



Title	Nanometer-Scale Dynamics of Charges Generated by Radiations in Condensed Matter
Author(s)	佐伯, 昭紀
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48642
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	佐 伯 昭 紀
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 5 0 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 6 月 27 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Nanometer-Scale Dynamics of Charges Generated by Radiations in Condensed Matter (光・放射線によって生成した凝縮相中の電荷のナノメートルスケールダイナミクス)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 田 川 精 一 (副査) 教 授 平 尾 俊 一 教 授 桑 畑 進 教 授 大 島 巧 教 授 林 高 史 教 授 今 中 信 人 教 授 宇 山 浩 教 授 町 田 憲 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、光・放射線によって凝縮相中に生成した電荷のナノメートルスケールでのダイナミクスについての一連の研究をまとめたものである。対象とする高分子として、次世代超微細加工で使用される化学増幅型レジストおよび近年有機半導体デバイス材料として注目を集めている共役（高）分子を用いた。それぞれの材料中でのダイナミクスを測定するための装置開発を行い、実験・理論・シミュレーションを用いてその詳細を明らかにした。

第 1 章では、本研究の背景や意義、目的について述べた。

第 2 章では、電子線によって引き起こされるピコ秒およびナノメートルスケールの超高速化学反応を測定するためのパルスラジオリシス装置の開発を行った。電子線加速器とフェムト秒レーザーの同期システム、過渡吸収分光法におけるシグナル・ノイズ比の改善、および測定可能な波長領域の拡大のための新たな技術の開発を行った。また、この装置を用い、高分子モデル物質中でのジェミネートイオン再結合を測定し、シミュレーションで解析することによってラジカルカチオンと電子のピコ秒・ナノメートルスケールでの空間分布を得ることに成功した。また、装置の時間分解能以内に起こる超高速ホール移動について、理論的な考察と確率的手法による解析を行い、新たな知見を得た。溶媒と電子と芳香族化合物との反応性についても詳細な解析により、反応性に関する重要な物性値を得た。

第 3 章では、第 2 章で得られた知見を基に、次世代半導体加工に用いられる電子線・極端紫外線による化学増幅型レジスト中のプロトン・酸の挙動についてのシミュレーションを行った。これらの中間種のダイナミクスを追跡することにより、ナノメートルスケールでの潜像ラフネスの生成機構を詳細に明らかにすることに成功した。ラフネスや構造体のサイズに対する、照射線量、クエンチャー、酸の拡散長の影響を調べ、それらの相関やショットノイズの影響を明らかにした。

第 4 章では、マイクロ波による電極レス電気伝導度測定により、高分子中のナノメートルスケールでの電荷キャリアのダイナミクスに関する研究を行った。光過渡吸収分光との同時測定装置を開発し、装置の評価や解析手法を確立した。光パルスで π ・ σ 共役（高）分子中に過渡電荷を生成し、電子受容体の有無での電気特性の変化や励起波長依存性、表面構造の依存性について新たな知見を得た。また、伝導度の実部虚部についても新たな解析手法を確立した。

第 5 章では本論文を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、光・放射線によって凝縮相中に生成した電荷のナノメートルスケールでのダイナミクスについての一連の研究をまとめたものである。対象とする高分子として、次世代超微細加工で使用される化学増幅型レジストおよび近年有機半導体デバイス材料として注目を集めている共役（高）分子を用い、それぞれの材料中でのダイナミクスを測定するための装置開発を行い、実験・基礎科学的理論の構築・シミュレーションを用いてその詳細を明らかにしている。得られた主な結果を次に示す。

- (1) 高性能ピコ秒パルスラジオリシスを開発し、それを用いてピコ秒およびナノメートルスケールの電荷の挙動を実験と解析によって求めることに成功した。また、装置の時間分解能以内に起こる超高速ホール移動について、理論的な考察と確率的手法による解析を行い、その反応機構を提唱・検証し、新たな理論を構築した。溶媒和電子と芳香族化合物との反応性についても詳細な解析により、反応性に関する重要な物性値を得た。
- (2) ピコ秒パルスラジオリシスで得られた実験結果を基に、次世代半導体加工に用いられる電子線・極端紫外線による化学増幅型レジスト中のプロトン・酸の挙動についてのシミュレーションを行い、ナノメートルスケールでの潜像ラフネスの生成機構を詳細に明らかにすることに成功した。ラフネスや構造体のサイズに対する、照射線量、クエンチャー、酸の拡散長の影響を調べ、それらの相関やショットノイズの影響を明らかにした。
- (3) マイクロ波による電極レス電気伝導度・光過渡吸収分光との同時測定装置を開発し、装置の評価や解析手法を確立した。これを用いて高分子中のナノメートルスケールでの電荷キャリアのダイナミクスに関する研究を行い、 π ・ σ 共役（高）分子と電子受容体の有無での電気特性の変化や励起波長依存性、表面構造の依存性について新たな知見を得た。また、伝導度の実部虚部についても新たな解析手法を確立した。

以上のように、有機材料中に存在する電荷（電子、ホール、プロトン）は高い移動度あるいは反応性を持ってナノメートル領域で特徴的に拡散・移動し、触媒反応や電気伝導度特性を示すことを、実験と理論から明らかにした。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。