

SR・FEL が拓くナノとバイオの新領域

量子放射光プロセス技術調査専門委員会編

目 次

1. 総 論	3	2.6 コンプトン散乱を利用した γ 線源	7
1.1 はじめに	3	2.7 まとめ	8
1.2 報告書概要	3	3. 基礎過程	10
2. 自由電子レーザ研究の現状	4	3.1 表面	10
2.1 はじめに	4	3.2 気相	21
2.2 自由電子レーザの原理	4	3.3 生体分子	34
2.3 自由電子レーザ利用研究施設	5	4. プロセス応用	43
2.4 高出力自由電子レーザ	6	4.1 FEL 応用	43
2.5 X線自由電子レーザ	7	4.2 SR 応用	53

量子放射光プロセス技術調査専門委員会委員

委員長 粟津邦男(大阪大学)	委員 寺岡有殿(日本原子力研究所)
幹事 内海裕一(兵庫県立大学)	中塚正大(大阪大学)
鵜飼正敏(東京農工大学)	能丸圭司(川崎重工業)
幹事補佐 部谷学(大阪大学)	橋新裕一(近畿大学)
委員 曾沢勝夫(東京医科大学)	春名正光(大阪大学)
浅川誠(大阪大学)	峰原英介(日本原子力研究所)
大越昌幸(防衛大学校)	森勇介(大阪大学)
小川博司(佐賀大学)	安本正人(産業技術総合研究所)
加藤隆典(住友重機械工業)	横谷明徳(日本原子力研究所)
金島岳(大阪大学)	高田博史(住友電気工業)
神田一浩(兵庫県立大学)	オブザーバー 主な 参加者 上田潔(東北大)
小林憲正(横浜国立大学)	内藤康秀(大阪大学)
島田義則(レーザー技術 総合研究所)	西尾光弘(佐賀大学)
清水洋(産業技術総合研究所)	森伸也(大阪大学)
宗田孝之(早稲田大学)	

1. 総 論

1.1 はじめに

放射光施設は次第にその利用効率を高め、ユーザーの更なる要求に対応すべく大型・中型リングの建設又は利用が着々と進行中である。また、コヒーレント放射光である自由電子レーザの利用成果も得られつつある状況にある。これらを用いた量子放射光プロセス技術の研究は、基礎学術の研究手法を抜本的に改革するのみならず、新しい先端技術産業への応用が期待されている。

そこで、放射光や自由電子レーザを利用した量子放射光プロセスによって、どのような新規の産業技術への道が開けるか、あるいは既存のプロセス技術の問題点を克服できるかといった視点を持ち、平成14年6月に「量子放射光プロセス技術調査専門委員会」を発足させ、調査研究を実施した。本報告はその調査研究を専門委員会技術報告書としてまとめたものである。

調査研究にあたります、本分野における国内外の趨勢につき検討を加えた。結果、量子放射光と物質との相互作用に基づく、プロセス技術（物性制御、薄膜形成、微細加工）を応用して、ナノ、医用・バイオ応用が期待される状況となりつつあることが判明した。こうした背景をもとに、放射光や自由電子レーザを用いたプロセス技術の研究は、国内外において着実に活性化しており、今後もますます基礎と応用の両面において発展が期待できると判断し、調査対象をSR・FELが拓くナノとバイオの新領域に絞り込んだ。

上記を踏まえたうえで、調査検討事項については、委員会での議論を集約し下記のとおりとした。

- ・量子放射光発生装置の調査
- ・量子放射光励起プロセスの特長を調査・評価
- ・ナノ、医用・バイオ応用、その他の応用について調査・評価・整理。
- ・技術課題と今後の展望を明確化

1.2 報告書概要

本報告書では第2章で、自由電子レーザ研究の現状（浅川誠）について述べる。

第3章の量子放射光プロセスの基礎過程では、励起対象を表面（3.1節）、気相（3.2節）、生体分子（3.3節）に絞り、それぞれについてSR及びFELの基礎研究について述べる。

- 3.1.1：高輝度且つ高エネルギー分解能放射光を用いた表面化学反応ダイナミクスの解析 （寺岡有殿）
- 3.1.2：半導体キャリアダイナミクスの解析 （森伸也）
- 3.2.1：気相分子の高分解能内殻分光 （上田潔）
- 3.2.2：FELを用いた気相中の多光子解離による同位体分離 （能丸圭司）
- 3.3.1：放射線による生体影響の物理化学過程 （横谷明徳）

3.3.2：FELを用いたタンパク質の質量分析 （内藤康秀）

第4章の量子放射光を用いたプロセス応用では、FELプロセス（4.1節）、SRプロセス（4.2節）について述べる。

- 4.1.1：生体医用応用 （部谷学）
- 4.1.2：新しい液晶配向制御技術 （清水洋）
- 4.2.1：化合物半導体常温エピタキシャル成長 （西尾光弘、小川博司）
- 4.2.2：高選択性エッ칭 （金島岳）
- 4.2.3：放射光による3次元微細加工技術 （内海裕一）

本調査専門委員会は、この技術報告書が、光励起プロセスの新しい展望と得られた成果の実用化の可能性について、学界および産業界に有用な情報を提供し、有効に活用されることを期待している。「量子放射光プロセス技術調査専門委員会」の活動は、本報告書の作成とともに完了するが、調査を通じて浮かび上がったナノ・バイオ領域の予測を超える速度での多分野への広がりを鑑み、放射光や自由電子レーザを利用した量子放射ビーム励起プロセシングによって、今後さらに「どのような学際的展開が図られ、オリジナリティある産業化の道が開けるか」といった調査が必要であるとの視点から、「量子放射ビームを用いたナノ・バイオプロセシング技術調査専門委員会」を平成16年6月に発足させ、広く量子放射ビーム励起の特性とその技術応用について調査研究活動を開始することになっている。

謝 辞

なお、本報告書をまとめるに当たっては、委員以外からも、執筆にご協力いただいた、上田潔（東北大学）、内藤康秀（大阪大学）、西尾光弘（佐賀大学）、森伸也（大阪大学）の各氏であり、ご協力に感謝いたします。