

# 宝石学会（日本）ニュースレター

第 20 号 2020 年 8 月

## 宝石学会（日本）2020 年度総会報告

今年は、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、集会での総会ができなかったため、書面評決としました。総会資料を電子メールまたは郵送で、会員（個人会員 93 名、賛助会員代表 3 名）に送付した結果、次の回答がありました。

回答数 48 件	承認	45 件	一任	3 件
	不承認	0 件		

また、回答書には以下のようなご意見がありました。

1. 今年の講演会で発表を準備されていた講演については学会誌に掲載してほしい。
2. 来年は糸魚川で開催してほしい。
3. 学会誌に非会員の論文（依頼原稿）も掲載してほしい。
4. ウェビナーやウェブミーティングなどオンラインでの交流行事をしてほしい。

以上の結果、回答数は会員 96 名（賛助会員 3 社を含む）のうち 48 名で、不承認の方はおられませんでした。会則 20 条によれば 出席者数の過半数で議決が成立となっているため、総会議案は承認されたこととなります。したがって、事業計画案、予算案を基に、今年度の活動を実施したいと思います。

また、いただいたご意見に対しては、次のように考えています。

- ・ 6 月の講演会で発表を準備していた方に対しては、発表希望調査を行い、発表機会を検討します。
- ・ 非会員の学会誌への論文掲載については、投稿規定の変更が必要ですが、検討します。
- ・ オンラインでの交流事業は積極的に実施すべく、別掲のように提案します。

## 講演希望調査

今年 6 月、糸魚川での定例講演会は直前に取りやめとなりましたが、講演の準備をされていた方もおられることかと思えます。そのような方のためにも発表の機会を検討したいので、発表ご希望の方は、事務局にその旨お知らせください。

次のような方法が考えられます。

- ・ 7 月 22 日にメールで案内しましたが、日本鉱物科学会（9 月）でオンライン発表が可能になりました。（講演申込締切 7 月 31 日で既に過ぎてしまいましたが。）
- ・ 当学会でも年内にオンライン発表会を行う。（要旨集発行）

そのほかの方法もあるかもしれません。

## オンライン行事について

当学会で zoom のアカウントを取得しました。これを用いて下のような行事の実施を考えています。

- ・ シンポジウム（～100 名規模）
- ・ 勉強会： 講師を決めて小規模で（～10 名）
- ・ 懇親会・談話会・飲み会： 講師は決めず小規模で（～10 名）

学会のアカウントを使用する関係で、いずれにも幹事がホストとして加わります。

実施に際しては、ホスト幹事が会員に電子メールで参加募集を行います。

実施企画の参考にさせていただくため、別途アンケートを送付しましたので、回答をお願いします。

オンライン行事はネットで行うため、まだの方はメールアドレスの登録を重ねてお願いします。

宝石学会（日本）評議員会

宝石学会（日本）評議員会

## 国際宝石学会 (IGC2021) 延期のお知らせ

宝石学会 (日本) ニュースレター第 14 号でご案内していた国際宝石学会 (IGC2021) の開催が予定されていた 2021 年 5 月から 1 年間延期となりました。国際宝石学会 (International Gemmological Conference) 通称 IGC は、宝石学における国際学会として最も歴史と伝統があり (<http://www.igc-gemmology.org/>)、次回 2021 年の IGC 本会議は日本で開催されることが決定しておりました。

昨年来、IGC Japan のメンバーにより、鋭意準備が進められておりましたが、この度のコロナ禍の影響を鑑み、来年度の開催が危惧されておりました。日本国内でも再び新規感染者の数が増加傾向にあり、米国、ブラジル、インドなどの諸外国では未だに日々数万人の新規感染者が出ているのが現状です。今のところ有効な対策 (ワクチンや治療薬の開発) がなく、今後の収束についての予測も不確実です。

このような現況を考慮し、先日 web meeting で開催された理事会により、来年度の開催は困難と判断され、やむなく 2022 年の 5 月頃に延期されることが決定されました。具体的な日時については今後の動向を見て判断される予定です。新たなスケジュールが決まりましたら、宝石学会 (日本) の皆様にはニュースレターにてお知らせいたします。

北脇裕士

## 日本鉱物科学会年会のお知らせ

日本鉱物科学会 (JAMS) が主催する、日本鉱物科学会 2020 年年会が 9 月 16 日 (水)、17 日 (木) に開催されます。本来は、東北大学での開催が予定されておりましたが、コロナ感染防止のため、web を活用した zoom meeting による参加に変更されました。本年より、セッション R1「鉱物記載・分析評価」は宝石学会 (日本) との共通セッションとなっており、宝石学会 (日本) の会員の皆様も参加することが可能です。このセッションでは、鉱物のさまざまな特徴、新鉱物記載、宝石鑑別、およびそのための鉱物の分析手法・解析法の開発についての発表が行われます。詳細につきましては日本鉱物科学会のホームページをご覧ください (<http://jams.la.coocan.jp/>)。

北脇裕士

## 即売会の報告 : ミネラルザワールド in 横浜 2020 リベンジ!

鉱物・宝石の即売会が、7 月 10 日 (金)~12 日 (日) にかけて神奈川県横浜産貿ホールマリネリアで開催された (入場無料)。出展数は約 130 社あり、東京 (新

宿) のミネラルショーが中止となり、久し振りの即売会であった。最終日に行ってみたが、会場的人数制限があり、約 1 時間待たされた。入場前には検温チェックと連絡先を記入させるなどの対応がとられていた。出店者に聞いてみると、初日は大勢の方が来て、並ぶ場所が狭いため、ソーシャルディスタンスをとるために混乱したようであった。最終日のせいか表示価格の半値以下で売られているルースもあった。

林 政彦

## 論文紹介 : 気相合成ダイヤモンドの大型化関連技術

本記事では、ジュエリーとも関係する気相合成大型単結晶ダイヤモンドの合成に関する論文をいくつか紹介します。特に、基板の大型化、基板の剥離方法、多結晶形成の抑制の三つの技術を取り上げました。

ここで取り上げた論文の大半は産業技術総合研究所 (産総研) によるものです。それで、ひょっとしてと思って、元産総研の鹿田真一教授 (関西学院大学) が、2015 年、2018 年に本学会で開催したシンポジウムで講演されたときのメモをみていると、これらの技術がちゃんと記録されていました。私は 2 度も聞いていながら記憶の底に沈んでいたのです。情報が耳に入っても、その時の興味とマッチングしないとなかなか記憶に残らないものですね。

はじめに、気相合成法の概略です。

気相合成ダイヤモンド合成技術は、40 年前に広く知られるようになりましたが、しばらくの間は、気相合成ダイヤモンドというものは、成長速度が低いため薄膜としての利用しか考えられず、切削工具のコーティングやトランジスタなど電子材料への応用をめざして技術開発がおこなわれてきました。ところが、20 年ぐらい経って、高速成長 (50~150 $\mu\text{m}/\text{h}$ ) の方法が見いだされて、塊状のダイヤモンドの合成も現実のものになりました (Yan et al 2002)。

気相合成ダイヤモンドの合成の概略は図 1 のようになりますが、基本は次のようなものです。

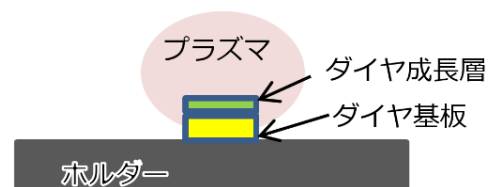


図 1 ダイヤモンド気相成長模式図

反応室となる真空容器に、ダイヤモンドが析出する基板を置き、炭素を含むガス (メタンなど) を水素ガスで希釈して反応室に導入します。その反応室にマイクロ波などでプラズマを発生すると、そのなかでガスが分解して、炭素原子が基板の表面に付着しダイヤモ

ンドとして成長します。その際、生成するダイヤモンドの形状やサイズなどは、合成条件で大きく変わりますが、その条件には、基板の種類・サイズ・形状・温度、ガスの組成・濃度、プラズマパワーなどいろいろあり、合成の目的に沿ってこれら条件を制御する必要があります。

以下、三つの技術を個別に記します。

### 基板の大型化

単結晶ダイヤモンドの合成のためには、現状では基板としてはダイヤモンドを使用せざるを得ません。他の物質を利用する試みもありますが成果はいま一つです。

また、気相合成では、ダイヤモンドは基板から一方向に成長するので、成長結晶の幅は基板のサイズが限界です。したがって、基板用にはできるだけ大きな単結晶が良いのですが、現在、10mm程度の高圧合成ダイヤモンドが現実的なサイズの限界になります。その限界を超えるために二つの工夫が行われています。

一つは、図2の模式図のように、基板①から背の高い結晶②を作り、それを横にして横面を基板として成長③させ、また横にして③の横面に成長④させる、というものです。(Mokuno et al 2005, 2006)

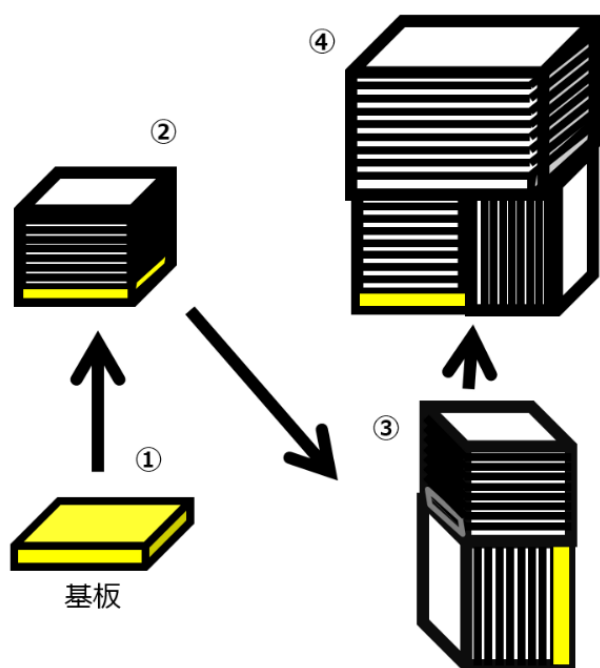


図2 ダイヤ基板の拡大

もう一つの方法は、基板を方位をそろえてタイルのように並べる、というものです。図3のようなものです。この方法で、40mm x 60mmの結晶が合成されています。(Yamada et al 2012, 2013, 2015) (Matsushita et al 2020)

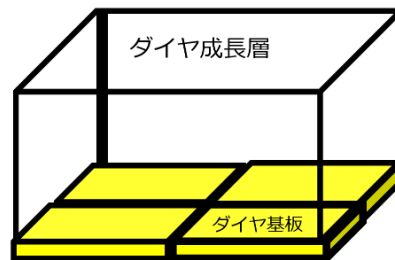


図3 モザイク状ダイヤ基板

### 基板の剥離・分割

基板は薄い板とはいえ、1回の合成ごと一枚を消費するのはもったいないので、何度も使えるに越したことはありません。それで、合成後、基板を合成結晶から分割すると基板を再利用することができます。そのために、次のような方法が開発されています。

図4に示すように、基板にイオン注入をすることにより、基板表面直下(1.6μm)に欠陥層を作ります。この欠陥層をもつ結晶を基板としてダイヤモンド合成し、その後、この欠陥層で基板を分割します。欠陥層は黒鉛化しやすいので、黒鉛化処理後、酸処理することで分解し、分割されるわけです。(Mokuno et al 2008, 2009, 2010)

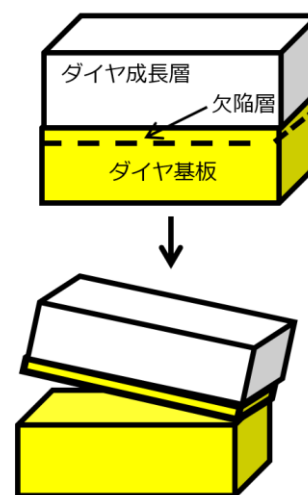


図4 基板の分割

### 基板用ホルダーの形状

通常、基板となるダイヤモンド単結晶は、モリブデンなど金属板(ホルダー)の上に置いて、その上にダイヤモンドを成長させます。ダイヤモンドはプラズマの中で成長するわけですが、成長環境は均一ではありません。とくに図5上図に示すように、四角の基板のエッジ部分にプラズマが集中し、ダイヤモンドは異常成長して、微粒結晶が付着した多結晶になってしまいます。このようになれば良質結晶の成長の妨げになるので多結晶形成を抑止することが必要です。この対策として、ホルダー形状の改造が試みられています。

それは、図5下図のようなものです。ホルダーに凹部をつくり、その中にダイヤモンド基板を設置します。

そうすると、基板のエッジがホルダーから顔を出さないため、プラズマの集中がおきず、多結晶体の形成が抑えられるというわけです。

(Chayahara et al 2004) (Nad et al 2015) (Wu et al 2016) (Charris et al 2017) (Yamada et al 2020)

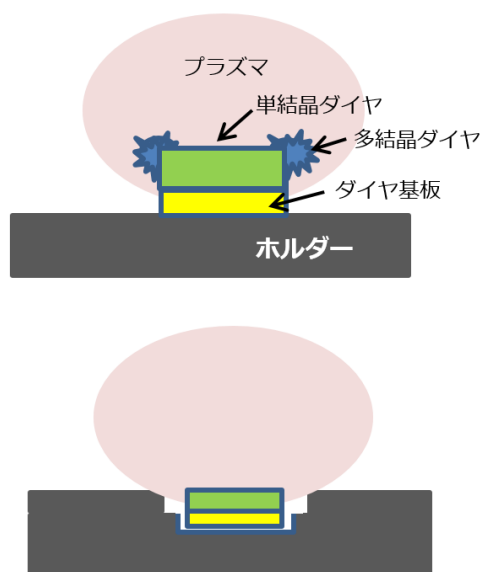


図5 ホルダー形状の変更。  
下図ではホルダー中央に窪み。

#### <引用論文>

- A. Charris, S. Nad, J. Asmussen  
“Exploring constant substrate temperature and constant high pressure SCD growth using variable pocket holder depths”  
Diamond & Related Materials 76 (2017) 58–67
- A. Chayahara, Y. Mokuno, Y. Horino, Y. Takasu, H. Kato, H. Yoshikawa, N. Fujimori  
“The effect of nitrogen addition during high-rate homoepitaxial growth of diamond by microwave plasma CVD”  
Diamond & Related Materials 13 (2004) 1954
- A. Matsushita, N. Fujimori, Y. Tsuchida, N. Ohtani, D. Dojima, K. Koide, T. Kaneko, S. Shikata  
“Evaluation of diamond mosaic wafer crystallinity by electron backscatter diffraction”  
Diamond & Related Materials 101 (2020) 107558
- Y. Mokuno, A. Chayahara, Y. Soda, Y. Horino, N. Fujimori  
“Synthesizing single-crystal diamond by repetition of high rate homoepitaxial growth by microwave plasma CVD”  
Diamond & Related Materials 14 (2005) 1743
- G. Wu, M.-H. Chen, J. Liao  
“The influence of recess depth and crystallographic orientation of seed sides on homoepitaxial growth of CVD single crystal diamonds”  
Diamond & Related Materials 65 (2016) 144–151
- Y. Mokuno, A. Chayahara, Y. Soda, H. Yamada, Y. Horino, N. Fujimori  
“High rate homoepitaxial growth of diamond by microwave plasma CVD with nitrogen addition”  
Diamond & Related Materials 15 (2006) 455–459
- Y. Mokuno, A. Chayahara, H. Yamada

- “Synthesis of large single crystal diamond plates by high rate homoepitaxial growth using microwave plasma CVD and lift-off process”  
Diamond & Related Materials 17 (2008) 415–418
- Y. Mokuno, A. Chayahara, H. Yamada, N. Tsubouchi  
“Improving purity and size of single-crystal diamond plates produced by high-rate CVD growth and lift-off process using ion implantation”  
Diamond & Related Materials 18 (2009) 1258
- Y. Mokuno, A. Chayahara, H. Yamada, N. Tsubouchi  
“Improvements of crystallinity of single crystal diamond plates produced by lift-off process using ion implantation”  
Diamond & Related Materials 19 (2010) 128–130
- S. Nad, Y. Gu, J. Asmussen  
“Growth strategies for large and high quality single crystal diamond substrates”  
Diamond & Related Materials 60 (2015) 26–34
- H. Yamada, A. Chayahara, H. Umezawa, N. Tsubouchi, Y. Mokuno, S. Shikata  
“Fabrication and fundamental characterizations of tiled clones of single-crystal diamond with 1-inch size”  
Diamond & Related Materials 24 (2012) 29–33
- H. Yamada, A. Chayahara, Y. Mokuno, N. Tsubouchi, S. Shikata  
“Uniform growth and repeatable fabrication of inch-sized wafers of a single-crystal diamond”  
Diamond & Related Materials 33 (2013) 27–31
- H. Yamada, A. Chayahara, Y. Mokuno, Y. Kato, S. Shikata  
“Effects of crystallographic orientation on the homoepitaxial overgrowth on tiled single crystal diamond clones”  
Diamond & Related Materials 57 (2015) 17–21
- H. Yamada, A. Chayahara, Y. Mokuno  
“Method to increase the thickness and quality of diamond layers using plasma chemical vapor deposition under (H, C, N, O) system”  
Diamond & Related Materials 101 (2020) 107652
- C.S. Yan, Y.K. Vohra, H.K Mao, R.J. Hemley  
“Very high growth rate chemical vapor deposition of single-crystal diamond”  
Natl. Acad. Sci. U.S.A. 99 12523 (2002)

神田久生

本ニュースレターの著作権は本学会が所有しますが、署名入り記事の執筆責任はそれぞれの著者にあります。

宝石学会（日本）ニュースレター（第20号）  
2020年8月 発行  
編集：神田久生、渥美郁男、江森健太郎、北脇裕士、高橋泰、林政彦、古屋正貴、矢崎純子、山本亮  
発行：宝石学会（日本）  
〒110-0005  
東京都台東区上野 3-20-8 小島ビル 6階