。この企画は、理事会の新年会でのふとした会話から生まれました。確かに会員企業様との交流が不十分な点があると気づかされました。やはり対面でのコミュニケーションは、個人では思いつかないアイデアが生まれることがあり重要です。非常にユニークな企画だと思いますので、環境が整い次第、始めたいと思います。

ラドテック研究会は企業の皆様が主体の研究会であり、会員の皆様にとってメリットがなければ成立しません。すでに実施している講演会、入門講座、勉強会の内容をさらに充実させていくことはもちろんですが、さらにメリットを感じていただけるような仕組みを作り、会員の皆様と研究会が Win-Win の関係になることを目指したいと思います。

New Technology

結晶の不完全性を活用して超高感度なセンサを創製する

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
高崎量子技術基盤研究所 量子機能創製研究センター 大島 武



1. はじめに

多くの方は、「量子」といった単語を耳にする機会が増えてきていると感じているのではないのでしょうか。科学雑誌のみならず、一般の雑誌や、新聞、テレビのニュースなどでも量子コンピュータ、量子暗号通信や量子センシングなどの開発状況についての報道がなされている。60年代にレーザーやトランジスタが登場したのを量子革命と呼ぶならば、今まさに、既存技術を飛躍的に超える量子技術の創出に向けた第二の量子革命が起こっているといえる。最初の量子革命では光子や電子といった量子が個々に持つ性質を巧みに利用することで革新技术を生み出しているが、今回の第二次量子革命では量子を高精度・高精度に操ることで重ね合わせ・もつれといった特殊な状態を形成するといった特徴が挙げられる。この量子技術の達成に向け、超伝導回路（ジョセフソン素子）¹、量子ドット²、冷却原子³やトラップイオン⁴、固体中のスピン欠陥・単一光子源⁵などの研究が世界的に精力的に進められている。今回は、筆者が研究を進めているダイヤモンドや炭化ケイ素（SiC）といったワイドバンドギャップ半導体中の結晶欠陥（不完全性）が持つ電子スピンを活用した量子センシングについて紹介したい。

2. ダイヤモンド中の窒素-空孔（NV）中心

ダイヤモンド中の負に帯電した NV 中心は世界的に最も有名な固体中のスピン欠陥・単一光子源といえる（図 1）⁵。NV 中心はスピン量子数（ S ）1 を有する単一光子源であり、室温においても単一の NV 中心からの赤色発光（ゼロフォノン線の波長は 637nm）が観察でき（図 2）、スピンコヒーレンス時間（ T_2 ）が長く数ミリ秒という優れた特徴を有する。図 3 に NV 中心のエネルギー準位の模式図を示す。NV に光（一般には緑レーザーを使用）を照射することでスピン副準位（ M_s ）を 0 の状態に揃えることができ、室温・無磁場では 2.87GHz のマイクロ波を印加すると電子スピン共鳴が起き $M_s=0$ から ± 1 の状態となる。つまり、マイクロ波によりスピン状態を操作できる。また、緑レーザーにより励起された電子は、 $M_s = \pm 1$ の状態では中間状態を介して基底準位に戻るものが多くなるため、 $M_s=0$ の状態に比べて赤色の蛍光強度が弱くなる。つまり、蛍光強度を調べることでスピン状態を知ることができる（光検出磁気共鳴、Optically Detected Magnetic Resonance: ODMR）。

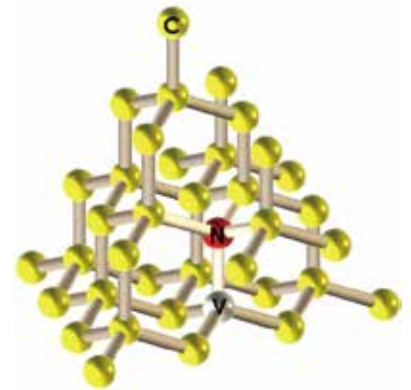


図 1 ダイヤモンド中 NV 中心の模式図

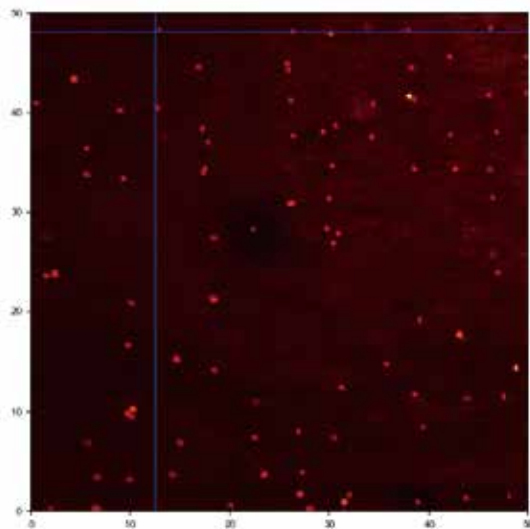


図 2 ダイヤモンド中の NV 中心のフォトルミネッセンス (PL) マップ (室温)。励起光 532nm。ひとつの発光点がひとつの NV 中心に対応。

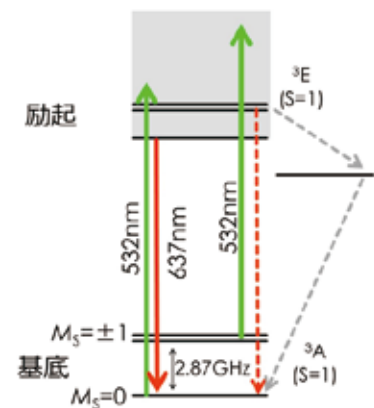


図 3 NV 中心のエネルギー準位の模式図

次に、量子センシングの原理について簡単に述べる。
 図 4(a) に室温・無磁場での NV 中心の ODMR シグナルの模式図を示すが、2.87GHz で蛍光強度の低下（ディップ）が観測される。磁場があると図 4(b) のようにディップが2つになり、その間隔が磁場に比例して大きくなる。温度に関しては、共鳴周波数に温度依存性があるためディップの位置（周波数）を調べると分かる（図 4(c)）。温度も磁場も変化する場合は、2つのディップの間隔から磁場の値を、2つのディップの真ん中の周波数の値で温度の計測を行う。つまり、温度と磁場を同時に計測することが可能なマルチセンサといえる。原理についてであるが、電子のスピンハミルトニアン (H) を見ると理解できる（図 5）。第一項に磁場 (B) があるが、無磁場 ($B=0$) ではこの項の寄与は無いが、 B が有限値になるとスピン S との相互作用から $M_s = -1$ と $+1$ では値が異なることとなり、共鳴周波数が2つ、つまりディップが2つになる。 B が大きいほどその差が大きくなることからディップの幅が大きくなる。温度については、第2項のゼロ磁場分裂テンソルが温度依存性を持つため値が変わる。

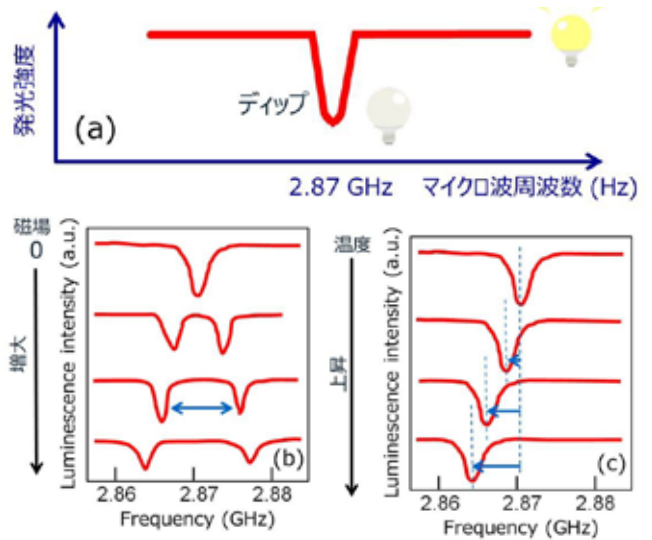


図 4 (a) 室温・無磁場での NV 中心の ODMR シグナルの模式図
 (b) 磁場による ODMR シグナルの変化の模式図
 (c) 温度による ODMR シグナル変化の模式図

$$H = \underbrace{g\mu_B \mathbf{S} \mathbf{B}}_{\text{ゼーマン分裂}} + \underbrace{\mathbf{S} \mathbf{D} \mathbf{S}}_{\text{ゼロ磁場分裂}} + \mathbf{S} \mathbf{A} \mathbf{I} - \dots$$

図 5 スピンハミルトニアン。g: g 値, μ_B : ボーア磁子, S: 電子スピン, B: 磁場, D: ゼロ磁場分裂テンソル, A: 超微細相互作用テンソル, I: 核スピン

NV 中心が多ければ高感度になることから、多量の NV 中心を用いることで脳磁を室温で計測するといった挑戦的な研究⁶や、母材であるダイヤモンドは炭素からなり生体親和性も高いことから、細胞内に NV 中心を含有するナノダイヤモンドを導入して細胞の局所温度を計測する研究などが行われている⁷。また、NV 中心による電界や圧力計測^{8,9}、ダイヤモンドの表面修飾を工夫することで pH 計測をするといった研究¹⁰も報告されている。

NV 中心の形成であるが、ダイヤモンド結晶成長中に NV 形成も行う方法もあるが、位置や濃度の制御ということでは放射線（電子や N イオン）が非常に有効な方法となる。高濃度 NV 中心による高感度センサ形成では、もともと N を含むダイヤモンド基板に電子線を照射することで V を導入し、その後、800 ~ 1000℃といった温度で熱処理することで NV 中心を形成する方法が用いられる。但し、沢山の V を生成するために高線量の電子線照射を行うと母材のダイヤモンドの結晶損傷が激しくなり熱処理をしても元に戻らないといった問題や、量子センサとして働く負に帯電した NV 中心ではなく、量子センサとならない中性の NV 中心が発生してしまうといった問題があるため、ダイヤモンド中の N 含有量も加味して最適な照射量や熱処理条件を決める必要がある¹¹。また、高線量照射による結晶損傷の蓄積を防ぐために高温で照射するという方法も試みられている¹²。一方、NV 中心の個数の制御といった場合、N イオン注入が有効となるが、NV 中心間のスピン相互作用を可能とする隣接する NV 中心形成には数～十数 nm 距離で近接する NV 中心を形成する必要がある。通常の N イオン注入でその様な近接する NV 中心を形成するのは確率的にほぼ不可能に近いが、筆者らは N を複数含有する分子イオン注入によりその課題解決に取り組んでいる。これまでに、N を 4 個含むアデニンイオン源にすることでトリプル NV 形成¹³に、N を 8 個含むフタロシアニンイオン注入により 5 個の近接する NV 形成に成功している¹⁴。

3. SiC 中のシリコン空孔 (V_{Si})

SiC 中の負に帯電した V_{Si} も室温動作のスピン欠陥として知られている。SiC はパワーエレクトロニクス用の半導体として開発が進み、既に SiC インバータなどが電鉄や電気自動車、家電などで実用され始めている。つまり、SiC は量子センサ

の母材として、大口径基板の入手が可能、デバイス作製プロセスが開発されているなど有利な点を有する。Vsi はスピン量子数 (S) $3/2$ 、発光波長が 900nm 付近、ODMR 周波数が室温で 70MHz、ODMR により蛍光強度が弱くなるのではなく強くなるなどといったダイヤモンド NV 中心とは異なる特徴を有するが、ゼーマン分裂により磁場測定が可能といった原理は NV 中心と同じである。異なる点は、基底状態のゼロ磁場分裂テンソルが温度依存性を持たないことから、温度計測には励起状態の ODMR 測定をする必要があるということが挙げられる (励起準位の共鳴周波数は室温で 440MHz 程度)¹⁵。また、ダイヤモンド NV に比べ発光強度が弱い、ODMR シグナルが微弱などといった課題はあるが、発光波長が近赤外領域であることは、例えば海底や地中などの長距離先を対象としたセンシングや生体内といった高い透過力を必要とするセンシングには可視光発光のダイヤモンド NV 中心より有利である。また、SiC パワーデバイス内部の直接診断といった従来センサでは達成できない応用展開が可能である。

ここでは、将来の SiC パワーデバイス内の局所診断技術にもつながる、SiC デバイス内の局所温度、電流の計測結果について紹介したい。SiC デバイス内部の局所診断ということ考えると、まず大切なのは Vsi という結晶欠陥の導入により SiC デバイスの特性が劣化しないことである。本研究では、局所的に狙った位置のみに Vsi を形成することでデバイス特性に与える影響を最低限にすることを目的とし、粒子線描画 (Particle Beam Writing: PBW) を用いて Vsi を形成している¹⁶。図 6 に QST 高崎イオン照射研究施設 TIARA に設置されている PBW ビームラインの写真と、図 7 に SiC のプレーナー型 pn ダイオード中に PBW により局所的に形成した Vsi からのフォトルミネッセンス (PL) マップを示す。



図 6 QST 高崎イオン照射研究施設 TIARA に設置されている PBW ビームライン

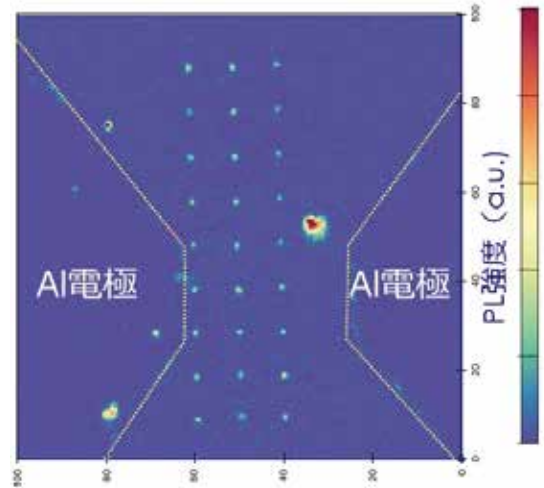


図 7 SiC のプレーナー型 pn ダイオード中に PBW により局所的に形成された Vsi からのフォトルミネッセンス (PL) マップ。励起光波長: 671nm。観察領域 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$

Al 電極の間に横 3 個 \times 縦 9 個の発光点が観察されるが、この部分が PBW により形成された Vsi からの発光である。図 8 は PBW による Vsi 形成前後の SiC ダイオードの電流-電圧特性であるが、PBW により特性の劣化は観察されておらず、ダイオードが健全に動作していることが分かる。イオン種及び加速エネルギーを選択することでデバイス表面からの Vsi 形成の深さ位置を制御できることから、PBW を用いることで 3 次元に位置制御した Vsi 形成が可能となる。

次に実際の SiC デバイス内の温度及び電流 (正確には電流誘起の磁場) センシングについて述べる。図 9(a) に PL マップを示すが、SiC 基板上に金属配線をした構造を用い、配線の両端に 0.6MeV-He イオンマイクロビームを用いた PBW により Vsi の列を形成している。デバイスに垂直方向に 0.9mT 程度の磁場を印加し、配線には 50mA の電流を流した状態で、配線の両端に形成した 4 列のそれぞれの位置での磁場及び温度計測を行った結果を図 9(b) 及び (c) に示す。温度の計測には、2 つの高周波発生装置を組み合わせ励起状態の ODMR を基底状態の ODMR シグナルの変化に変換することで高感度化を達成した同時 SR (Simultaneously Resonated) ODMR 法と呼ばれるスピン操作方法を用いている¹⁷。図 9(b) より、ODMR シグナルのピーク位置の差が 1 列目から 4 列目になるに

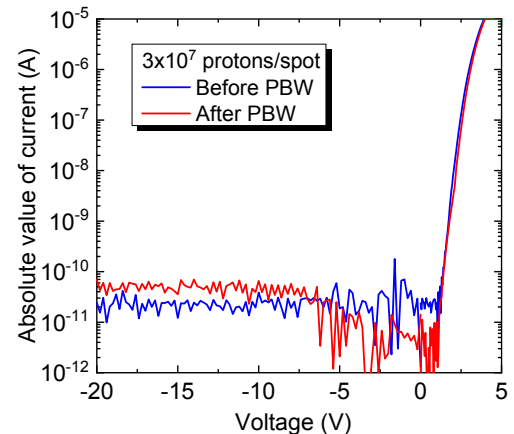


図 8 SiC のプレーナー型 pn ダイオードの PBW 前後の電流-電圧測定

従い徐々に狭くなっていることが見て取れる。これは、配線に流れる電流により発生した磁場がデバイスに印加した 0.9mT の外部磁場を打ち消すことでそれぞれの場所で磁場強度が異なっていることを意味する。一方、図 9(c) に示した温度計測の方も、1 列から 4 列となるに従いピーク位置の差が狭くなっている傾向がある。但し、SRODMR 法では磁場による ODMR シグナルのピーク位置変化が温度測定の ODMR にも影響することに注意するの必要があり、磁場による ODMR シフト分を差し引く必要がある。磁場及び温度の解析結果を図 10(a) 及び (b) に示す。図 10(a) より、配線から離れるに従い磁場強度が小さくなること、実験結果と計算結果が良く一致していることが見て取れる。一方、温度の方は、図 10(b) に示すように、どの列も誤差範囲の中で一緒であり、今回の電流量 (50mA) 程度ではデバイスに熱勾配はできていないことが分かる。これは SiC が優れた熱伝導を有することを意味する結果ともいえる。

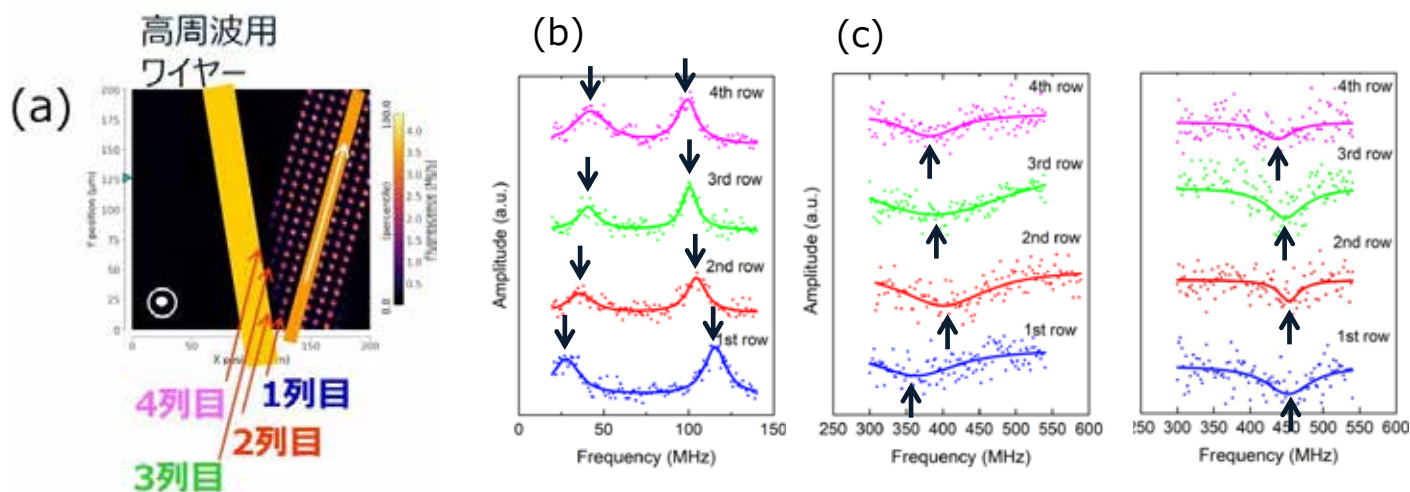


図9 (a) SiC 基板上の金属配線構造の PL マップ。(b) 及び (c) 各列にある NV 中心を用いた ODMR 測定による磁場及び温度のセンシング

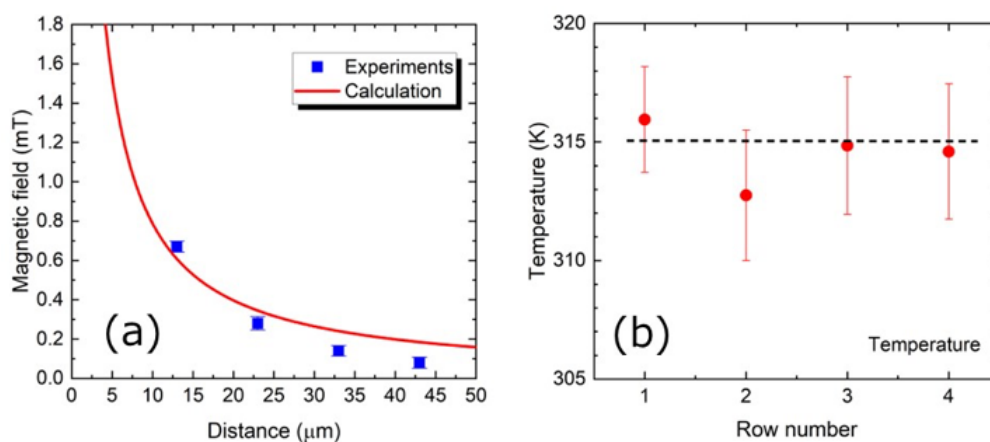


図 10 (a), (b) 図 9 で得られた ODMR シグナルから求めた磁場強度及び温度の解析結果。
図 10(a) の実線は計算により求めた磁場強度と電極からの位置の関係

4. まとめ

ダイヤモンド中の NV 中心や SiC 中の V_{Si} といったスピン欠陥が量子センサとして振舞うことを紹介した。これらのスピン欠陥は熱的にも安定であることから、室温動作は勿論であるが、マイナス 270℃ といった低温から数百度といった高温まで動作する広い温度域で使用可能なセンサでもある。従って、超高感度やナノサイズでも動作するといった特徴以外にも、高温といった極限環境で動作するセンサへの応用も期待できる。また、既存の磁気センサは温度変化の影響を受けるため、温度が安定した環境で測定するか、温度計測系を別途装備し温度校正を行う必要があるが、量子センサは自身で温度補償ができる、または V_{Si} の様に温度依存性がないといった特徴を有するため測定環境を選ばないシステムの設計が可能となる利点も有する。ワイドダイナミックレンジな磁場計測が可能といった特徴は屋外といった磁気ノイズが存在する場所でも飽和することなく磁気センシングが可能という応用の幅を広げる魅力がある。勿論、良いことばかりではなく、実際には高感度化には母材であるダイヤモンドや SiC、加えてスピン欠陥の特性向上が必要であり、高品質化へ向けた技術開発が必須である。スピン欠陥の形成では、放射線 (電子やイオンといった粒子) 照射は非常に有効な技術として期待されるが、残留する不要な欠陥除去技術 (照射条件や照射後熱処理条件の改良) については、まだまだ改良の余地はある。本稿を読んだ読者、特に

若い方が、この研究テーマに魅力を感じ、この分野に参入してくれることを大いに期待したい。

謝 辞

本研究は電力中央研究所・土田秀一氏、産業技術総合研究所・児島一聡氏、日立製作所・久本大氏との共同研究にて行われました。加えて、筆者が所属する量研・高崎研の量子機能創製研究センターのメンバー、特に山崎雄一氏及び田中友晃氏の協力により得られた成果です。研究を一緒に遂行しました各位に感謝します。研究の一部は、文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP) JPMXS0118067395、ATLA 安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の助成を受けたものです。

参 考

1. Y. Nakamura, *et al.*, Nature 398, (1999) 786.
2. J. Yoneda, *et al.*, Nat Nanotech. 13, (2018) 102.
3. M. Saffman: J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 49, (2016) 202001.
4. J. Benhelm, *et al.*, Nat. Phys. 4, (2008) 463.
5. 水落憲和, 応用物理 87, (2018) 251.
6. <https://www.qms.e.titech.ac.jp/main-project/#group-3>
7. G. Kucsko, *et al.*, Nature 500 (2013) 54-58.
8. T. Iwasaki, *et al.*, ACS Nano 11 (2017) 1238.
9. A. Hilberer, *et al.*, Phys. Rev. B 107 (2023) L220102.
10. T. Fujisaku, *et al.*, ACS Nano 13 (2019) 11726-11732.
11. S. Ishii, *et al.*, Quantum Beam Sci. 6 (2022) 2.
12. M. Capelli, *et al.*, Carbon 143 (2019) 714-719.
13. M. Haruyama, Nat. Commun. 10 (2018) 2664.
14. K. Kimura, Appl. Phys. Express 15 (2021) 066501.
15. A. N. Anisimov, *et al.*, Sci. Rep. 6 (2016) 33301.
16. Y. Yamazaki, *et al.*, J. Mater. Res. 33 (2018) 3355-3361.
17. Y. Yamazaki, *et al.*, Phys. Rev. Appl. 20 (2023) L031001.

Planned Activities

第 184 回ラドテック研究会講演会

期 日：2024 年 4 月 25 日 (木) 13:00 ~ 16:40

会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス 1 号館 17 階 記念講堂

<プログラム> (敬称略)

① 13:00 ~ 13:50 (質疑応答含む)

「サーキュラーエコノミー時代の再生可能接着剤」

国立研究開発法人 物質・材料研究機構
高分子・バイオ材料研究センター 内藤 昌信

リサイクルとタフ化の両立は接着剤に求められる未踏課題である。特に水中で強固に接着させる材料は、製造・インフラ補修から、身近な日常生活にまで応用が期待される。本発表では、生物由来の新規接着モチーフとして、カフェ酸に注目し、必要な時に何度でも再利用でき、かつ、不要になったら初期状態に回収することができるタフ化接着剤の開発について紹介する。

② 13:50 ~ 14:40 (質疑応答含む)

「半導体ナノ結晶を用いた難分解性化学物質の温和な光分解」

立命館大学 小林 洋一

常温常圧下で半導体ナノ結晶に LED の可視光線を照射するだけで、パーフルオロアルキル化合物(炭素原子の中で最も強い C-F 結合で覆われた難分解性化合物)をフッ化物イオンにまで分解できることを見出したので紹介する。

14:40 ~ 15:00 休憩

③ 15:00 ~ 15:50 (質疑応答含む)

「紫外放射照度計の JCSS 校正と "UV-LED 用照度計" による高精度な測定環境の提供」

株式会社オーク製作所 宮坂 勝也

UV の放射照度 [単位 W/m²] の測定は様々なアプリケーションで重要であり、当社では初めて紫外放射照度計の JCSS (ISO/IEC 17025) 校正サービスの提供を開始した。UV-LED の測定をランプ用 UV 照度計で行うと発生する誤差を軽減した専用 UV 照度計を紹介する。

④ 15:50 ~ 16:40 (質疑応答含む)

「Hot Lithography」技術のご紹介」

Cubicure GmbH コルマンツ・セバスチャン

ホットリソグラフィ技術に基づいた光造形装置により、高粘度フォトポリマー樹脂の積層加工が可能となった。高粘度の樹脂も加工できるため、高性能のフォトポリマー材も開発出来る。

「光造形 3D プリンティングによるカーボンマイクロ構造の作製と応用」

3D Architech .Inc (~ 2023 年度 東北大学材料科学
高等研究所 (AIMR) 助教) 工藤 朗

3D プリンティング手法の中でも、光造形方式は解像度・造形スピード・造形できるサイズのバランスに優れ、趣味から研究開発まで広く普及している。造形用の樹脂をカスタマイズして熱処理を加えることで、各種ハードマテリアルのマイクロ構造を開発でき、構造材料やエネルギー材料への応用が期待されている。今回は中でもカーボンを中心に、ホットリソグラフィ法とのシナジーに触れて発表する。

17:00 ~ 18:30 懇親会

第 185 回ラドテック研究会講演会

期 日：2024年6月14日（金）13：00～16：00

会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂

<プログラム> (敬称略)

① 13：00～13：40（質疑応答含む）

「光架橋反応により創成される有機無機ハイブリッド材料の機能性と応用」

京都工芸繊維大学 松川 公洋

有機無機ハイブリッド材料は、機能性コーティングへの活用が期待されている。本講演では、シルセスキオキサンや無機ナノ粒子を含んだハイブリッド材料において、光架橋による薄膜合成とそれらの応用展開について紹介する。

② 13：40～14：20（質疑応答含む）

「有機/無機エピタキシャル界面の創出と機能化」

大阪公立大学 高橋 雅英

ゾルーゲル法は溶液経由で無機材料や有機-無機ハイブリッド材料を作成できることから、ナノ構造を制御することとあわせて機能性向上の有力な手段となっている。本講演では、ゾルーゲル法を用いて、有機/無機界面制御による金属有機構造体のエピタキシャル成長や配向ナノ多孔構造を利用した機能付与について解説する。

14：20～14：40 休憩

③ 14：40～15：20（質疑応答含む）

「パルス紫外光を用いるセラミックス薄膜の光結晶成長と界面制御技術」

国立研究開発法人産業技術総合研究所 中島 智彦

フレキシブルデバイスやMIDなどの低耐熱性樹脂・金属基材へセラミックス機能を付与するためパルス紫外光利用は一つの優良解となる。講演では光結晶成長を用いたセラミックス薄膜の高速オンデマンド形成技術及び異種材料接合技術について紹介する。

④ 15：20～16：00（質疑応答含む）

「光硬化用の新材料の開発と応用」

TRONLY 株式会社 張 学龍

光硬化は硬化速度が速く、硬化温度が低く、成膜性能が良く、安全で環境に優しいという特徴があり、ますます幅広い分野に応用されている。光硬化技術の開発では、高感度、高解像度、長波長活用、低黄変、低臭気、低移動性、低毒性などのニーズが光硬化材料の継続的な発展を推進してきた。強力新材(株)【Tronly(株)】は、新しい開始剤、増感剤、モノマー、樹脂その他の光硬化材料の持続的な開発を通じて、フリーラジカル硬化、カチオン硬化、およびハイブリッド硬化技術の一連のソリューションを提案している。

16：00～17：00 定時社員総会

17：00～18：30 懇親会

第 55 回 UV/EB 技術入門講座 基礎編（オンライン開催）

期 日：2024年7月31日（水）9：30～17：20

開催形式：オンライン（ZOOM ウェビナー）による講演

<プログラム> (敬称略)

① 9：30～10：30（質疑応答含む）

「UV 硬化技術総論」

大阪公立大学 白井 正充

10:30～10:40 休憩 一質問・交流ルームー

② 10:40～11:40（質疑応答含む）

「光重合開始剤の種類と特性」

BASF ジャパン株式会社 鮫島 かおり

11:40～11:50 休憩 一質問・交流ルームー

11:50～12:40 昼食休憩

③ 12:40～13：40（質疑応答含む）

「UV/EB 硬化モノマー及びオリゴマー」

東亜合成株式会社 佐内 康之

13:40～13:50 休憩 一質問・交流ルームー

④ 13:50～14:50（質疑応答含む）

「EB プロセスのメリットとその応用展開」

早稲田大学 鷲尾 方一

14:50～15:00 休憩 一質問・交流ルームー

⑤ 15:00～16：00（質疑応答含む）

「UV・EB 照射装置の基礎と比較」

岩崎電気株式会社 木下 忍

16:00～16:10 休憩 一質問・交流ルームー

⑥ 16:10～17：10（質疑応答含む）

「反応を熱測定で捉えるフォトカロリメータの装置・測定原理と UV 硬化測定事例」

ティール・エイ・インスツルメント株式会社 川田 友紀

17:10～17:20 休憩 一質問・交流ルームー

※プログラムは変更になる場合がございます。

2024 年度勉強会 年間スケジュール

回数	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回
開催日	2024/6/21 (金)	2024/7/19 (金)	2024/9/6 (金)	2024/12/13 (金)	2025/1/10 (金)	2025/3/7 (金)
会場 (予定)	飯田橋 レインボービル	飯田橋 レインボービル	飯田橋 レインボービル	飯田橋 レインボービル	飯田橋 レインボービル	飯田橋 レインボービル
輪読発表担当班	—	A	B	C	D	
輪読質問担当班	—	C	D	A	B	
	「放射線化学の基礎」 量子科学技術研究開発機構 前川康成氏 「光科学の基礎」 東京理科大学 有光晃二先生	「原発・EBの基礎 - メカニズムを中心に -」 早稲田大学 鷺尾方一先生	「アゾベンゼン高分子の光機能」 名古屋大学 関隆広先生	「グラフト重合の応用」 早稲田大学 斎藤恭一先生	「UV/EB光源」 岩崎電気株 木下忍氏	「光架橋反応による有機無機ハイブリッド材料の開発」 京都工芸繊維大学 松川公洋先生 「相分離プロセスから見た精密UV硬化の新展開」 早稲田大学 須賀健雄先生

※飯田橋レインボービル <https://www.ienohikariss.co.jp/bld/>

第10期ラドテック研究会定時社員総会

期 日：2024年6月14日(金) 16:00~17:00
会 場：東京理科大学神楽坂キャンパス1号館17階 記念講堂
※詳細はメールにてご案内いたします。

今後の行事予定

第186回ラドテック研究会講演会
期 日：2024年8月30日(金) 13:00~16:40
会 場：早稲田大学内コマツ100周年記念ホール

◆◆◆ News from RadTech

第183回ラドテック研究会講演会 報告

2024年1月26日に講演会が開催され、オンサイトにて72名の方にご参加いただきました。本講演会では、光融解する分子材料、インクジェットの技術動向、脂環式エポキシ樹脂の開発動向、近赤外光を利用した開始剤検討とフォトポリマーへの応用という、材料とプロセスの双方の技術を講演いただき、大変有意義だったとの声を多数頂戴しました。講演の内容に対する参加者の関心の高さは、講演時間内に収まらない活発な質疑応答からも見て取れ、講演会終了後には質問者の列ができるほどでした。また、4年ぶりに開催された賀詞交歓会では、コロナ禍で見送られていた交流の場を提供でき、貴重な機会となりました。今後の講演内容については、皆様から頂戴したご意見、主に電子材料分野やUV-LED技術、その他新技術に関するご要望を反映し、更に有意義な場を提供できるように努めてまいります。今後とも、多くの方々のご参加を心よりお待ちしております。



講演会風景



賀詞交歓会風景

- (1) 「光融解する新しい分子材料とそのメカニズム」
- (2) 「インクジェットの技術動向と進化形態 ～インクジェットは何処に向かおうとしているのか～」
- (3) 「脂環式エポキシ樹脂の開発動向と応用例について」
- (4) 「近赤外光を光源とする開始剤の検討とフォトポリマーへの応用」

大阪大学大学院 谷 洋介先生

慶應義塾大学 SFC 研究所 藤井 雅彦先生

株式会社ダイセル 竹中 洋登氏

サンアプロ株式会社 白石 篤志氏

2023 年度勉強会 報告

2023 年度の勉強会は受講生 18 名の方にご参加いただき、年間を通して 8 名の講師の先生方による講義と受講生による輪読発表が行われ、活発な質疑応答やディスカッションが繰り返されました。今年度は、初回（6 月 24 日開催）から対面による開催となり、活発な質疑や討論を行うことができました。

ご参加いただきました受講生の方から受講終了後にご寄稿いただきましたので、ご報告いたします。

本年度の勉強会は 6 回すべて対面で開催することができて、喜ばしく思います。本勉強会では、UV・EB 硬化に関する知識の習得だけでなく、輪読や講義を通じて受講生や著名な先生方と討論する貴重な機会を得ることができました。輪読で自身の業務とは異なる分野の論文を読む経験は、普段の会社員生活では得難いもので、非常に勉強になりました。勉強会後の懇親会では、業界を超えた多くの参加者と交流し、著名な先生方とも近距離で話す機会を持つことができ、非常に有意義な体験でした。今後も本会で築いた繋がりを大切にしていきたいと考えます。

最後に、勉強会を開催してくださった関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

太陽ホールディングス株式会社 奥田 綾乃



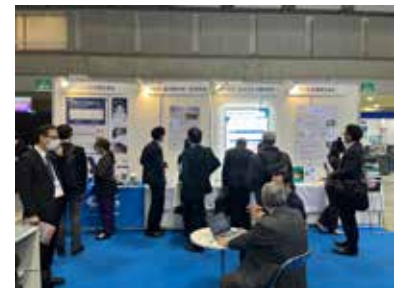
松川公洋先生による講義風景



参加者集合写真

ASTEC 出展 報告

2024 年 1 月 31 日～2 月 2 日に東京ビックサイトで開催された第 19 回先端表面技術展・会議（以下、ASTEC 2024）にラドテック研究会として出展いたしました。ラドテック研究会の展示ブースに参加いただいた会員様はウシオ電機株式会社様、株式会社オーク製作所様、阪本薬品工業株式会社様、シーシーエス株式会社様、ダイセル・オルネクス株式会社様、東京理科大学の有光研究室様、日油株式会社様です。3 日間の展示では会場も盛況で活発な意見を交わす場面も多かったようです。参加された会員様のご意見を参考に来年も同様の企画を進めてまいります。（2025 年は同じ時期に開催予定の新機能性材料展への出展を予定）



ラドテック研究会ブース風景

関連学会の紹介

2024 年度（第 62 回）日本接着学会年次大会の開催について

会 期：2024 年 6 月 27 日（木）～28 日（金）

会 場：富山国際会議場（〒930-0084 富山市大手町 1-2）<https://www.ticc.co.jp/>

主 催：一般社団法人 日本接着学会

共 催：一般社団法人 ラドテック研究会

参加資格：ラドテック研究会の会員（一般 / 法人）は日本接着学会の会員と同じ条件で参加できます。

申込方法：web フォームで申し込んでください。

↓ web フォームはこちら ↓



トピック①：日本接着学会とラドテック研究会とのコラボレーションセッションがあります。光硬化による接着は両研究会に共通する技術課題です。ぜひご参加ください。

トピック②：ラドテック研究会のブースがあります。過去の講演会の予稿集などをご自由にお持ちいただけるように準備いたします。

編集後記



日中の日差しが心地よい季節になりました。皆様、いかがお過ごしでしょうか。ラドテック研究会では、講演会が完全に対面開催に戻り、講師の先生方と参加者として直接意見交換ができる環境を提供しております。皆様の奮ってのご参加をお待ちしております。さて、4 月号のニューズレターはいかがでしたでしょうか。ニューズレターでは今後、新しい試みも企画しながら有用な情報を発信できるようにしていきたいと考えております。ご意見、ご要望などがありましたら事務局にご連絡ください。よろしくお願いいたします。

（山本 洋揮）